فهرست‌مطالب

۱ **اندازه گیری‌فشار** ۱

۱.۱ **فشارو واحدهای اندازه گیری آن** ۱

۱.۱.۱ واحدهای‌رایج

۱.۱.۱ فشارگازها ۱

۱.۱.۲ فشارمایعات ۲

۱.۲ **انواع‌فشار** ۳

۱.۲.۱ فشارمطلق ۳

۱.۲.۲ فشارهوای اتمسفر ۳

۱.۲.۳ اختلاف‌فشار، فشار تفاضلی اختلاف فشار اتمسفری، ۳

۱.۲.۴ فشاربیش از حد ۴

۱.۳ **روش های‌رایج اندازه گیری فشار** ۵

۱.۳.۱ ابزارهای‌اندازه گیری فشار مستقیم ابزارهای اندازه گیری فشار ۵

۱.۳.۱.۱ باستون مایع ۵

- مانومترلوله *U* شکل ۶
- مانومترلوله مورب ۶
- مانومترمایع چندگانه ۷
- مانومترشناور ۷

۱.۳.۱.۲ ابزارهای‌اندازه گیری فشار پیستونی با قابلیت ۷

۱.۳.۱.۳ جداسازی‌مایع، موازنه فشار ۹

- ابزارهای‌اندازه گیری فشار از نوع پیستونی باپیستون فنری ۹
- ابزارهای‌اندازه گیری فشار وزنی ثابت ۹

۱.۳.۲ ابزارهای‌اندازه گیری فشار غیرمستقیم ۱۱

۱.۳.۲.۱ ابزارهای‌اندازه گیری فشار با المان های انعطاف پذیر حسگرهای فشار الکتریکی ۱۱

۱.۳.۲.۲ وابزارهای اندازه گیری فشار ۱۳

- انواع‌حسگر با کرنش سنج ۱۳
- اصول‌انتقال کرنش سنج ۲۱
- تبدیل‌دیافراگم ۲۱
- اصول‌حسگر با اندازه گیری جابجایی ۲۳
- سایراصول حسگر ۲۵
- اصول‌حسگر برای سیستم های بازرسی و کالیبراسیون ۲۶

۱.۴ **ابزارهای‌اندازه گیری فشار با المان های اندازه گیری‌انعطاف پذیر** ۳۰

۱.۴.۱ المان های‌اندازه گیری انعطاف پذیر ۳۱

۱.۴.۱.۱ لوله های‌بوردون ۳۱

۱.۴.۱.۲ المان های‌اندازه گیری دیافراگمی ۴۱

- دیافراگم ها ۴۲
- کپسول ها ۴۶

۱.۴.۱.۳ بلوز ۴۸
۱.۴.۲ حرکات ۴۸
۱.۴.۳ شماره‌گیری ها و اشاره گرها ۵۲
۱.۴.۴ پرونده ۵۴
۱.۴.۴.۱ موقعیت های‌اتصال ۵۴
۱.۴.۴.۲ انواع‌طراحی ۵۵
• طراحی‌ماژولار ابزارهای اندازه گیری فشار تجاری ۵۵
• طراحی‌ماژولار برای ابزارهای اندازه گیری صنعتی ۵۶
• جعبه های‌آهنگری شده برای پر کردن مایعات ۵۷
۱.۴.۴.۳ میرایی‌ارتعاش با پر کردن مایع ۵۸
• فرکانس هاو دامنه های رزونانس ۵۸
• مقاومت‌در برابر رزونانس ۵۹
• بررسی‌انواع ابزار دقیق ۶۰
۱.۴.۴.۴ ایمنی‌ابزارهای اندازه گیری فشار لوازم جانبی ۶۳
۱.۴.۵ الکتریکی‌و پنوماتیکی ۶۶
۱.۴.۵.۱ مخاطبین‌هشدار ۶۶
• مخاطبین‌مستقیم ۶۶
• تماس های‌غیرمستقیم ۶۸
۱.۴.۵.۲ فرستنده ها ۶۹
• فرستنده‌پتانسیومتری ۶۹
• فرستنده های‌خازنی ۶۹
۱.۴.۶ ابزارهای‌اندازه گیری فشار با المان انعطاف پذیر ویژه ۷۲
۱.۴.۶.۱ ابزارهای‌اندازه گیری فشار برای فشار مطلق و تفاضلی ۷۲
• دستگاه‌اندازه گیری فشار تفاضلی با دیافراگم ۷۳
• دستگاه‌اندازه گیری فشار مطلق با دیافراگم ۷۳
• دستگاه‌اندازه گیری فشار مطلق با کپسول ۷۴
۱.۴.۶.۲ ابزارهای‌اندازه گیری فشار با قابلیت تحمل اضافه بار بالا ابزارهای اندازه گیری ۷۵
۱.۴.۶.۳ فشارو مبدل های فشار برای گازهای فوق خالص ۷۶
۱.۴.۶.۴ مانیتورهای‌چگالی گاز برای سیستم های SF6 ۷۷
۱.۴.۷ طرح های‌ویژه و لوازم جانبی اختیاری ۷۹
۱.۴.۷.۱ ابزارهای‌اندازه گیری فشار برای اکسیژن و استیلن، کالیبراسیون با سایر ۷۹
۱.۴.۷.۲ سیالات‌تحت فشار ۷۹
۱.۴.۷.۳ لوله‌بوردون با نوک هواگیری، لوله ۷۹
۱.۴.۷.۴ بوردون‌با پرکننده ۸۰
۱.۴.۷.۵ گسترش‌محدوده مقیاس پایین تر (مقیاس ریتارد) ۸۰
۱.۴.۷.۶ مقیاس های‌دوگانه ۸۰
۱.۴.۷.۷ مقیاس های‌اندازه گیری مستقیم نیرو، مقیاس ۸۰
۱.۴.۷.۸ دما ۸۱
۱.۴.۷.۹ ترازوهایی‌با جبران اختلاف سطح ۸۲
۱.۴.۷.۱۰ ۸۳
۱.۴.۷.۱۱ نشانگرهارا علامت گذاری کنید ۸۳
۱.۴.۷.۱۲ کشیدن‌اشاره گرها ۸۳
۱.۴.۷.۱۳ صفرسرکوب شده ۸۳
۱.۴.۷.۱۴ شفت‌اشاره گر توسعه یافته ۸۴
۱.۴.۷.۱۵ شیشه‌ایمنی ۸۴
۱.۴.۷.۱۶ محافظت‌ویژه در حین حمل و نقل ۸۴
۱.۴.۸ داده های‌اندازه گیری و استانداردهای مربوط به کاربردها ۸۴
۱.۴.۸.۱ محدوده‌مقیاس کامل و حداکثر محدوده عملیاتی ۸۴

۱.۴.۸.۲	دقت‌نشانگر سیالات فرآیند	۸۵
۱.۴.۸.۳		۸۶
۱.۴.۸.۴	شرایط‌محیطی	۸۷

۱.۵ ترانسمیترهای‌فشار، مبدل های اندازه گیری فشار وترانسمیترهای فشار با مدارهای آنالوگ و دیجیتال

۹۰

۱.۵.۱	تعریف‌مبدل فشار	۹۰
۱.۵.۱.۱	مبدل های‌فشار و مشخصات آنها مبدل های اندازه	۹۲
۱.۵.۱.۲	گیری‌فشار	۹۲
۱.۵.۱.۳	مشخصات‌فنی و تعریف آنها	۹۳
	• محدوده‌اندازه گیری/ پهنای اندازه گیری	۹۳
	• محدوده‌فشار اضافه بار	۹۳
	• فشارپشت سر هم	۹۳
	• منبع‌تغذیه	۹۳
	• سیگنال‌خروجی (آنالوگ، دیجیتال)	۹۴
	• زمان‌پاسخ	۹۴
	• خطای‌دقت و انطباق	۹۵
	• هیسترزیس	۹۵
	• محدوده‌دما	۹۶
	• محدوده‌دمای جبران شده	۹۶
	• انواع‌اتصال الکتریکی	۹۶
۱.۵.۱.۴	فرستنده های‌فشار	۹۶
۱.۵.۱.۵	فرستنده‌فشار دیفرانسیلی	۹۷

۱.۶ آب بندهای‌دیافراگمی ۱۰۰

۱.۶.۱	مشخصه‌آب بند دیافراگمی، حجم جابجایی و حجم	۱۰۱
۱.۶.۲	کنترل،کاربردهای عملی	۱۰۲
۱.۶.۳		۱۰۲
۱.۶.۴	زمان‌پاسخ	۱۰۲
۱.۶.۵	انتخاب‌سیستم های دیافراگم سیل WIKA به کمک	۱۰۳
۱.۶.۶	کامپیوتر	۱۰۴
۱.۶.۶.۱	آب بندهای‌دیافراگمی	۱۰۴
۱.۶.۶.۲	مهرو موم درون خطی™آب بندهای	۱۰۵
۱.۶.۶.۳	دیافراگمی،آب بندهای دیافراگمی کپسولی	۱۰۶
۱.۶.۷	خلاصه	۱۰۶

۱.۷ انتخاب،نصب و بهره برداری اولیه ۱۰۷

۱.۷.۱	چکلیست انتخاب دستگاه اندازه گیری فشار	۱۰۷
۱.۷.۲	دستورالعمل‌نصب و راه اندازی ابزارهای اندازه گیری فشار	
۱.۷.۲.۱	111	
	لوازم‌جانبی برای نقطه اندازه گیری و اتصالات برای ابزارهای اندازه گیری فشار	۱۰۹
۱.۷.۲.۲		۱۱۰
۱.۷.۲.۳	دستگاه های‌خاموش کننده	۱۱۰
۱.۷.۲.۴	نصب‌ابزار اندازه گیری در موقعیت مورد نظر میرایی	۱۱۰
۱.۷.۲.۵	سیستم‌اندازه گیری	۱۱۰
	ملاحظات‌دما	

۱.۷.۲.۶ آب بندهای‌شیمیایی / بافرهای محافظ ۱۱۰
۱.۷.۲.۷ دستگاه های‌محافظ ۱۱۰
۱.۷.۲.۸ ترتیبات‌اندازه گیری ۱۱۱
۱.۷.۲.۹ عملیات‌نصب و راه اندازی ۱۱۲
۱.۷.۲.۱۰ ۱۱۲
۱.۷.۲.۱۱ ذخیره سازی ۱۱۳
۱.۷.۲.۱۲ صدورگواهینامه و آزمایش ۱۱۳
۱.۷.۳ سیالات‌فرآیندی خطرناک ۱۱۳
۱.۷.۳.۱ صدورگواهینامه آزمایش مواد ۱۱۳
۱.۷.۳.۲ کالیبراسیون ۱۱۴

۲ دماسنجی

۲.۱ مقدمه ای‌بر دماسنجی ۱۱۹
۲.۱.۱ توسعه‌تاریخی دماسنج توسعه تاریخی مقیاس های دما ۱۲۰
۲.۱.۲ ۱۲۱
۱۲۱

۲.۲ اصول‌و تعاریف اندازه گیری دما
۱۲۳
۲.۲.۱ مقیاس‌دمای ترمودینامیکی دما و واحدهای آن ۱۲۳
۲.۲.۲ ۱۲۴
۲.۲.۳ مقیاس‌بین المللی دما (ITS-90) ۱۲۵
۲.۲.۴ اصول‌اندازه گیری و حسگرها برای اندازه گیری دما ۱۲۹
۲.۲.۴.۱ اصول‌اندازه گیری بر اساس انبساط حرارتی مواد حسگرهای دمای الکتریکی ۱۲۹
۲.۲.۴.۲ ۱۳۱
- دماسنج های‌مقاومت فلزی ۱۳۱
- ترموکوپل‌ها ۱۳۲
- حسگرهای‌نیمه هادی ۱۳۵
- دماسنج های‌تابشی (پیرومترها) ۱۳۹

۲.۲.۴.۳ تکنیک های‌اندازه گیری دما اضافی ۱۴۰
- روش های‌اندازه گیری نوری ۱۴۰
- سنسورهای‌دمای نوسانگر کریستالی ۱۴۲
- روش های‌اندازه گیری آکوستیک ۱۴۳
- شاخص های‌دما ۱۴۴
- دماسنج های‌نویز حرارتی ۱۴۴
- سنسورهای‌دمای خازنی ۱۴۵
- سنسورهای‌دمای القایی ۱۴۶

۲.۳ دماسنج های‌تماس مستقیم صنعتی ۱۴۸
۲.۳.۱ اندازه گیری‌دما با دماسنج های تماس مستقیم اندازه گیری دما در مایعات ۱۴۸
۲.۳.۲ وگازها ۱۴۹
۲.۳.۲.۱ شرایط‌نصب دماسنج ها ۱۴۹
- نصب‌دماسنج در لوله ها ۱۴۹
- نصب‌دماسنج در مخازن یا سیلندرها ۱۵۰
- نصب‌دماسنج در لوله های بخار ۱۵۰
- نصب‌دماسنج در لوله های دودکش ۱۵۱

۲.۳.۲.۲	بارمکانیکی	۱۵۱
	• بارگذاری‌استاتیکی توسط فشار هیدرواستاتیک	۱۵۱
	• بارگذاری‌دینامیکی یک ترموول در معرض جریان	۱۵۲
	• بارارتعاشی	۱۵۳
۲.۳.۲.۳	مقاومت‌شیمیایی	۱۵۵
	• مقاومت‌در جو اکسید کننده	۱۵۵
	• مقاومت‌در موارد کمبود اکسیژن و در اتمسفر کاهنده	۱۵۵
	• مقاومت‌در محیط های آبی	۱۵۵
۲.۳.۲.۴	موادرایج مورد استفاده برای ترموول دماسنج های	۱۵۶
۲.۳.۲.۵	استاندارد	۱۵۷
	• ترموول های‌استاندارد	۱۵۸
	• سرهای‌اتصال استاندارد	۱۶۱
۲.۳.۳	اندازه گیری‌دما در اجسام جامد و روی سطوح	۱۶۲
۲.۳.۳.۱	نصب‌دماسنج در اجسام جامد اندازه گیری دما	۱۶۲
۲.۳.۳.۲	روی‌سطوح	۱۶۳
۲.۴	**متغیرهای‌اندازه گیری دما**	۱۶۴
۲.۴.۱	انتقال‌حرارت از فرآیند به دماسنج	۱۶۴
۲.۴.۱.۱	رسانایی‌حرارتی مواد	۱۶۴
۲.۴.۱.۲	مقاومت‌انتقال حرارت در فصل مشترک ها و مرزهای فازی انتقال حرارت	۱۶۵
۲.۴.۱.۳	ازطریق تابش	۱۷۱
۲.۴.۲	عمق‌غوطه وری دماسنج خودگرمایی دماسنج	۱۷۴
۲.۴.۳	های‌الکتریکی	۱۷۵
۲.۵	**پاسخ‌زمانی دماسنج های تماسی**	۱۷۷
۲.۵.۱	پاسخ‌زمانی در مدل آب	۱۷۷
۲.۵.۲	مدل هایRC برای توصیف رفتار دینامیکی دماسنج ها	۱۷۷
۲.۵.۲.۱	دماسنج‌با پاسخ گذرای نمایی و مدل RC مدار پایه مدل RC در اندازه گیری دما	۱۷۷
۲.۵.۲.۲	مقادیرمشخصه برای پاسخ زمانی	۱۷۹
۲.۵.۳		۱۸۱
۲.۶	**دماسنج های‌انبساطی صنعتی**	۱۸۴
۲.۶.۱	دماسنج های‌شیشه ای	۱۸۴
	• ساخت‌و انواع	۱۸۴
	• پارامترها،خطاها و عدم قطعیت های اندازه گیری	۱۸۷
۲.۶.۲	دماسنج های‌عقربه ای	۱۹۰
۲.۶.۲.۱	دماسنج‌انبساطی از نوع ساقه ای دماسنج	۱۹۰
۲.۶.۲.۲	های‌دوفلزی	۱۹۲
	• ساخت‌و ساز و انواع اساسی	۱۹۲
	• طراحی‌دوفلزی ها	۱۹۳
	• پارامترها،خطاها و محدودیت های خطا	۱۹۵
	• کاربردهاو طرح های فنی	۱۹۷
۲.۶.۲.۳	دماسنج های‌فنری	۱۹۸
	• دماسنج های‌فنر مایع	۱۹۹
	• دماسنج‌فنری فشار بخار	۲۰۲
	• دماسنج های‌فنری فشار گاز	۲۰۳

۲.۷ دماسنج های‌الکتریکی برای کاربردهای‌صنعتی ۲۰۸
۲.۷.۱ دماسنج های‌مقاومتی پلاتینی ۲۰۸
۲.۷.۱.۱ ساخت‌دماسنج مقاومتی پلاتینی با مقاومت های اندازه گیری ۲۰۸
۲.۷.۱.۲ پلاتین ۲۰۹
• مقاومت های‌اندازه گیری سرامیکی ۲۱۰
• مقاومت های‌اندازه گیری شیشه ای ۲۱۰
• مقاومت های‌اندازه گیری لایه ای ۲۱۱
۲.۷.۱.۳ مدار ۲۱۲
۲.۷.۱.۴ انواع‌ساخت و ساز ۲۱۳
• دماسنج های‌مقاومتی صنعتی با المان های اندازه گیری ۲۱۳
• دماسنج های‌مقاومتی با درجه بندی کاربردی ۲۱۴
۲.۷.۱.۵ اندازه گیری‌عدم قطعیت دماسنج های مقاومتی پلاتینی ۲۱۷
• خطای‌خود گرمایشی ۲۱۷
• ناپایداری‌و پیری ۲۱۷
• تأثیرمقاومت عایقی ۲۱۷
۲.۷.۱.۶ استانداردسازی‌دماسنج های مقاومتی پلاتین صنعتی ترموکوپل ها ۲۱۸
۲.۷.۲ ۲۱۸
۲.۷.۲.۱ ساخت‌مدار ترموکوپل ۲۱۹
۲.۷.۲.۲ ۲۱۹
۲.۷.۲.۳ جفت‌شدن ترموکوپل ۲۱۹
۲.۷.۲.۴ کابل های‌رابط و کابل های جبران کننده جبران نقطه ۲۲۱
۲.۷.۲.۵ مرجع ۲۲۱
۲.۷.۲.۶ انواع‌طراحی ترموکوپل ۲۲۱
• ترموکوپل های‌فنی با مغزی های اندازه گیری ۲۲۱
• ترموکوپل های‌مخصوص کاربرد ۲۲۲
۲.۷.۲.۷ اندازه گیری‌عدم قطعیت ترموکوپل ها ۲۲۴
• خطاهای‌ناشی از افزایش سن ۲۲۴
• خطاهای‌ناشی از ناهمگونی ۲۲۵
• خطاهای‌ناشی از نقطه مرجع و کابل جبران کننده ۲۲۵
• خطاهای‌ناشی از جریان های گالوانیکی و مقاومت عایقی معیوب ۲۲۶
۲.۷.۲.۸ استانداردسازی‌و اعتبارسنجی ۲۲۷
• مجموعه‌مقادیر پایه و کلاس های تلرانس ۲۲۷
• اعتبارترموکوپل ها ۲۲۸

۲.۸ چشم اندازو روند توسعه برای اندازه گیری دمای صنعتی ۲۲۹

۳ الزامات‌مهندسی فرآیند برای اندازه گیری فشار و دما ۲۳۱

۳.۱ پردازش‌و انتقال سیگنال در زنجیره اندازه گیری ۲۳۱

۳.۱.۱ تبدیل‌سیگنال مبدل ۲۳۲
۳.۱.۱.۱ روش های‌اندازه گیری پایه برای حسگرهای الکتریکی ۲۳۲
- مقاومت ۲۳۲
- ولتاژ ۲۳۲
- روش‌تبدیل فرکانس ۲۳۳

۳.۱.۱.۲ عملکردهای‌اساسی مبدل ها فرستنده یا ۲۳۴
۳.۱.۱.۳ ترانسدیوسر آنالوگ فرستنده یا ۲۳۶
۳.۱.۱.۴ ترانسدیوسردیجیتال ۲۳۷
- تبدیل‌فرکانس آنالوگ به دیجیتال ۲۳۷
- تبدیل‌موازی آنالوگ به دیجیتال ۲۳۸
- تبدیل‌تقریبی آنالوگ به دیجیتال ۲۳۸
- تبدیل‌آنالوگ به دیجیتال یکپارچه ۲۳۹
- طراحی‌فرستنده دیجیتال ۲۴۱

۳.۱.۲ انتقال‌سیگنال آنالوگ استاندارد ۲۴۳
۳.۱.۲.۱ انتقال‌ولتاژ ۲۴۳
۳.۱.۲.۲ انتقال‌سیگنال جریان انتقال ۲۴۳
۳.۱.۳ سیگنال‌دیجیتال ۲۴۶
۳.۱.۳.۱ رابط های‌دیجیتال الکتریکی استاندارد ۲۴۶
- رابط های‌سریال ۲۴۶
- رابط های‌موازی دیجیتال ۲۴۸

۳.۱.۳.۲ سیستم های‌فیلد باس ۲۴۹
- مدل مرجع *OSI* (اتصال متقابل سیستم باز) ۲۴۹

۳.۱.۴ پردازش‌و ارزیابی سیگنال ۲۵۰
۳.۱.۴.۱ نشانگرهای‌آنالوگ و دیجیتال ۲۵۰
- سیستم های‌نشانگر آنالوگ ۲۵۰
- سیستم های‌نشانگر دیجیتال ۲۵۲

۳.۱.۴.۲ کنترل کننده های‌برنامه ذخیره شده (SPC) ۲۵۳
۳.۱.۴.۳ کنترل کننده های‌حلقه ۲۵۴
۳.۱.۴.۴ ارزیابی‌به کمک کامپیوتر ۲۵۵

۳.۲ کالیبراسیون ۲۵۶

۳.۲.۱ مقدمه ای‌بر فناوری کالیبراسیون ۲۵۶
۳.۲.۱.۱ کالیبراسیون،اعتبارسنجی و تنظیم قابلیت ۲۵۶
۳.۲.۱.۲ ردیابی‌کالیبراسیون ۲۵۶
۳.۲.۱.۳ عدم‌قطعیت اندازه گیری هنگام کالیبراسیون ۲۵۷
۳.۲.۲ کالیبراسیون‌ابزارهای اندازه گیری فشار ۲۵۸
۳.۲.۲.۱ کالیبراسیون‌با تستر وزن مرده ۲۵۹
- کالیبراسیون‌گیج های فشار با عدم قطعیت اندازه گیری پایین ۲۶۰

۳.۲.۲.۲ کالیبراسیون‌با کنترل کننده لوله بوردون کوارتز ۲۶۰
- مانومترلوله بوردون کوارتز به عنوان استاندارد کار ۲۶۰
- کالیبراسیون‌ترانسمیترهای فشار ۲۶۱

۳.۲.۲.۳ کالیبراسیون‌با واحدهای کالیبراسیون سیار ۲۶۱
۳.۲.۲.۴ توضیحات‌خطا برای کالیبراسیون گیج های فشار کالیبراسیون ۲۶۳
۳.۲.۳ ابزارهای‌اندازه گیری دما ۲۶۳

۳.۲.۳.۱	کالیبراسیون‌با نقاط ثابت	۲۶۴
	• دماسنج‌مقاومتی استاندارد مطابق با *ITS*-90	۲۶۴
	• کالیبراسیون‌نقطه ثابت	۲۶۶
	• پل های‌اندازه گیری مقاومت	۲۶۷
۳.۲.۳.۲	کالیبراسیون‌با اندازه گیری مقایسه ای	۲۶۸
	• کالیبراسیون‌در حمام های ترموستاتیک	۲۶۸
	• کالیبراسیون‌در کالیبراتورهای بلوک خشک	۲۷۲
	• کالیبراسیون‌در کالیبراتورهای بلوک دما	۲۷۴
۳.۲.۳.۳	مشاهدات‌خطا برای کالیبراسیون دماسنج، مستندسازی	۲۷۵
۳.۲.۴	نتایج‌کالیبراسیون	۲۷۷
۳.۳	**سازگاری‌الکترومغناطیسی**	۲۷۸
۳.۳.۱	تعاریف‌فیزیکی پایه	۲۷۸
۳.۳.۱.۱	تعریف‌اولیه تداخل ولتاژ	۲۷۸
۳.۳.۱.۲	EMC	۲۷۸
۳.۳.۱.۳	تداخل‌جریان	۲۷۸
۳.۳.۱.۴	امواج‌الکترومغناطیسی	۲۷۹
	• محدوده‌فرکانس امواج الکترومغناطیسی	۲۷۹
۳.۳.۱.۵	انواع‌کوپلینگ برای تداخل الکترومغناطیسی	۲۷۹
	• کوپلینگ های‌فیزیکی	۲۷۹
	• تداخل‌حالت عادی و حالت مشترک	۲۷۹
۳.۳.۲	استانداردهاو مقررات EMC	۲۸۰
۳.۳.۳	تفکیک‌روش های اندازه گیری بر اساس تداخل تعریف شده	۲۸۲
۳.۳.۳.۱	میدان‌تابشی	۲۸۲
۳.۳.۳.۲	انفجارها	۲۸۳
۳.۳.۳.۳	ای‌اس دی	۲۸۴
۳.۳.۳.۴	افزایش‌ناگهانی	۲۸۴
۳.۳.۳.۵	قطعی/نوسان ولتاژ، بی نظمی های فرکانس بالای	۲۸۵
۳.۳.۳.۶	هدایت شده،تداخل فرکانس برق شهری (همهمه)، ریپل	۲۸۶
۳.۳.۳.۷	باقیمانده	۲۸۶
۳.۳.۳.۸		۲۸۷
۳.۳.۳.۹	تابش‌تداخلی ساطع شده، الزامات مربوط به رفتار	۲۸۷
۳.۳.۴	تجهیزات‌در صنعت	۲۸۷
۳.۳.۴.۱	طبقه‌بندی رفتار تجهیزات هنگام قرار گرفتن در معرض تداخل نماد CE	۲۸۸
۳.۳.۴.۲		۲۸۸
۳.۴	**حفاظت‌در برابر انفجار در دستگاه های اندازه گیری الکتریکی**	۲۹۳
۳.۴.۱	اصطلاحات‌و تعاریف اولیه	۲۹۳
۳.۴.۱.۱	توسعه‌تاریخی	۲۹۳
۳.۴.۱.۲	اصطلاحات‌پایه فیزیک،	۲۹۴
۳.۴.۱.۳	استانداردهاو مقررات	۲۹۵
	• پارامترهای‌ایمنی مشخصه فنی	۲۹۶
	• انواع‌حفاظت	۲۹۷
۳.۴.۲	قوانین‌طراحی برای دستگاه های اندازه گیری محافظت شده در برابر انفجار ذاتی	۳۰۰
۳.۴.۲.۱	مقررات‌برق	۳۰۰
	• حداقل‌انرژی احتراق	۳۰۰
	• محدودیت‌توان	۳۰۰
	• محدودیت‌ذخیره انرژی	۳۰۱

۳.۴.۲.۲	قوانین‌طراحی	۳۰۲
	• شرایطفاصله	۳۰۲
	• موادو خواص مواد	۳۰۲
۳.۵	**مقاومت‌شیمیایی**	۳۰۴
۴	**پیوست هاو جداول**	۳۰۷
۴.۱	**استانداردهاو مشخصات ملی و بین المللی**	۳۰۷
۴.۱.۱	ابزارهای‌اندازه گیری فشار با عنصر اندازه گیری الاستیک و لوازم‌جانبی	۳۰۷
۴.۱.۱.۱	استانداردهاو مشخصات آلمانی استانداردها و	۳۰۷
۴.۱.۱.۲	مشخصات‌بین المللی استانداردها و مشخصات غیر	۳۱۲
۴.۱.۱.۳	آلمانی‌فلنج ها، اتصالات و اتصالات	۳۱۲
۴.۱.۲		۳۱۹
۴.۱.۲.۱	استانداردهاو مشخصات آلمانی استانداردهای	۳۱۹
۴.۱.۲.۲	غیرآلمانی	۳۲۳
۴.۱.۳	ابزارهای‌اندازه گیری الکتریکی و فشارسنج ها	۳۲۷
۴.۱.۳.۱	استانداردهاو مشخصات آلمان، دماسنج ها، گیج های دما و	۳۲۷
۴.۱.۴	لوازم‌جانبی	۳۲۹
۴.۱.۴.۱	استانداردهاو مشخصات آلمانی استانداردها و	۳۲۹
۴.۱.۴.۲	مشخصات‌بین المللی استانداردهای غیر آلمانی	۳۳۲
۴.۱.۴.۳		۳۳۳
۴.۱.۵	ابزارهای‌اندازه گیری دمای الکتریکی	۳۳۸
۴.۱.۵.۱	استانداردهای‌آلمان	۳۳۸
۴.۱.۵.۲	استانداردهای‌بین المللی	۳۴۰
۴.۱.۵.۳	استانداردهای‌غیر آلمانی	۳۴۰
۴.۱.۶	استانداردهاو مشخصات بیشتر در مورد سیستم های اندازه گیری عمومی	۳۴۲
۴.۱.۶.۱	استانداردهاو مشخصات آلمانی استانداردها و	۳۴۲
۴.۱.۶.۲	مشخصات‌بین المللی استانداردهای غیر آلمانی	۳۴۵
۴.۱.۶.۳		۳۴۶
۴.۱.۷	استانداردهاو مشخصات با محتوای مربوط به ایمنی. اطلاعات بیشتر را	۳۴۶
۴.۱.۸	می توانیددر موارد زیر بیابید:	۳۴۸
۴.۱.۹	آدرس های‌تماس برای استانداردها و مشخصات	۳۴۹
۴.۲	**جداول‌و مرور کلی**	۳۵۲
۴.۲.۱	جداول‌واحدهای حقوقی	۳۵۲
۴.۲.۲	ضرایب‌تبدیل برای واحدهای فشار متداول	۳۵۷
۴.۲.۲.۱	واحدهایSI - واحدهای فنی (متریک)	۳۵۷
۴.۲.۲.۲	واحدهایSI - واحدهای فنی (بر اساس اینچ)	۳۵۸
۴.۲.۲.۳	واحدهای‌فنی (متریک) - واحدهای فنی (بر اساس اینچ)	۳۵۹

۴.۲.۳	میردها	۳۶۰
۴.۲.۴	مقادیرpH محلول های مختلف در دمای ∞۶۸ف	۳۶۲
۴.۲.۵	نقطه‌جوش و ذوب سیالات فرآیندی مختلف در دمای 29.92 اینچ جیوه	۳۶۳
۴.۲.۶	چگالی‌سیالات فرآیندی	۳۶۴
۴.۲.۷	انواع‌محفظه برای محفظه ها (NEMA و IP) مواد رایج	۳۶۶
۴.۲.۸	گیج های‌فشار مقایسه فولادهای مقاوم در برابر خوردگی بین	۳۶۸
۴.۲.۹	استانداردهای‌بین المللی	۳۷۰
۴.۲.۱۰	جدول‌مقاومت در برابر خوردگی	۳۷۱
۴.۲.۱۱	سیستم‌شماره گذاری قطعات WIKA برای گیج های فشار مکانیکی	۳۹۸
۴.۳	شرح‌نمادهای استفاده شده	۴۰۰
۴.۴	اختصارات	۴۰۹
۴.۵	ادبیات،منابع	۴۱۱
۴.۶	فهرست	۴۱۷

۱ اندازه گیری فشار

۱.۱ فشار و واحدهای اندازه گیری آن

فشارو دما از جمله مهمترین متغیرهای فیزیکی هستند. فشاربه عنوان نیرویی تعریف می شود که به طور یکنواخت برروی یک سطح معین اعمال می شود.

$$\text{Pressure} = \frac{\text{Force}}{\text{Unit Area}} = \frac{F}{A} \qquad (1\text{-}1)$$

این‌نیرو می تواند توسط مایعات، گازها یا بخارات یا توسط اجسام‌جامد اعمال شود. فشردگی سطحی در سطح مشترک‌بین دو جسم جامد رخ می دهد، اما برای اهداف ما می توانیم‌این نیروی اضافی را ناچیز در نظر بگیریم.

واحد اساسی نیرو در ایالات متحده است **پوند-فورس** (lb_f) که‌نیرویی است که توسط یک پوند جرم اعمال می شود.

اگریک اینچ مربع (in)²را به عنوان واحد پایه مساحت،در نظر بگیریم می توانیم فشار را به صورت زیر تعریف کنیم:

$$\text{Pressure} = \frac{lb_f}{in^2} = \text{lbs. per sq. inch (PSI)} \qquad (1\text{-}2)$$

فشاررا می توان بر حسب واحدهای متریک (SI) نیز بیان کرد.واحد پایه نیرو در متریک، **نیوتن**N است(و **پاسکال** واحد اساسی‌فشار است (P)).

۱.۱.۱ واحدهای رایج فشار

سه‌طبقه بندی کلی برای واحدهای اندازه گیری فشار به شرح زیروجود دارد:

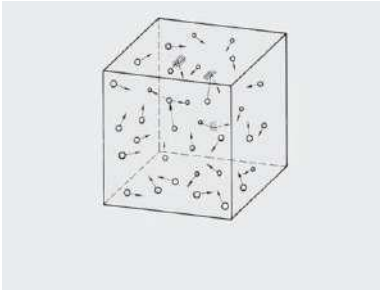
SI :(اینچ، پوند-نیرو، ثانیه، آمپر)
-عمدتا در کشورهای انگلیسی زبان استفاده می شود، اما در بسیاری‌از کشورها با واحدهای SI جایگزین می شوند. واحدهای فشارمرسوم شامل *PSI*، اینچ جیوه، اینچ آب و اونس بر اینچ مربع(oz/in^2) هستند.۲.

سیستم بین المللی واحدها - (متر، نیوتن، ثانیه، آمپر) -که معمولا در اروپا استفاده می شود و اکنون به عنوان واحدهای"متریک" شناخته می شوند.واحدهای فشار در سیستم*SI* شامل *bar، mbar، Pa، kPa، MPa* و N/m^2 هستند.۲.

ام کی اس ای(متر، کیلوگرم-نیرو، ثانیه، آمپر) - که قبلا به عنوان واحدهای"متریک" شناخته می شدند اما عموما با واحدهای SI جایگزین‌می شوند.واحدهای فشار *MKSA* شامل کیلوگرم بر سانتی مترمربع است.*torr*۲. و $mm\ Hg$، $m\ H\ O$،

۱.۱.۲ فشار گازها

مولکول های‌یک گاز را می توان به صورت کره های کوچکی تصورکرد که به صورت تصادفی در یک ظرف بسته حرکت می کنند.در حین حرکت، آنها از یکدیگر و از دیواره های ظرف‌جدا می شوند و این باعث ایجاد فشار می شود.



شکل۱.۱ حرکت‌مولکولی در گازها

اگر m (lb) جرم یک مولکول گاز، v_{med} (ft./s) سرعت مولکولی متوسط و n تعداد مولکول‌های موجود در ۱ اینچ ft^3 باشد، آنگاه فشار p برابر است با:

$$p = \frac{1}{3} \; n \cdot m \cdot v_{med}^2 \qquad (1\text{-}3)$$

بنابراین‌فشار یک گاز به عوامل زیر بستگی دارد

-تعداد مولکول های گاز -
جرم مولکول های گاز
-سرعت متوسط مولکول های گاز.

وقتی‌گازی گرم می شود، سرعت مولکولی متوسط آن افزایش‌می یابد و فشار گاز بالا می رود.

این‌تحرک مولکولی همچنین تمایل یک گاز برای پر کردن کل حجم‌فضای موجود (که به آن **انبساط گاز** گفته می شود) را توضیح می دهد. همچنین به این معنی است که فشاری‌که بر یک نقطه از ظرف وارد می شود، به طور مساوی‌در همه طرف توزیع می شود.**توزیع فشار**با سرعت صوت‌رخ می دهد.

درمقایسه با جامدات و مایعات، گازها از تراکم پذیری بالایی برخوردارند.این رابطه بین حجمVو فشارP توسط قانون بویل‌توصیف می شود:

$$V \cdot p = \text{constant} \qquad (1\text{-}4)$$

که‌در آن دما ثابت فرض می شود.

ترکیب‌این قانون با قانون گی-لوساک منجر به **قانون گاز ایده آل:**

$$\frac{p \cdot V}{T} = \text{constant} \qquad (1\text{-}5)$$

یک‌اندازه گیری مهم، به ویژه در کاربردهای ایمنی، انرژی**W** گازهای تحت فشار است. در حجم V_0انرژی یک گاز در فشارP_e در مقایسه با فشار اتمسفر محیط P_{amb}برابر است با:

$$W_{gas} = P_0 \cdot V_0 \cdot \ln \frac{P_e}{P_{amb}} \qquad (1\text{-}6)$$

۳.۱.۱فشار مایعات

برخلاف‌گازها، مایعات تراکم پذیری بسیار پایینی دارند. برای اکثرکاربردها، می توان فرض کرد که مایعات تراکم ناپذیر هستند.به دلیل خاصیت ارتجاعی آنها.

وقتی‌مایعی در یک ظرف دربسته تحت فشار قرار می گیرد، فشارآن درست مانند گازها به طور مساوی در همه جهات توزیع‌می شود. توزیع فشار در مایعات نیز با سرعت صوت انجام‌می شود.

فشاردر مایع **فشار هیدرواستاتیک** نامیده می شود.از آنجایی‌که یک مایع جرم غیرقابل چشم پوشی دارد، نیروی اعمال‌شده توسط وزن آن، فشاری ایجاد می کند که مستقل ازشکل ظرف است. فشار آن توسط ارتفاع ظرف تعیین می شود.**ستون مایع**و رابطه ρ چگالی جرمی آن:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \Delta h \cdot \rho_m \cdot g \qquad (1\text{-}7)$$

where g = gravitational force

لوله U شکلمانومتر، قدیمی ترین ابزار اندازه گیری فشار،بر اساس این اصل ساخته شده است.

۱.۲انواع فشار

انواع‌مختلف فشار فقط از نظر نقطه مرجع با هم متفاوت هستند.

۱.۲.۱فشار مطلق

قطعی ترین‌نقطه مرجع، فشار صفر مطلق است. این فشار، فشارفضای خالی در جهان است. وقتی فشاری بر اساس این‌نقطه مرجع محاسبه می شود، به آن فشار صفر مطلق می گویند.**فشار مطلق**برای تمایز آن از سایر انواع فشارها، باپسوند "a" یا "abs" (از لاتین: absolutus = مستقل، جدااز) همراه می شود.

۲.۲.۱فشار اتمسفر

مهمترین‌فشار برای حیات روی زمین، فشار هوای اتمسفر p (amb = ambiens، اطراف) است.این فشار توسط وزن جواطراف زمین تا ارتفاع حدود ۳۰۰ مایلی تولید می شود. فشاراتمسفر تا این ارتفاع به طور مداوم کاهش می یابد تا زمانی‌که عملا بَرابر با صفر شود (خلاء کامل). فشار هوای اتمسفر،همانطور که در گزارش روزانه هواشناسی نشان داده‌شده است، دستخوش تغییرات آب و هوایی می شود. درسطح دریا، p مقدار متوسط ۹۰.۲۹ اینچ جیوه ("جیوه") دارد.در مناطق آب و هوایی پرفشار یا کم فشار، می تواند تا±۵.٪نوسان داشته باشد.

۳.۲.۱فشار تفاضلی

اختلاف بین دو فشار P_1 و P_2 به عنوان اختلاف فشار $\Delta P = P_1 - P_2$ شناخته می‌شود. اختلاف بین دو فشار مستقل، اختلاف فشار نامیده می‌شود.

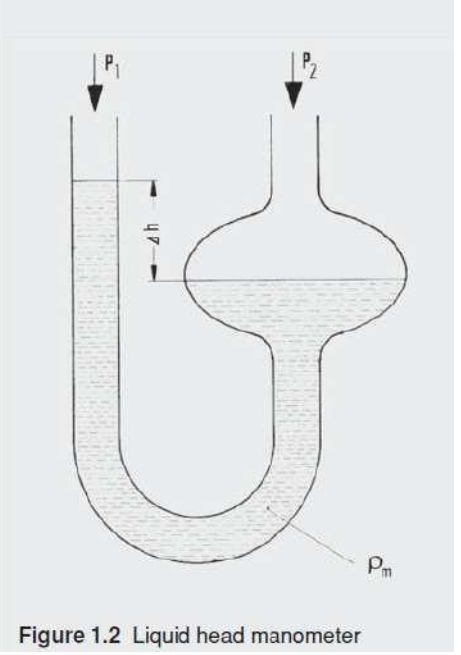


Figure 1.2 Liquid head manometer

شکل۱.۲مانومتر سر مایع

انرژی‌ذخیره شده در یک مایع تحت فشار، چندین برابر کمتر ازانرژی یک گاز تحت فشار است. اگر مایع تراکم پذیری χ داشته‌باشد، انرژی ذخیره شده آن ...

$$W_{Liq} = \frac{1}{2} \chi \cdot V_o \cdot p_a^2 \qquad (1\text{-}8)$$

مقایسه ای‌از ۱ اینچ‌آب با حجم مساوی گاز در فشار بیش از حد15 PSI، تفاوت را به وضوح نشان می دهد:

$$W_{Liq} = 1.5 \times 10^{-5} \text{ in.-lbs}$$
$$W_{gas} = 2.1 \times 10^{-1} \text{ in.-lbs.} \qquad (1\text{-}9)$$

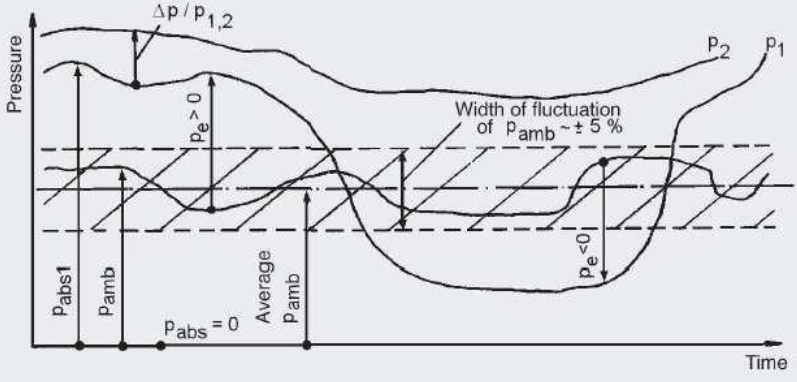


Figure 1.3 Types of pressure

شکل۱.۳انواع فشار

۱.۳روش های رایج برای اندازه گیری‌فشار

فشارهای‌قابل اندازه گیری می توانند از چند اینچ آب (فشاربسیار کم) تا بیش از ۱۰۰۰۰۰ PSI (فشار بسیار بالا) متغیرباشند. میزان دقت مورد نیاز در این فشارها نیز بسته به‌کاربرد متفاوت است. برای پوشش این متغیرها، دو نوع اساسی‌اندازه گیری فشار وجود دارد؛ مستقیم و غیرمستقیم.

ابزارهای‌اندازه گیری مستقیم فشارفشار را از معادله اساسی‌تعیین کنید:

$$p = \frac{F}{A} \text{ or } \Delta p = \Delta h \cdot \rho_m \cdot g \qquad (1\text{-}11)$$

وبرداشت های خود را از این روابط به دست آورند.

ابزارهای‌اندازه گیری فشار غیرمستقیماز انحراف یک ماده‌انعطاف پذیر یا یک اثر الکتریکی، نوری یا شیمیایی برای تعیین‌فشار اندازه گیری شده استفاده می کنند. مبدل های اندازه گیری‌ابزارهایی هستند که فشار وارد بر خود را به یک خروجی‌تبدیل می کنند که عموما یک سیگنال الکتریکی یا پنوماتیکی‌است. این خروجی تابعی از فشار ورودی است و می تواندیجیتال یا آنالوگ باشد.

۴.۲.۱فشار گیج و خلاء

رایج ترین‌اندازه گیری فشار **فشار سنج** است که اختلاف فشار بین‌فشار اندازه گیری شده و فشار محیط است.

$$p_g = p_{meas.} - p_{amb} \qquad (1\text{-}10)$$

اصطلاح**فشار**اگر فشار اندازه گیری شده بالاتر از فشار اتمسفرباشد، استفاده می شود.

اصطلاح**خلاء**اگر فشار اندازه گیری شده کمتر از فشار اتمسفرباشد، استفاده می شود.

استفاده‌از هر یک از این اصطلاحات به طور خودکار نشان می دهدکه فشار (یا خلاء) مورد اندازه گیری نسبت به فشار محیط(یعنی فشار گیج یا خلاء) است. برای تشخیص اندازه گیری های‌فشار مطلق، باید از کلمات "فشار مطلق" استفاده‌شود.

۱.۳.۱ابزارهای اندازه گیری مستقیم فشار

۱.۱.۳.۱ابزارهای اندازه گیری فشار با استفاده از ستون‌مایع
(مانومترهای ستون مایع)

اصل‌اندازه گیری فشارسنج با استفاده از ستون مایع، که معمولا بّه عنوان مانومتر ستون مایع شناخته می شود، شامل‌مقایسه فشار است.

$$\Delta p = \Delta h \cdot \rho_m \cdot g \qquad (1\text{-}1)$$

ارتفاع**ستون مایع h**از روی یک مقیاس درجه بندی شده خوانده‌می شود. اگر دقت بالاتری مورد نیاز باشد یا اگر سیگنال‌اندازه گیری بیشتر پردازش شود، اختلاف ارتفاع توسط یک سیم مقاومتی که در مایع قرار داده شده یا با انعکاس‌امواج صوتی یا نوری اندازه گیری می شود.

انتخاب‌مایع به میزان فشار اندازه گیری شده بستگی دارد. مایعات‌رایج مورد استفاده الکل، آب و جیوه هستند. با ستون‌مایعی به ارتفاع ۳ فوت به عنوان حد ارتفاع عملی، چگالی های‌مختلف الکل =$3oz/in_3$ و اب با چگالی $0/6oz/in_3$ و جیوه با چگالی $8/3oz/in_3$ فشارهای اندازه گیری زیر را نتیجه میدهند:

متر

الکل	۶۶.۱۶اونس/اینچ۲
آب	۸۲.۳۰اونس/اینچ۲
جیوه	۳.۲۸۳اونس/اینچ۲

این‌مقادیر نشان می دهند که یک ابزار اندازه گیری فشار با ستون‌مایع برای اندازه گیری فشارهای کم و خلأ یا اختلاف فشارهای‌کوچک، کاربردی است. اندازه گیری اختلاف فشار رامی توان در فشارهای استاتیک بالا نیز انجام داد، به شرطی‌که لوله ها برای تحمل آن فشارهای استاتیک طراحی شده‌باشند.

به‌دلیل قابلیت اطمینان آنها، مانومترهای ستون مایع نسبتا رایج هستند.

دقت‌اندازه گیری های انجام شده در دمای اتاق با ابزارهایی که‌بر اساس اصل ستون مایع عمل می کنند، صرف نظر از نقطه‌اندازه گیری، تقریبا $\pm 0.3\%$ است. برای مقادیر بالاتر برای‌دقت، محاسبات اصلاحی قابل توجهی مورد نیاز است. اگردما با دمای مرجع متفاوت باشد، محاسبات اصلاحی نیز ضروری‌است. عواملی مانند تغییرات وابسته به دما در چگالی‌مایع، تفاوت در طول مقیاس و انحرافات ضریب شتاب‌گرانشی در نقطه اندازه گیری باید در نظر گرفته شوند. آلودگی‌مایع نیز منجر به تغییرات چگالی و خطای مربوطه در اندازه گیری‌می شود. علاوه بر این، تأثیر کشش سطحی و تغییراحتمالی آن به دلیل اثرات خارجی و همچنین تراکم پذیری‌مایع نیز باید در نظر گرفته شود.

کشش سطحی یک مایعبا سطح منحنی اش مشخص‌است**(منیسک)**در مقابل دیواره های ظرف. در لوله هایبا قطر کوچک، کل سطح منحنی خواهد بود. با مایعاتی‌مانند آب یا الکل که کشش سطحی نسبتا کمی دارند،سطح مقعر خواهد بود (شکل 1.4).

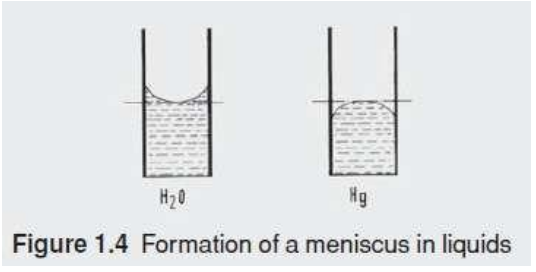


Figure 1.4 Formation of a meniscus in liquids

شکل۴.۱تشکیل هلال در مایعات

درمورد جیوه که کشش سطحی بسیار بالایی دارد، هلالی شکل محدب است. برای جلوگیری از هرگونه اثر نامطلوب ارتفاع‌موییینگی در لوله های با قطر کوچک، لوله های مانومتر مایع‌قطر ثابتی دارند. برای جلوگیری از**خطاهای اختلاف منظر** هنگام خواندن فشار، باید فشار در جهت افقی و در رأس‌منیسک اندازه گیری شود (شکل ۵.۱.). ابزارهای دقیق دارای‌درجه بندی آینه ای یا وسیله کمکی دیگری برای اطمینان‌از قرائت دقیق هستند.

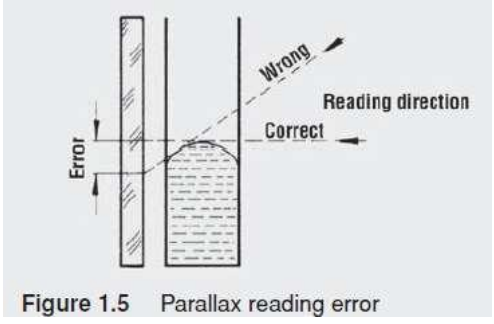


Figure 1.5 Parallax reading error

شکل۱.۵ خطای‌خواندن پارالکس

مانومترلوله *U* شکل

مانومترهای‌ستون مایع در پیکربندی های مختلفی برای برآورده‌کردن نیازهای خاص ارائه می شوند. انواع اصلی در زیرشرح داده شده اند. ساده ترین مانومتر ستون مایع، مانومترU شکل است.

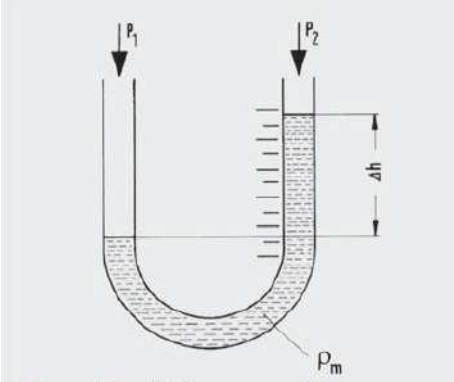


Figure 1.6 U-tube manometer

شکل۱.۶ مانومترلوله U شکل

وقتی‌فشارهای p_1 و p_2 برابر با شند، اختلا ف ارتفاع $-\Delta h$ و p_m صفر است. بنابراین با همان قطر داخلی، قوام سطح و جنس،ارتفاع مویرگی هیچ تاثیری ندارد.

لوله هایU شکل برای فشارهای بین ۴ اینچ آب و ۱۰۰۰۰ پوند براینچ مربع ساخته می شوند. حداکثر اختلاف فشار Δ .به طول‌لوله ها و چگالی مایع بستگی دارد p

مانومترلوله مورب

مانومتر لوله شیب داربرای اندازه گیری فشارهای بسیارپایین تا حدود ۴ اینچ آب (H_2O) استفاده می شود.

طراحی‌شیب دار لوله، درجه بندی را به میزانی متناسب با زاویه‌شیب a افزایش می دهد. به همین دلیل، زاویه شیب بسیاری‌از مانومترهای لوله شیب دار را می توان تنظیم کرد.

به‌دلیل تغییر سطح مایع در نقطه A، درجه بندی باید بر این اساس‌اصلاح شود. برای دقت بالا، اندازه گیری l باید بسیار با دقت‌انجام شود.

تنظیم‌کامل

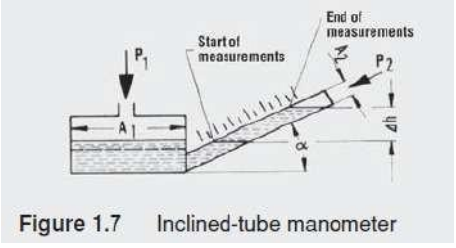


Figure 1.7 Inclined-tube manometer

شکل۱.۷ مانومترلوله شیب دار

مانومترمایع چندگانه

مانومتر مایع چندگانه امکان بزرگنمایی محدوده اندازه گیری‌را با ضریب ۸ تا ۱۰ فراهم می کند، زیرا اندازه گیری‌صرفا بّر اساس اختلاف دو چگالی انجام می شود.

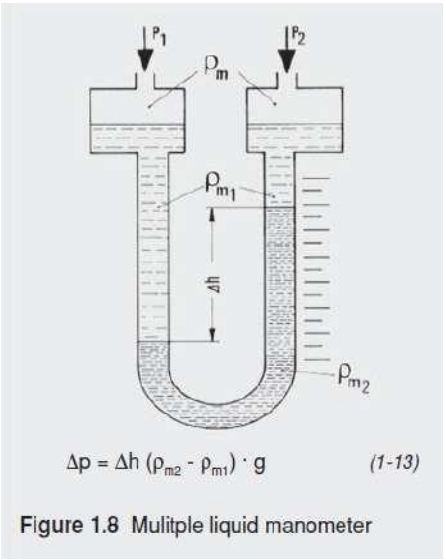


Figure 1.8 Mulitple liquid manometer

شکل۱.۸مانومتر مایع چندگانه

باوجود چندین مانومتر مایع، مهم است که مایعات جداکننده‌با یکدیگر و همچنین با سیال فرآیند مخلوط نشوند. اگرچگالی سیال فرآیند ρ و چگالی مایع جداکننده ρ متفاوت باشند،تغییر ارتفاع سطح بالایی مایع باید در نظر گرفته شود.این امر به ویژه برای اندازه گیری فشار گاز اهمیت دارد.

مانومترشناور

مانومترنوع شناور سعی دارد مزایای خواندن آسان در مقیاس‌مدرج را با مزایای ستون مایع ترکیب کند.

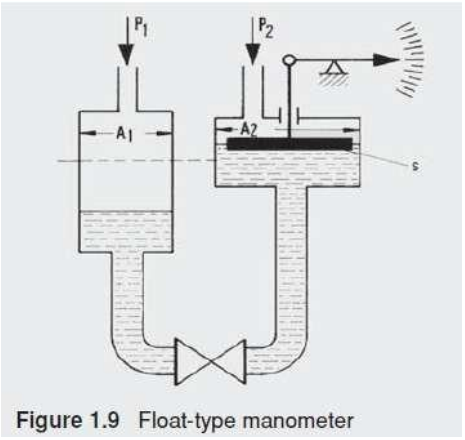


Figure 1.9 Float-type manometer

شکل۱.۹مانومتر شناور

یک‌شناور**s** ارتفاع ستون مایع را دنبال می کند و این ارتفاع رابه بیرون منتقل می کند.

این‌طراحی به دستگاه اجازه می دهد تا برای فشارهای عملیاتی‌از 10 اینچ آب تا 6000PSI از فلز ساخته شود. محدوده‌اندازه گیری را می توان با معکوس کردن نسبت A_1 وA_2 تغییرداد.

مشکل‌این نوع ابزار این است که اصطکاک ناشی از انتقال فشاردر نتایج اندازه گیری، خطا را به مقدار خوانده شده اضافه‌می کند. می توان تجهیزات اضافی را به مانومتر شناوراضافه کرد که موقعیت شناور را از بیرون تعیین می کند(یعنی اولتراسونیک) که سپس نتایج را به مقیاس درجه بندی‌شده منتقل می کند. با این حال، حتی این تجهیزات‌اضافی نیز برای حفظ محبوبیت سابق این ابزار کافی‌نیست.

۲.۱.۳.۱تعادل فشار با جداسازی مایع

ترازوهای‌فشار با مانومترهای ستون مایع که در بخش 1.3.1.1توضیح داده شده است، متفاوت هستند، زیرا مایع جداکننده‌فقط برای جدا نگه داشتن محفظه های فشار استفاده می شود.

نیروی‌اندازه گیری شده بر سطح تعریف شده A اعمال می شودو با نیروی ناشی از وزن G مقایسه می شود. تغییرات‌چگالی مایع جداکننده بر اندازه گیری تأثیری ندارد.

اصل‌اندازه گیری ترازوی فشار به بهترین شکل توسط **زنگ غوطه ور** نشان‌داده شده است.

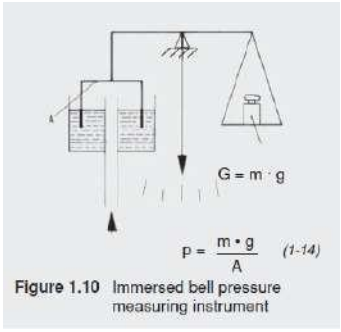


Figure 1.10 Immersed bell pressure measuring instrument

شکل۱.۱۰ فشارزنگ غوطه ور ابزاراندازه گیری

جایگزینی‌وزنه مرجع G با نیروی فنر منجر به یک حرکت چرخشی‌متناسب با فشار می شود که می توان آن را برای خواندن‌ساده اندازه گیری، روی یک مقیاس مدرج نمایش داد.

زنگوله های‌غوطه وری که در اینجا نشان داده شده اند، برای اندازه گیری‌فشارهای کم تا 0.5 اینچ آب با دقت تقریبی ۲ 0.03٪استفاده می شوند.

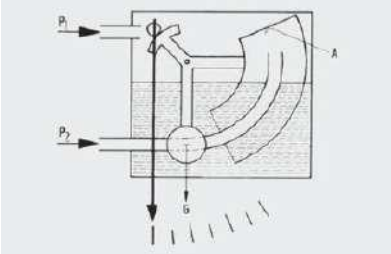


Figure 1.11 Immersed segment pressure measuring instrument

شکل۱.۱۱ بخش‌غوطه ور اندازه گیری‌فشار ساز

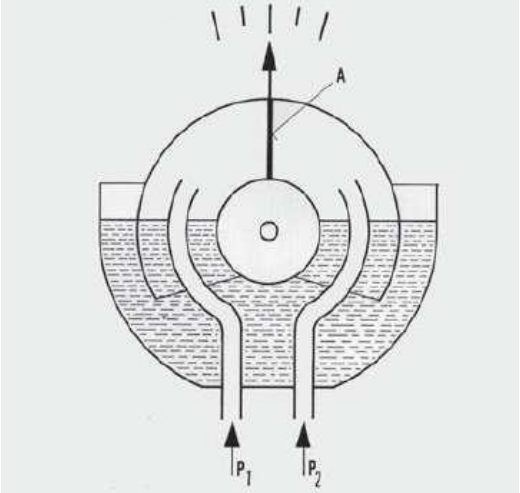


Figure 1.12 Immersed cylinder pressure measuring instrument

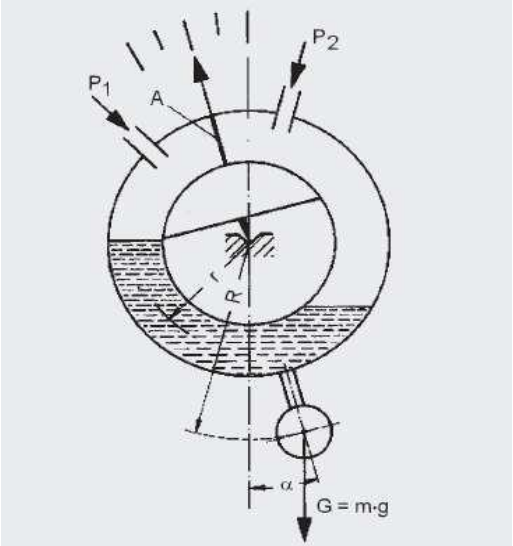


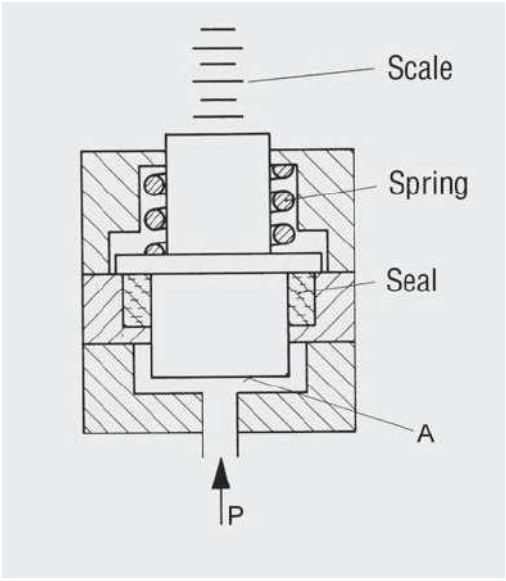
Figure 1.13 Cylindrical pressure balance

شکل۱.۱۳ تعادل فشار استوانه‌ای

The**بخش غوطه ور**(شکل)۱۱.۱،**سیلندر غوطه ور**(شکل)۱۲.۱ و**تعادل فشار استوانه ای**(شکل)۱۳.۱ از اصل اندازه گیری‌یکسانی در فشارهای عملیاتی مختلف استفاده می کنند:

$$p = \frac{R}{r} \cdot \frac{G}{A} \cdot \sin\alpha \qquad (1\text{-}15)$$

آنهاعمدتا بّرای اندازه گیری فشارهای تفاضلی کوچک با دقت0.5 تا 1٪ استفاده می شوند. با این حال، آنها به نوسانات‌فشار حساس هستند، نیاز به موقعیت یابی دقیق دارندو فضای زیادی را اشغال می کنند. مزایای این ابزارها نیروی‌تنظیم بالای آنها و در نتیجه خطای اندازه گیری کم و استقلال‌آنها از تغییرات چگالی و دمای مایع است. با این حال،معایب آن از مزایای آن بیشتر است و بنابراین این نوع ابزاربه ندرت مورد استفاده قرار می گیرد.



شکل۱۴.۱ فشاراز نوع پیستونی ابزاراندازه گیری

۳.۱.۳.۱ابزارهای اندازه گیری فشار از نوع پیستونی

ابزارهای‌اندازه گیری فشار از نوع پیستونی طبق تعریف اولیه‌فشار عمل می کند

$$p = \frac{F}{A} \qquad (1\text{-}16)$$

فشاربر روی سطح مشخص A از یک پیستون آب بندی شده‌اعمال می شود و نیروی F را ایجاد می کند. ابزارهای اندازه گیری‌فشار ساده از نوع پیستونی برای کاربردهای صنعتی،این نیرو را با نیروی یک فنر مقایسه می کنند. میزان‌حرکت فنر تابعی از فشاری است که از روی یک مقیاس‌مدرج خوانده می شود.

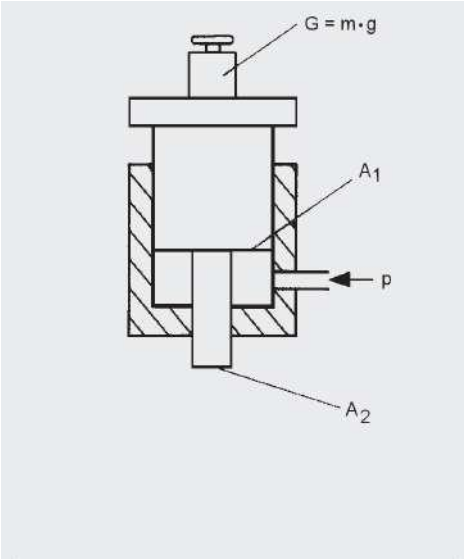
ابزارهای‌اندازه گیری فشار از نوع پیستونی با پیستون فنری

به‌طور کلی این نوع ابزار برای بارهای دینامیکی بالا بسیار محکم‌است. به دلیل اصطکاک بین آب بند و پیستون، آنها عمدتا بّرای فشارهای بین 15PSI و 15000PSI استفاده می شوند.

مزایای‌آن عبارتند از سایش آب بند و دشواری خواندن فشار نشان‌داده شده در مقیاس درجه بندی کوتاه. دقت آنها عموما بّین ۱٪ تا ۵٪ است. محدود کردن حرکت پیستون، محافظت‌عالی در برابر فشار بیش از حد ایجاد می کند.

دد ویت تستر ها(dead weight testers)

دستگاه های‌آزمایش وزن ثابت در کارگاه های کالیبراسیون وآزمایشگاه ها که به عنوان استاندارد فشار استفاده می شوند،اهمیت قابل توجهی پیدا کرده اند. نیروی پیستون بانیروی وزنه های کالیبره شده مقایسه می شود. برخلاف ابزارزنگوله ای غوطه ور، کوپلینگ به شکل بازوی تعادل نیست،بلکه در عوض از یک مایع یا گاز هیدرولیک به عنوان واسطه‌انتقال فشار استفاده می کند.



دستگاه های‌تست وزن مرده می توانند فشارهایی تا PSI ۱۵۰۰۰۰را با دقتی بین ۰.۰۰۵٪ تا ۰.۱٪ اندازه گیری کنند. اکثر کاربردهابین PSI۱۵ و PSI۳۰۰۰۰ هستند. مشکل اصلی این نوع‌ابزار اندازه گیری، آب بندی پیستون در مقابل محفظه اندازه گیری‌است. برای محدود کردن خطای اندازه گیری، حداقل‌اصطکاک لازم است، در حالی که نشتی نیز باید به حداقل‌برسد.

برای‌برآورده کردن این الزامات متناقض، باید از مواد مناسب‌برای پیستون و سیلندر استفاده شود و به ویژه مهم است‌که مطمئن شویم سطوح اتصال از کیفیت بالایی برخوردارند.پیستون ها که بخشی از آنها از کاربید تنگستن ساخته‌شده اند و سیلندرها باید با فاصله ای بیش از چند صدم‌اینچ به یکدیگر متصل شوند. پیستون هنگام اندازه گیری‌می چرخد تا تلفات ناشی از اصطکاک لغزشی را به‌حداقل برساند.

برای‌اینکه بتوان از دستگاه های آزمایش وزن مرده به عنوان تجهیزات‌کالیبراسیون با دقت 0.005 تا 0.025 درصد استفاده‌کرد، لازم است عوامل متعددی که بر قرائت ها تأثیرمی گذارند در نظر گرفته شوند. این عوامل شامل گرانش‌محلی، دما، شناور جرمی...

باتوجه به رطوبت اتمسفر و فشار هوای محیط، و تغییر شکل‌پیستون و سیلندر ناشی از فشار اندازه گیری شده. برای‌جبران این عوامل، طرح های مختلفی برای سیلندر، پیستون‌و آب بند وجود دارد که همه آنها بر اساس ایده های نظری‌هستند. علاوه بر این **پیستون ساده**‌نوع ابزار نشان داده‌شده در شکل ۱۵.۱ ،**نسخه پیستون دیفرانسیل**(شکل ۱۶.۱) نیز اهمیت قابل توجهی پیدا کرده است.

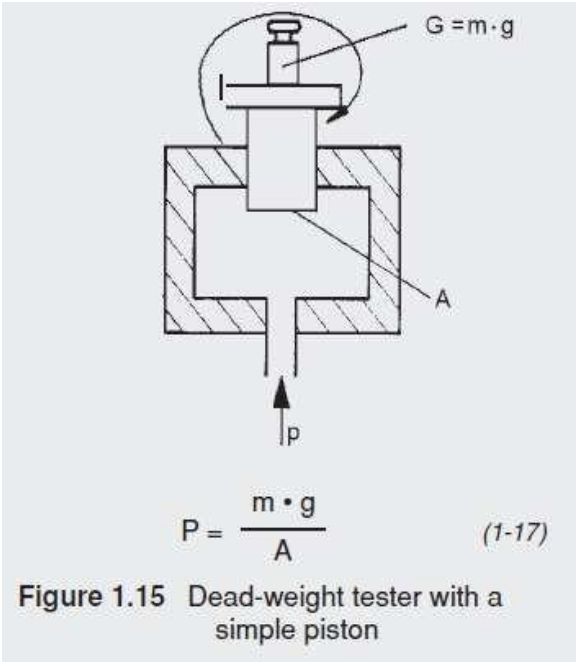
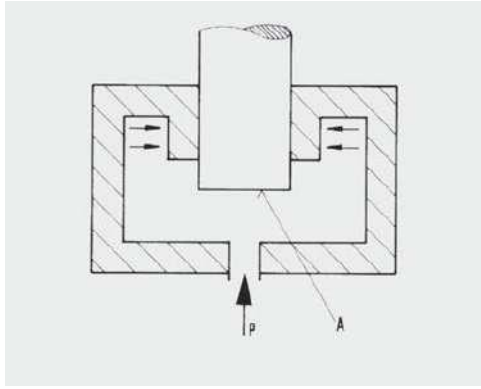


Figure 1.15 Dead-weight tester with a simple piston

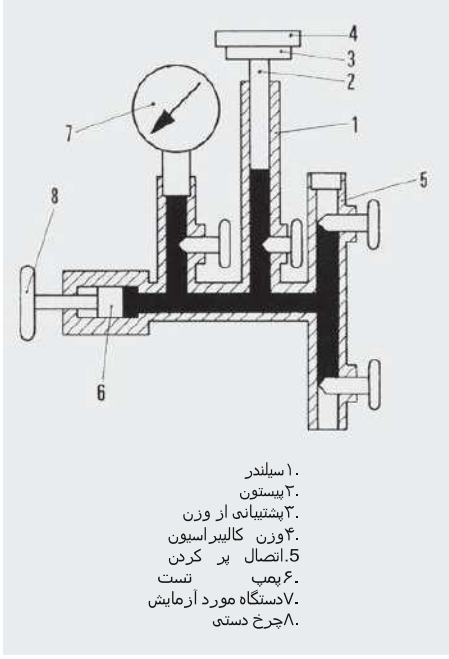
طراحی‌پیستون دیفرانسیلی این امکان را فراهم می کند که ناحیه‌فعال تا حد نیاز کوچک نگه داشته شود. این امر برای پایداری‌پیستون در فشارهای بالا مهم است.

در**تستر دد ویت** با جبران لقی (شکل 1.17)، آن بخش از دیواره‌سیلندر که برای هدایت پیستون استفاده می شود، نیزتحت فشار اندازه گیری قرار می گیرد تا اثر تغییرات فشار ناشی‌از لقی پیستون به حداقل برسد.



شکل۱.۱۷ پیستون باجبرانساز

این‌طرح همچنین می تواند در ترکیب با اصل پیستون دیفرانسیلی‌مورد استفاده قرار گیرد.
تسترهای دد ویت اغلب همراه با پمپ های تست استفاده‌می شوند.



۱.سیلندر
۲.پیستون
۳.پشتیبانی از وزن
۴.وزن کالیبراسیون
5.اتصال پر کردن
۶.پمپ تست
۷.دستگاه مورد آزمایش
۸.چرخ دستی

شکل۱.۱۸ پمپ تست با پیستون‌با وزنه ثابت

پمپ‌آزمایش به دستگاه مورد آزمایش، به قطعه اندازه گیری اصلی(سیلندر با پیستون وزنی) و به اتصال پرکننده متصل است.از یک روغن یا گاز هیدرولیک مخصوص مانند هوای فشرده‌یا نیتروژن به عنوان واسطه انتقال فشار استفاده می شود.

پس‌از بسته شدن اتصال پرکننده، پیستون اندازه گیری با وزنه های‌کالیبره شده بارگذاری می شود. پمپ آزمایش برای تولیدفشار شروع به کار می کند تا پیستون اندازه گیری بارگذاری‌شده بالا بیاید و آزادانه روی بستر سیال هیدرولیک قرارگیرد. پیستون چرخانده می شود تا اصطکاک پیستون تا حدامکان کاهش یابد.

ازآنجایی که پیستون «آزادانه» روی بستر سیال تحت فشار قراردارد، فشاری اعمال می کند که می توان آن را با استفاده‌از فرمول ذکر شده در بالا محاسبه کرد. این فشار، فشارآزمایش برای گیج تحت بازرسی است.

دستگاه های‌تست وزن ثابت باید طبق یک برنامه منظم توسطآزمایشگاهی که قابل ردیابی به NIST (موسسه ملی استانداردهاو فناوری ها) باشد، کالیبره شوند.

۱.۳.۲ابزارهای اندازه گیری فشار غیرمستقیم

ابزارهای‌اندازه گیری فشار غیرمستقیم از اثر فشار وارد بر موادیا اجسام با شکل خاص برای تعیین سطح فشار استفاده‌می کنند. نمونه هایی از چنین اثری عبارتند از تغییر شکل‌انعطاف پذیر اجسام یا صفحات توخالی، تغییر ویژگی های‌الکتریکی یا مغناطیسی یک ماده یا اثرات نوری و شیمیایی‌بر اجسام و مواد.

۱.۲.۳.۱ابزارهای اندازه گیری فشار با المان های انعطاف پذیر

ابزارهای‌اندازه گیری فشار با المان های انعطاف پذیر، رایج ترین‌دستگاه های اندازه گیری فشار مورد استفاده امروزی‌هستند. آن ها فناوری اندازه گیری درجه بالایی، عملکردساده، استحکام و انعطاف پذیری را با مزایای تولید صنعتی‌و در نتیجه مقرون به صرفه ترکیب می کنند.

این‌دستگاه ها به منبع تغذیه خارجی نیاز ندارند و بهترین انتخاب‌برای اکثر کاربردها هستند. کاربردهای ابزارهای اندازه گیری‌فشار با یک عنصر اندازه گیری انعطاف پذیر، از فرآیندهای‌شیمیایی بسیار خودکار، یعنی در پالایشگاه ها یا درتولید پلاستیک، داروسازی و کود، تا تأسیسات هیدرولیک وپنوماتیک در مهندسی مکانیک و حتی زودپزها را شامل می شود.این نوع ابزارهای اندازه گیری فشار را می توان در تمام‌نقاط حیاتی نظارت بر فرآیند و ایمنی تأسیسات انرژی بسیارمهم امروزی - از چاه های اکتشافی گرفته تا نیروگاه ها -و همچنین در حفاظت از محیط زیست نیز یافت.

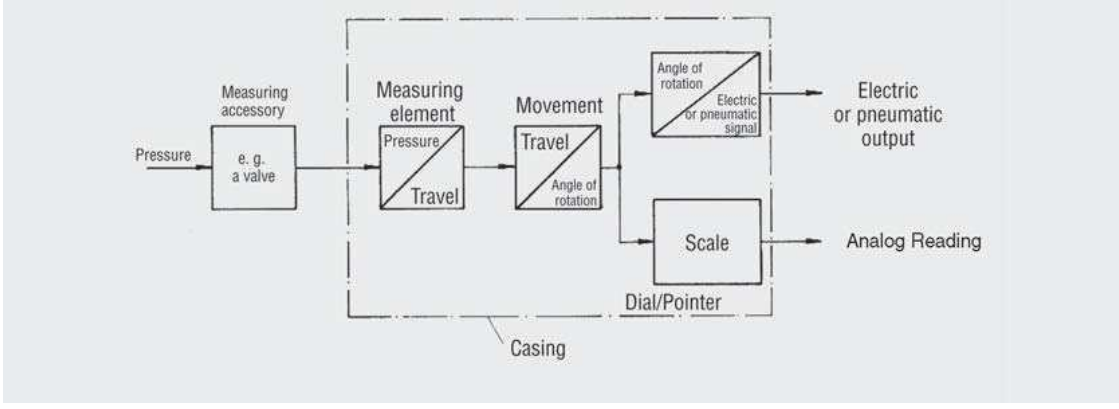
اصل‌پشت این ابزارها ساده است: فشاری که باید اندازه گیری‌شود به محفظه ی یک**عنصراندازه گیری** هدایت می شود.
جایی که یک یا چند دیواره آن در جهت خاصی‌متناسب با فشار خم می شوند. مقدار خمیدگی کم است،معمولا آز چند صدم اینچ تا حداکثر نیم اینچ. این خمیدگی‌معمولا بّه**حرکت چرخشی** تبدیل می شود.توسطیک **جنبش** سپس فشار از روی یک مقیاس مدرج خوانده می شود. **مورد**کامل محافظت می کند.

دربسیاری از کاربردها، حرکت عقربه برای نمایش سیگنال اندازه گیری‌به صورت آنالوگ یا دیجیتال با خروجی های اندازه گیری‌الکتریکی یا پنوماتیکی نیز استفاده می شود. شکل۱۹.۱ نمودار جریان ورودی به خروجی را برای ابزارهای اندازه گیری‌فشار با عناصر انعطاف پذیر نشان می دهد.

لوازم‌جانبی مختلف به این ابزارها اجازه می دهند تا در فرآیندقرار گیرند یا برای مسائل اندازه گیری خاص، یعنی سیالات‌فرآیندی با دمای بالا، تطبیق داده شوند.

محفظه‌و اجزای آن نه تنها برای نگه داشتن سیستم اندازه گیری‌در موقعیت خود استفاده می شوند، بلکه در صورت وجودنشتی در گیج برای **محافظت از کاربر** نیز به کار می روند.

ازآنجا که ابزارهای اندازه گیری فشار با المان های انعطاف پذیربسیار مورد استفاده قرار می گیرند، آنها را به طورجداگانه در بخش ۴.۱ شرح خواهیم داد.



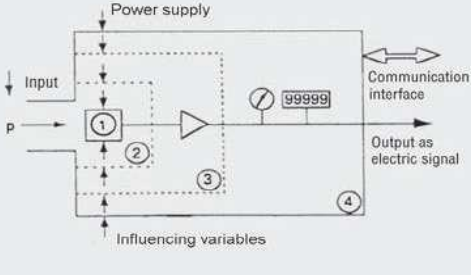
شکل۱۹.۱نمودار جریان سیگنال خروجی، آنالوگ و دیجیتال، برای ابزارهایی با عناصر انعطاف پذیر

۱.۳.۲.۲حسگرهای فشار الکتریکی و ابزارهای اندازه گیری‌فشار

امروزه‌بسیاری از اصول اندازه گیری در ابزارهای اندازه گیری فشارالکتریکی استفاده می شوند. اکثر روش ها مبتنی بر اندازه گیری‌جابجایی یا نیرو هستند. به عبارت دیگر، متغیر فیزیکی"فشار" باید به یک متغیر قابل اندازه گیری الکتریکی تبدیل‌شود. برخلاف روش های اندازه گیری فشار مکانیکی، این‌تبدیل به یک منبع تغذیه خارجی نیاز دارد.**سنسور فشار** .

این‌سنسور فشار، اساس سیستم های اندازه گیری فشار الکتریکی‌است. در حالی که جابجایی المان گیج مکانیکی بین 0.004تا 0.012 اینچ استاندارد است، تغییر شکل در سنسورهای‌فشار الکتریکی بیش از چند میکرون نیست.

به‌لطف این تغییر شکل حداقلی، ابزارهای اندازه گیری فشار الکتریکی‌دارای ویژگی های دینامیکی عالی و کرنش کم مواد هستندکه منجر به مقاومت بالا در برابر بارهای متناوب و دوام‌طولانی مدت می شود. همچنین می توان ابزارهای اندازه گیری‌فشار الکتریکی را در اندازه های کلی بسیار کوچک،یعنی با استفاده از مواد نیمه هادی، تولید کرد.



۱-المان حسگر فشار ۲-حسگر فشار ۳- مبدل فشار ۴-اندازه گیری فشار ساز

شکل۲۰.۱طراحی اولیه کلیه تجهیزات برقی ابزارهای‌اندازه گیری فشار

تجهیزات‌نشانگر و ارزیابی مانند تقویت کننده های اندازه گیری،نمایشگرهای آنالوگ و دیجیتال، ثبت کننده ها، کنترل کننده هاو غیره، تنها در مواردی که برای درک بهتر اصول‌حسگر ضروری است، در این کتاب شرح داده شده اند.

انواع‌حسگر با کرنش سنج

کرنش سنج های‌نیمه هادی (اثر پیزومقاومتی)

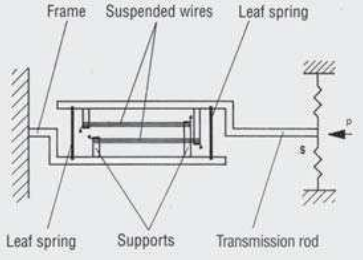
موادنیمه رسانا از اواسط دهه ۱۹۶۰ برای اندازه گیری فشار الکتریکی‌مورد استفاده قرار گرفته اند. حسگرهای فشار مبتنی‌بر مواد نیمه رسانا (عمدتا سیلیکون) به طور مداوم و به‌موازات پیشرفت در میکروالکترونیک در حال بهبود هستند.

اصل‌پشت این ابزارها با معادله زیر توصیف می شود که تغییرمقاومت در یک سیم تحت کشش را تعریف می کند.

$$\Delta R = \rho \cdot \Delta\left(\frac{l}{S}\right) + \Delta\rho \cdot \left(\frac{l}{S}\right) \qquad (1\text{-}19)$$

ρ = Specific electrical resistance
l = Length of the resistor wire
s = Cross-sectional area of the resistor wire

اگراین سیم با طول ثابت از هر طرف تحت تأثیر نیرو قرار گیرد، مقاومت‌آن مطابق آنچه توضیح داده شد تغییر می کند.



شکل۲۱.۱فرستنده فشار با آزادانه سیم های‌معلق

بخش‌اول معادله:

$$\rho \cdot \Delta\left(\frac{l}{S}\right) \qquad (1\text{-}20)$$

تغییرمقاومت الکتریکی ناشی از تغییر هندسه هادی را توصیف‌می کند. در محدوده الاستیک، افزایش طول سیم با کاهش‌متناظر سطح مقطع آن همراه است. بررسی دقیق تغییرمقاومت در یک هادی الکتریکی این اثر را واضح تر می کند:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \qquad (1\text{-}21)$$

اگرطول l افزایش یابد، واضح است که سطح مقطع کاهش می یابدو در نتیجه مقاومت R افزایش می یابد.

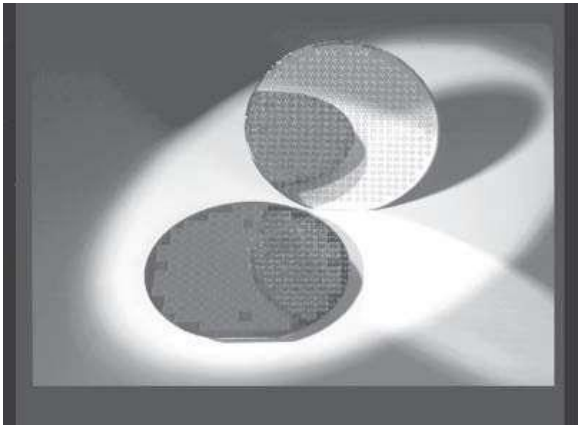
$$\Delta \rho \cdot \left(\frac{l}{S}\right) \qquad (1\text{-}22)$$

بخش‌دوم معادله توصیف‌می کند **اثر پیزومقاومتی** که منجر به تغییر قابل توجهی‌در مقاومت هنگام قرار گرفتن در معرض بارگذاری مکانیکی‌می شود. در مواد نیمه هادی، این تغییر مقاومت به‌دلیل تغییر در تحرک الکترون ها در ساختار بلوری است. درمواد نیمه هادی (عمدتا سیلیکون) تغییر مقاومت حدود ۱۰۰برابر بیشتر از مواد فلزی است که امکان استفاده از حسگرهای‌فشار بسیار کوچک را فراهم می کند، در حالی که ازطرف دیگر، محدوده های اندازه گیری بسیار کوچکی را در محدوده"HO" امکان پذیر می سازد.

۳

درتولیدِ**حسگرهای سیلیکونی**ماده پایه یک تک بلور سیلیکونی‌است که به طور خاص رشد داده شده است. سپس‌این تک بلور برش داده می شود.**ویفرها**توجه به جهت گیری‌ساختار کریستالی، زیرا تک بلورها خواص متنوعی‌را در جهات مختلف نشان می دهند (ناهمسانگرد).

سپس‌ویفر صیقل داده می شود. تمام مراحل دیگر پردازش، یعنی‌کاشت یون، دوپینگ و غیره، در پردازش سیلیکون در تولیدالکترونیک رایج هستند و در این کتاب توضیح داده نشده اند.



شکل۱.۲۲ ویفرها

مراحل‌کلیدی دیگر شامل تولید دیافراگم ها با استفاده از حکاکی‌یا سوراخ کاری است. مقاومت ها به این دیافراگم ها متصل(آلایش داده می شوند). معمولا مَقاومت ها در لبه های‌دیافراگم متصل می شوند زیرا در اینجا بیشترین تغییرات‌تنش - و بنابراین بزرگترین تغییرات مقاومت - هنگام‌اعمال فشار رخ می دهد. تغییرات مقاومتی معادل حدود10٪ از مقدار مقاومت اسمی تحت فشار رخ می دهد.

این‌ویفر سیلیکونی (که با نام ویفر سیستم نیز شناخته می شود) سپس‌در یک فرآیند آلیاژسازی به یک ویفر حامل متصل می شود.این ویفر حامل از همان ماده ای ساخته شده است که ویفرسیستم از آن ساخته شده است.

درنهایت، ویفر حامل با یک سوراخ برای اندازه گیری فشار نسبی‌سوراخ می شود و سپس به تراشه ها تقسیم می شود. **تراشه‌سیلیکونی** یک حسگر ابتدایی با اندازه کلی بسیار کوچک‌است.

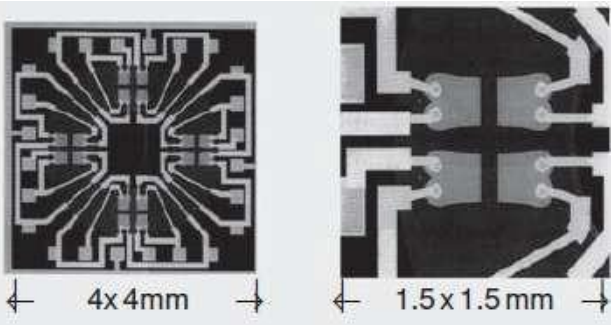
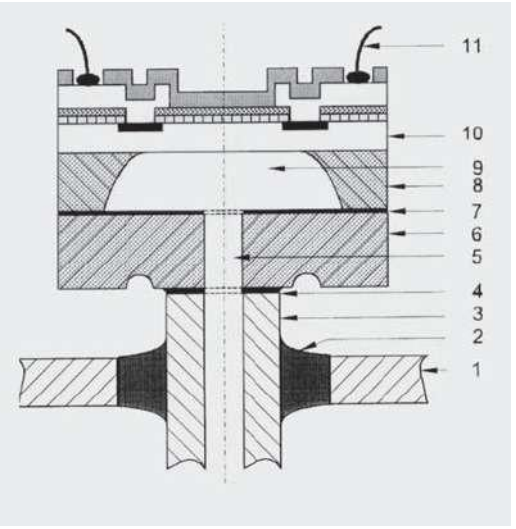
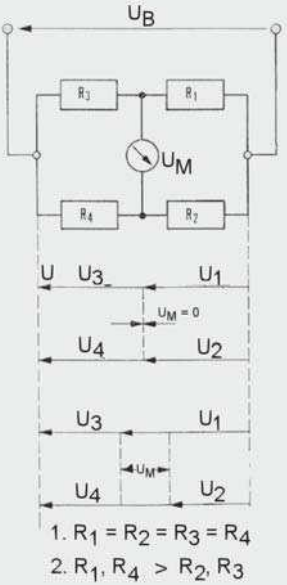


Figure 1.24 View of a silicon chip



۱ صفحه‌پایه محفظه محفظه
۲ شیشه ای
۳ کوار,لحیم کاری طلا-قلع ۴
لوله‌مرکزی
۵ سوراخ‌دریچه فشار نسبی ویفر ۶
حامل‌سیلیکونی
۷ آلیاژفلزی
۸ ویفرسیستم سیلیکونی ۹
حفره
۱۰ لایه‌اپوکسی سیلیکون (مطابق با دیافراگم حساس به فشار)
۱۱ سیم های‌پیوند آلومینیومی

شکل۲۳.۱طراحی اولیه یک
سنسورفشار



شکل۲۵.۱طراحی اولیه یک
مدارپل وتستون

برای‌کاهش اثرات دمایی زیاد ذاتی نیمه رساناها، چهار مقاومت‌روی تراشه به هم متصل می شوند تا یک **پل وتستون**.

شکل۲۵.۱ طرح اولیه یک پل کامل وتستون را نشان می دهد.

درعمل، پل برای متعادل سازی، جبران دما و تنظیم حساسیت‌اسمی به مقاومت های بیشتری متصل می شود. وقتی‌سیگنال خروجی U_M = صفر باشد، گفته می شود که پل متعادل‌است. این در شرایطی است که نسبت مقاومت ها R1:R2 با نسبت مقاومت های R_2:R_4برابر باشد یعنی افت ولتاژ روی R_1 با R_2مساوی باشد.

درنتیجه تغییر شکل ناشی از فشار، مقاومت های R_1 و R_4 بزرگترو R_3 و R_2 کوچکتر می شوند (پل کامل فعال). بنابراین، سیگنال اندازه‌گیری، ولتاژ متقاطع پل UM_3 است که می‌تواند به یک سیگنال صنعتی استاندارد در ولتاژ مستقیم سری تبدیل شود.

سنسورهای‌مقاومتی رایج ترین سنسورهای مورد استفاده درصنعت هستند.

$$U_S = U_B \cdot \frac{R_1(p) \cdot R_4(p) - R_2 \cdot (p) \cdot R_3(p)}{[R_1(p) + R_3(p)] \cdot [R_2(p) + R_4(p)]} + U_0 \qquad (1\text{-}23)$$

U_s = Signal voltage
U_B = Supply voltage
U_0 = Offset voltage
R (p) = Pressure-dependent resistors

کرنش‌سنج فلزی

اصول‌کار کرنش سنج فلزی در سال ۱۸۴۳ توسط فیزیکدان ویتستون‌کشف شد. از آن زمان تاکنون، این وسیله در کاربردهای‌مختلفی از جمله اندازه گیری فشار الکتریکی مورد استفاده‌قرار گرفته است. سنسورهای فشار با کرنش سنج های‌فلزی عموما در نحوه اعمال آنها به اجسام تغییرشکل پذیر متفاوت هستند. همه این کرنش سنج ها از معادله‌زیر پیروی می کنند:

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \frac{F}{A \cdot E} \qquad (1\text{-}24)$$

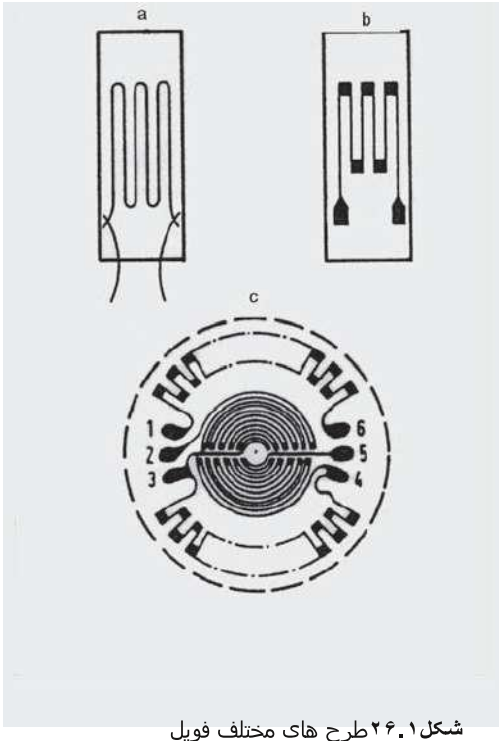
R, ΔR = Resistance, change of resistance
K = Constant proportionality factor
E = Modulus of elasticity of the spring material
F = Mechanical force (in our case F = p · a proportional to the pressure)
A = Pressurized area

ازاین معادله مشخص است که متغیر اندازه گیری شده P و تغییرمقاومت ΔR به صورت خطی متناسب هستند.

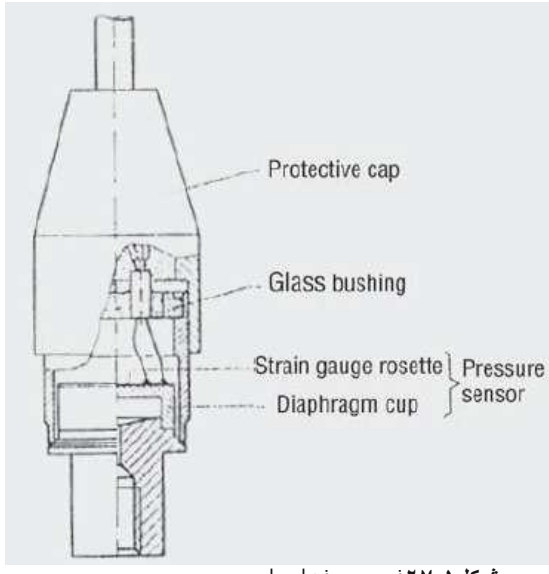
گیج های‌فویل کرنش

برای‌مدت طولانی،**گیج های فویل کرنش**محبوب ترین حسگرهابرای اندازه گیری فشار بودند. مزیت اصلی آنها این استکه می توان آنها را به راحتی با استفاده از مواد چسبنده‌روی هر جسم تغییر شکل پذیر اعمال کرد.

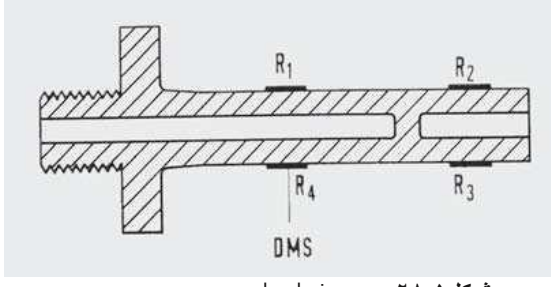
کرنش‌سنج فویل معمولا آز یک فویل حامل که معمولا آز رزین‌فنلی ساخته شده و ضخامتی بین 0.2 تا 0.6 هزارم اینچ(5 تا 15 میلی متر) دارد، تشکیل شده است. از آنجایی که‌این فویل تقریبا همیشه روی مواد پایه فلزی اعمال می شود،به عنوان عایق نیز عمل می کند. این فویل حامل، کرنش‌سنج فلزی را که از یک شبکه اندازه گیری سیم پیچ شکل‌با ضخامت تقریبا 0.2 هزارم اینچ (5 میلی متر) تشکیل شده است، نگه می دارد. جنس کرنش سنج‌معمولا گَنستانتان است.



شکل۱.۲۶طرح های مختلف فویل سنجه



شکل ۱.۲۷ فرستنده فشار با فشار سنج به موقعیت خود چسبانده شده است



شکل ۱.۲۸ سنجش فشار با حسگرنوع لمینت

برای‌محافظت از لایه نازک کرنش سنج، یک فیلم پلاستیکی اضافی‌روی کرنش سنج اعمال می شود. کرنش سنج های فویلی‌نسبتا آسان استفاده می شوند و می توانند روی سطوح‌منحنی نیز اعمال شوند (شکل 1.28 را ببینید). بنابراین،آنها هنوز هم یک انتخاب محبوب هستند، به خصوص‌برای اندازه گیری ساده نیروها.

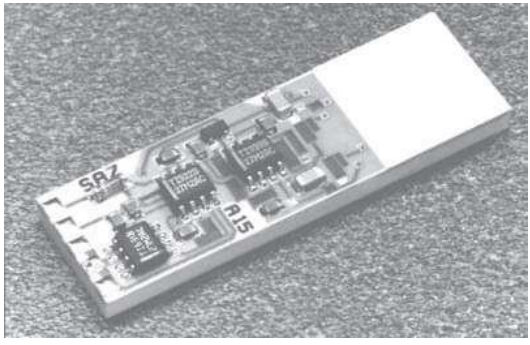
بااین حال، یکی از معایب بزرگ آنها، اتصال واقعی است، زیرااین امر مستلزم اعمال یک عامل اتصال معدنی اضافی بین‌جسم تغییر شکل پذیر و کرنش سنج ها است. تفاوت بین‌ضرایب انبساط مواد مورد استفاده منجر به افزایش طول‌نامساوی هنگام تغییر دما می شود و این منجر به اختلال‌در سیگنال خروجی میشود. این اثرات را تنها می توان با اقدامات‌جبران سازی دقیق به حداقل رساند.

علاوه‌بر این، به دلیل خاصیت ارتجاعی ماده اتصال دهنده لازم،کرنش سنج فویل تمایل به خزش زیر بار دارد. تکنیک های‌مدرن تولید کرنش سنج و چسب های مخصوص‌فرموله شده به جبران این عوامل منفی کمک می کنندااما نمی توانند آنها را به طور کامل از بین ببرند.

کرنش‌سنج های لایه ضخیم

فناوری‌لایه ضخیم چندین سال است که با موفقیت در تولیدمدارهای الکترونیکی مورد استفاده قرار گرفته است. این‌فناوری ترکیبی از یک مدار مجتمع و یک تراشه SMD (SMD = دستگاه نصب شده روی سطح) است. مدار لایه ضخیم(که مدار ترکیبی نیز نامیده می شود) بر روی یک ماده حامل‌اعمال می شود که معمولا آز سرامیک اکسید آلومینیوم(Al2O3) یا یک دیافراگم از جنس استیل ضد زنگ ساخته‌می‌شود. فناوری لایه ضخیم امکان استفاده از مقاومت ها،لایه های عایق، رساناها و تا حد محدودی حتی خازن هارا فراهم می کند.

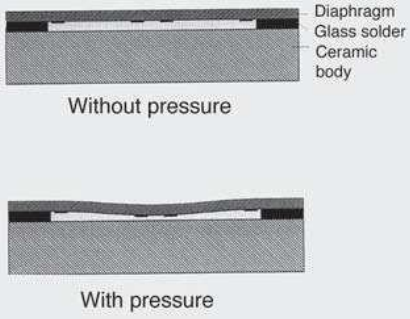
روندکار



شکل ۱.۲۹ هیبریدها برای کاربردهای حسگر بخش ها

موادخمیری مختلفی برای سطوح مختلف مقاومت وجود دارد.کرنش سنج ها را می توان با این خمیرها روی یک زیرلایه(ماده حامل) چاپ کرد. سپس این مقاومت ها در فر بادمای فرآیند بین حدود ۱۵۵۰ درجه سانتیگراد روی زیرلایه پخته‌می شوند.

موادزیرلایه مانند Al2O3 که به عنوان ماده دیافراگم برای سنسورهای‌فشار خازنی نیز استفاده می شوند، خواص الاستیک‌بسیار خوبی دارند و عملا عَاری از هیسترزیس هستند.مزیت دیگر این فناوری این است که امکان نصب کامل‌جبران سازی و ارزیابی الکترونیکی را بر روی یک زیرلایه باروش SMD در یک عملیات واحد فراهم می کند.



شکل۱.۳۰حسگر فشار لایه ضخیم

شکل۱.۳۰ نشان می دهد که دیافراگم با مقاومت های چاپ شده‌با استفاده از لحیم شیشه ای به حامل سرامیکی متصل‌شده است. همانند تمام بدنه های دیافراگمی تغییر شکل پذیر،محدوده اندازه گیری مربوط به نیرو را می توان با تغییرضخامت یا اندازه دیافراگم تغییر داد.

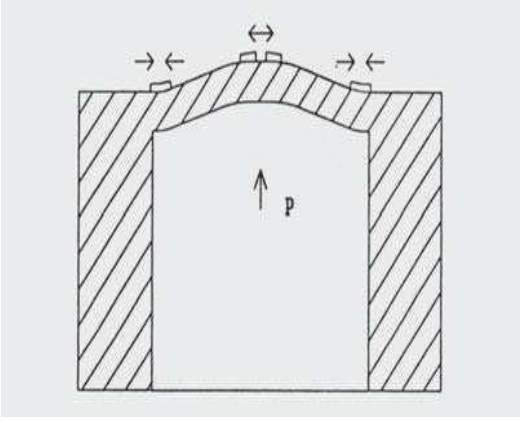
برای‌بسیاری از کاربردهای اندازه گیری فشار صنعتی، سرامیک‌معمولا بًا محیط فرآیند سازگار نیست. با این حال، می توان‌کرنش سنج را روی دیافراگم های فولاد ضد زنگ اعمال‌کرد. این دیافراگم های فلزی به یک لایه عایق اضافی بین‌مقاومت ها و دیافراگم نیاز دارند. هنگام انتخاب مواد برای‌دیافراگم فلزی، مهم است که فولادهایی را انتخاب کنید که‌در دماهای بالای فرآیند تا ۱۷۵۰ درجه سانتیگراد، فقط کمی‌پوسته پوسته شوند.درجه‌ف (950درجه‌ج).

درطول چند سال گذشته ظرفیت های تولید بسیار بالایی برای‌این فناوری توسعه یافته است. بنابراین، برای کاربردهایی‌که به تعداد زیادی گیج نیاز دارند، فناوری فیلم ضخیم‌جایگزین اقتصادی برای گیج فویل کرنش است.

کرنش سنج های‌لایه نازک

مدرن ترین‌فرآیند تولید کرنش سنج مبتنی بر فناوری لایه نازک‌است. این فرآیند تمام مزایای کرنش سنج های فویلی مرسوم‌را بدون هیچ یک از معایب آنها ترکیب می کند. مزایای‌اصلی آن حساسیت دمایی بسیار پایین و پایداری عالی‌در درازمدت است.

دربیشتر موارد، جسم تغییر شکل پذیر، دیافراگمی با شکل دایره ای‌ساده است.



شکل۱.۳۱مقطع عرضی یک دایره دیافراگم

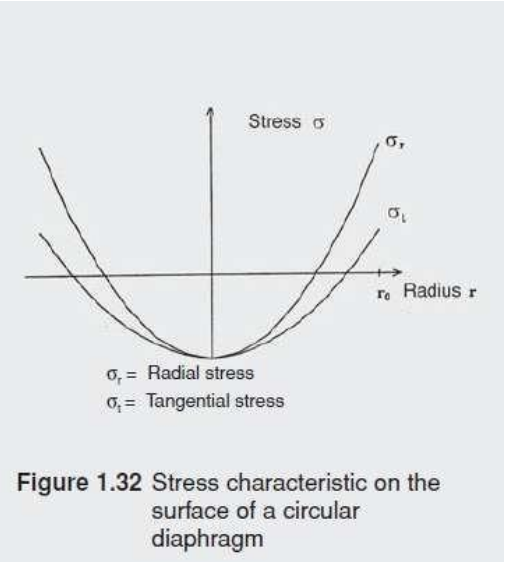


Figure 1.32 Stress characteristic on the surface of a circular diaphragm

درکرنش سنج های لایه نازک، چهار مقاومت دوباره به هم متصل‌می شوند تا یک پل وتستون تشکیل دهند. مقاومت هادر مناطقی از دیافراگم قرار می گیرند که بیشترین‌تغییرات تنش در آنها رخ می دهد. هنگامی که فشاراعمال می شود، مقاومت ها بیشترین کشیدگی را در مرکزدیافراگم و بیشترین فشردگی را در امتداد لبه ها تجربه می کنند.این منجر به معادله زیر می شود:

$$U_S = U_B \cdot \left(\frac{\Delta\rho}{\rho} + k \cdot \varepsilon \right) \qquad (1\text{-}25)$$

U_B = Voltage supply
U_S = Signal voltage
ρ = Specific resistance of the bridge resistors Ri
$\Delta\rho$ = Change of ρ with the elongation
ε = Elongation
k = k factor

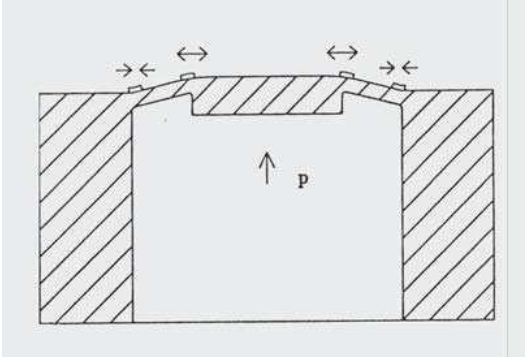
این‌کرنش سنج ها از مواد نامتعارف، یعنی NiCr و مواد نیمه هادی‌مانند سیلیکون ساخته شده اند. تفاوت اصلی در مقادیرk آنها نهفته است.

مقادیرk برای مواد مختلف:

مواد	مقدارk	کاربرد
نیکروم	تقریبا ۲ اینچ	کرنش‌سنج فلزی
C4	تقریبا ۱.۰۰ اینچ	کرنش‌نیمه هادی سنجه
اکسیدروتیم	تقریبا ۲.۰-۱۵ اینچ	کرنش‌سنج لایه ضخیم

دربخش بعدی، نگاهی دقیق به فناوری و تولید حسگرهای فشاربا کرنش سنج های فلزی خواهیم داشت. مواد پایه برای‌دیافراگم ها از فلزاتی تشکیل شده اند که هیسترزیس تغییرشکل کمی دارند. فولادهای CrNi معمولا بّرای دستیابی‌به درجه بالایی از سازگاری با محیط فرآیند استفاده می شوند.مواد ویژه ای مانند Elgeloy یا Hastelloy C4 نیز استفاده‌می شوند، اما به دلیل دشواری فرآیند، فقط در کاربردهای‌خاص.

درمورد شکل دیافراگم، بین دایره ای و.**دیافراگم های حلقوی** تمایز قائل می شوندمزیت دیافراگم حلقوی این است‌که وجود نداردا**ثر بادکنکی**(افزایش طول اضافی) که روی‌هر چهار مقاومت عمل می کند و منجر به انحراف خطی می شود.



شکل۱.۳۳مقطع عرضی یک حلقه دیافراگم

دریک دیافراگم حلقوی، کرنش سنج ها روی لبه خمش داخلیو خارجی قرار می گیرند، همانطور که در شکل 1.33 نشان‌داده شده است. این جایی است که دیافراگم بیشترین تغییرات‌تنش را تجربه می کند.

تولیدحسگرهای فشار لایه نازک ترکیبی از ساخت مکانیکی بادقت بالا از یک جسم تغییر شکل پذیر و پوشاندن این جسمبا کرنش سنج ها در فرآیندهای مختلف است.

ابتدا، ضخامت دیافراگم باید با تلرانس‌های بسیار نزدیک، عمدتاً با لایه‌گذاری، حفظ شود. سپس سطح دیافراگم با صیقل دادن تا حداکثر ارتفاع قله تا دره تقریباً ۰٫۱ میکرومتر، برای فرآیند پوشش واقعی آماده می‌شود. مرحله بعدی اعمال یک لایه عایق به غشای فولاد ضد زنگ صیقل داده شده است. این کار را می‌توان، به عنوان مثال، با فرآیند PECVD (رسوب بخار شیمیایی تقویت‌شده با پلاسما) انجام داد.

دراین فرآیند، یک لایه SiO2 روی سطح دیافراگم اعمال می شود.SiO2 از نظر خواص عایقی مشابه شیشه است. این‌لایه حدود ۴ تا ۶ میکرون ضخامت دارد و مقاومت عایقی‌آن حداقل ۳ مگا اهم است.

سپس‌لایه مقاومتی واقعی توسط یک فرآیندکندوپاش اعمال می شود(.کندوپاش پرتو کاتدی).

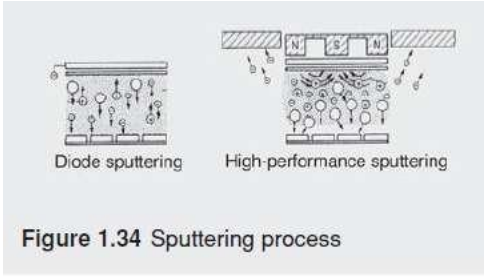
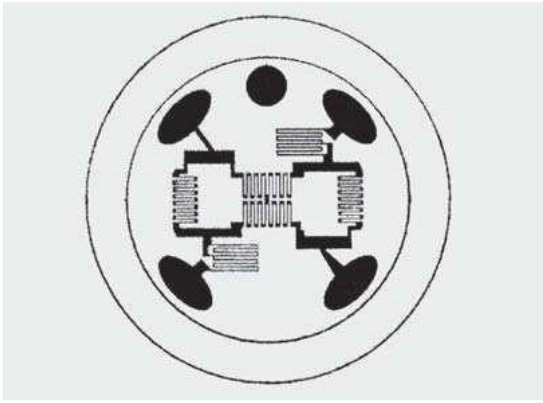


Figure 1.34 Sputtering process

این‌فرآیند یک تخلیه تابشی کنترل شده است و تحت خلاء فوق‌العاده بالا انجام می شود. ماده دیافراگم و لایه عایق، پیوندمولکولی تشکیل می دهند که برای یک ترکیب بدون شکستگی‌لازم است و پایداری طولانی مدت بسیار خوبی را تضمین‌می کند.

پس‌از اعمال لایه مقاومتی با ضخامت ۵۰ تا ۲۰۰ نانومتر، کرنش سنج های‌واقعی با استفاده از فوتولیتوگرافی در فرآیندحکاکی مرطوب تولید می شوند.



شکل۳۵.۱حسگر با کرنش لایه نازک سنجه ها

لایه های‌عایق، غیرفعال سازی و تماس بیشتر، مانند فناوری‌لایه نازک، اضافه می شوند. می توان علاوه بر کرنش سنج ها،مقاومت های جبران کننده دما را نیز در طرح حسگرگنجاند.



شکل۳۶.۱عنصر حسگر فیلم نازک ۷ میلی متری

حسگرهای‌فیلم نازک، به ویژه برای اندازه گیری فشار بالا، به طورفزاینده ای اهمیت پیدا می کنند.

اصول‌انتقال کرنش سنج

همانطورکه در بخش قبل ذکر شد، انواع مختلفی از کرنش سنج هابرای اندازه گیری فشار الکتریکی استفاده می شوند.خود کرنش سنج ها فقط تغییر شکل (کشیدگی یا فشردگی) را به تغییر مقاومت تبدیل می کنند، بنابراین باید به‌یک جسم تغییر شکل پذیر اعمال شوند. از معادله فشار:

$$p = \frac{F}{A} \qquad (1\text{-}26)$$

واضح‌است که برای ایجاد تغییر شکل به منظور تعیین نیرو ازطریق فشار، به یک سطح مشخص و تعریف شده A نیاز است.موادی با خواص الاستیک بسیار خوب برای این اجسام‌تغییر شکل پذیر استفاده می شوند. فولادهای ضد زنگ‌به دلیل خواص الاستیک و سازگاری خوب با محیط فرآیند،به عنوان یک قاعده کلی مورد استفاده قرار می گیرند. موادسرامیکی نیز به دلیل خواص دیافراگمی خوبشان، بیشترو بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند. یکی از ویژگی های‌این مواد، ایجاد یک کشیدگی کاملا خَطی (مطابق باقانون هوک) روی سطح آنها هنگام اعمال فشار است. این اثردر اصول تبدیل زیر استفاده می شود.

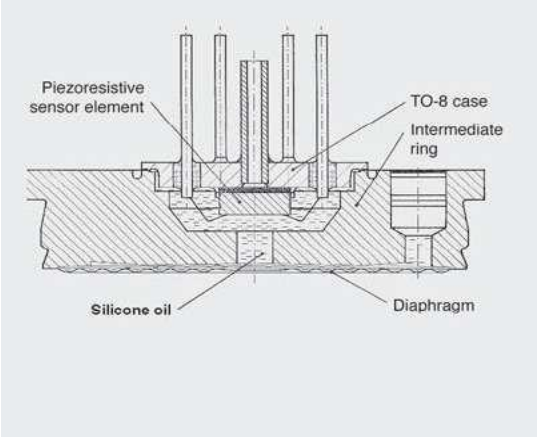
تبدیل‌دیافراگم

دربیشتر موارد تبدیل مبتنی بر دیافراگم، از دیافراگم های دایره ای‌یا دیافراگم های حلقوی استفاده می شود. این دیافراگم هارا می توان نسبتا بّه راحتی محاسبه و تولید کرد.

مشخصه‌تنش در یک دیافراگم دایره ای در شکل ۳۲.۱ نشان داده‌شده است. کرنش سنج به سمتی که رو به محیط نیست،اعمال می شود. یکی از مزایای این دیافراگم ها این است‌که می توان محدوده اندازه گیری را با تغییر قطر دیافراگم‌یا ضخامت دیافراگم تنظیم کرد. هنگام انتخاب قطر وضخامت، معمولا دّیافراگمی انتخاب می شود که حداکثر کشیدگی‌آن حدود ۱.۱ تا ۳.۱ اینچ بر فوت ۹۰۰(تا ۱۱۰۰ میلی متر برمتر) باشد. این معادل کشیدگی حدود ۰.۰۱٪ است.

محدوده‌فشاری که این دیافراگم های دایره ای و حلقوی در آن‌استفاده می شوند بین حدود ۱۵ PSI و تقریبا ۱(تا۴۰۰۰ بار) است.

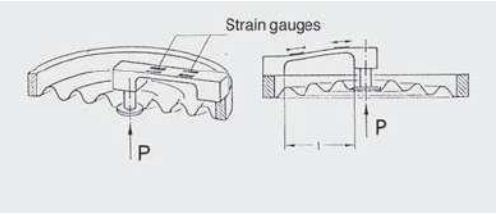
نوع‌متفاوتی از تبدیل مبتنی بر دیافراگم در حسگرهای پیزومقاومتی مبتنی بر مواد نیمه هادی اعمال می شود. از آنجایی‌که ماده دیافراگم (سیلیکون) و اتصال الکتریکی حسگر فشارواقعی بسیار حساس و با اکثر محیط ها ناسازگار است،فشار باید با استفاده از یک دیافراگم جداکننده و یک مایع‌انتقال فشار به دیافراگم سیلیکونی هدایت شود. روغن سیلیکون‌عمدتا بّه عنوان واسطه انتقال فشار استفاده می شود.سپس از دیافراگم های پیچ خورده ساخته شده از فولادضد زنگ در سمت رو به محیط استفاده می شود.



شکل۱.۳۷کپسوله شده
حسگرپیزومقاومتی

تبدیل سنسور خمشی

روش های‌تبدیل مبتنی بر اصل تیر خمشی، به ویژه برای کرنش سنج های‌لایه نازک، موفقیت آمیز بوده اند. با این اصل،فشار معمولا بّا استفاده از یک دیافراگم نصب شده روی‌شفت، اندازه گیری شده و به یک تیر خمشی ثابت با یک‌میله رابط که از طریق یک انتقال مکانیکی عمل می کند، منتقل‌می شود. ورود نیرو باعث می شود**پرتو خمشی**برای تغییرشکل به شکل S. کرنش سنج ها به مناطقی که بیشترین‌فشردگی یا کشیدگی را دارند اعمال می شوند و برای‌تشکیل یک پل وتستون با هم ترکیب می شوند.



شکل۱.۳۸سنسور خمشی

مزیت‌اصلی این سنسور خمشی، تولید کم هزینه آنهاست، زیراهزینه های فرآیندهای لایه نازک متناسب با مساحت سطح‌درگیر افزایش می یابد و تیرهای خمشی ابعاد بسیار کوچکی‌دارند.

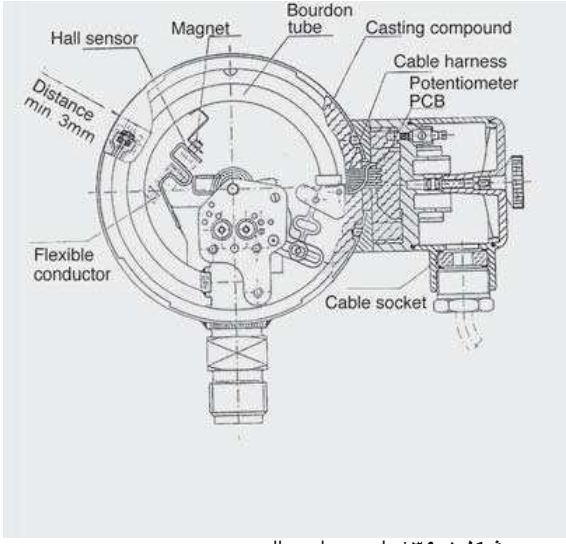
این‌اصل تبدیل در محدوده فشار بین 10PSI و تقریبا PSI 10،000(0.6 بار تا 600 بار) استفاده می شود.

اصول‌حسگر با اندازه گیری جابجایی

اصول‌حسگر مبتنی بر اندازه گیری جابجایی با حسگرهای دارای‌کرنش سنج متفاوت است، اگرچه در هر دو مورد فشاراز طریق یک دیافراگم به نیرویی تبدیل می شود که سپس‌یک انحراف قابل اندازه گیری ایجاد می کند.

سنسورهای‌اثر هال

حسگر اثر هالیک حسگر میدان مغناطیسی است که انحراف‌دیافراگم یا لوله بوردون را برای اهداف اندازه گیری فشاراندازه گیری می کند. این تغییر موقعیت یا تغییر میدان مغناطیسی‌به یک سیگنال خروجی متناسب با فشار تبدیل می شود.بنابراین با این سیستم می توان، به عنوان مثال، میزان‌حرکت لوله بوردون را اندازه گیری کرد و یک نشانگر آنالوگ(یعنی یک اشاره گر) برای نمایش همزمان مقدار اندازه گیری‌شده به صورت بصری داشت.



شکل۱.۳۹فشارسنج اثر هال

امروزه،این اصل اندازه گیری در کاربردهایی استفاده می شودکه عناصر انعطاف پذیر موفقیت آمیز بوده اند. این ابزارهاعلاوه بر نشانگرهای داخلی خود، بدون نیاز به نصب ابزاراندازه گیری دوم، سیگنال خروجی آنالوگ نیز تولید می کنند.

سنسورهای‌خازنی

ظرفیت‌خازن الکتریکی به صورت زیر تعریف می شود:

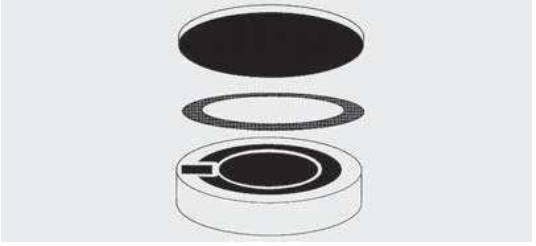
$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_R \cdot \frac{A}{l} \qquad (1\text{-}27)$$

$$\text{where } \varepsilon_0 = \frac{1}{36} \cdot 10^{-11} \cdot \frac{F}{cm}$$

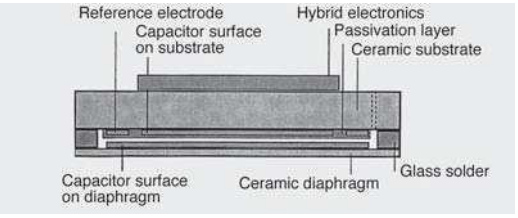
(ε_0 = Dielectric constant of empty space)

اگرفرض کنیم که مقدار ε و اندازه ناحیه ِفعال عملا ثّابت بمانند،ظرفیت خازن را می توان از فاصله بین سطوح خازن تعیین‌کرد. این اندازه گیری غیرمستقیم فاصله بین صفحات خازن‌در حسگرهای فشار خازنی که اکنون رایج هستند، استفاده‌می شود.

برای‌مثال، بخشی از سطح یک دیافراگم دایره ای به عنوان یکی‌از صفحات خازن استفاده می شود، در حالی که سطح دوم‌خازن توسط صفحه پایه ثابت و بی حرکت تشکیل می شود.



شکل۴۰.۱ساختار یک خازن حسگر



شکل۴۱.۱طراحی اولیه سرامیک حسگر

درشکل ۴۱.۱، الکترودهای نشان داده شده روی بدنه پایه یک حسگرسرامیکی و الکترود زمین روی دیافراگم، با هم ظرفیت های‌خازنی C را تشکیل می دهند.

ظرفیت مرجع(.به همین ترتیب در امتداد لبه دیافراگم قرارگرفته است. الکترود مرجع در بیرونی ترین ناحیه دیافراگم‌قرار می گیرد زیرا در اینجا (تا حد امکان نزدیک به ثابت‌کننده دیافراگم) هیچ تغییری در فاصله بین الکترودها وجودندارد. این خازن مرجع برای تعیین **ثابت های دی الکتریک** استفاده می شود)Cبرای تعیین جریان مقداراندازه گیری شده. رابطه بین فشار و ظرفیت خازنی به شرح‌زیر است:

$$p = (C_p - C_R) / C_p \qquad (1\text{-}28)$$

بااستفاده از Al_2O_3 به عنوان ماده ی دیافراگم، انحراف آن عملا خطی است. جبران غیرخطی بودن ریاضی ناچیز تقریباً ۱٪بسیار آسان است.

برای‌دریافت سیگنال، خازن به عنوان بخشی از یک .**مدار نوسانی** متصل می شود که با ولتاژ متناوب فرکانس بالاتغذیه می شود و فرکانس طبیعی آن با بزرگی خازن تغییر می کند. به دلیل ولتاژ تغذیه فرکانس بالا و تداخل مرتبط با آن از خازن های کابل، رطوبت و غیره، سنسورهای فشار خازنی‌تقریبا همیشه با یک اصلاح کننده سیگنال یکپارچه، عمدتا با استفاده از ASIC (ASIC = مدار مجتمع با کاربرد خاص) استفاده می شوند.

فاصله‌بین الکترودها تقریبا برابر با 0.004 اینچ (0.1 میلی متر) است. حداکثر انحراف دیافراگم تقریبا 1 اینچ (25 میلی متر) است. یکی از مزایای بزرگ سنسورهای فشار خازنی،توانایی آنها در تحمل اضافه بارهای زیاد به دلیل تماس‌دیافراگم با بدنه سنسور است. به عنوان مثال، محدوده های‌اندازه گیری کوچک می توانند تا 100 برابر اضافه‌بارها را تحمل کنند.

دیافراگم هادر دمای حدود ۹۰۰ درجه سانتیگراد به پایه جامد لحیم‌می شوند.درجه F ۵۰۰(درجه) استفاده از حلقه لحیم. ضخامت‌دیافراگم خاص به محدوده فشار خاص بستگی دارد.

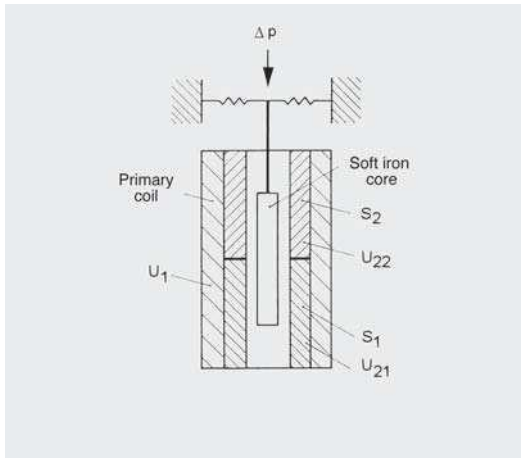
سلول های اندازه گیری سرامیکی خازنی سیگنال حسگر تقریبا 10 برابر بزرگتر از سنسورهای پیزومقاومتی دارند. این سیگنال‌بالا در فرستنده ها برای گسترش محدوده اندازه گیری‌استفاده می شود. آنها همچنین برای فشارهای بسیارپایین از 1 اینچ آب (2.5 میلی بار) مناسب هستند.

سنسورهای القایی

سیستم های حسگر القایی که امروزه معمولا مّورد استفاده قرار می گیرند، عمدتا بّا **ترانسفورماتورهای دیفرانسیل** کار می کنند یا با تنظیماتی که در آنها تغییر مقاومت مغناطیسی اندازه گیری می شود.

شباهت این سیستم ها این است که آنها باید موقعیت هسته آهن نرم یا صفحه میرایی را حدود 0.02 تا 0.04 اینچ (0.5تا 1 میلی متر) تغییر دهند تا جریان مغناطیسی بین سیم پیچ های اولیه و ثانویه را تحت تأثیر قرار دهند. این کار بااستفاده از فنرهای دیافراگمی یا لوله های بوردون انجام می شود.

به‌دلیل جابجایی نسبتا زّیاد و جرم هسته آهن نرم یا صفحه میرایی، سنسورهای فشار القایی فقط برای اندازه گیری فشارهای استاتیک استفاده می شوند.

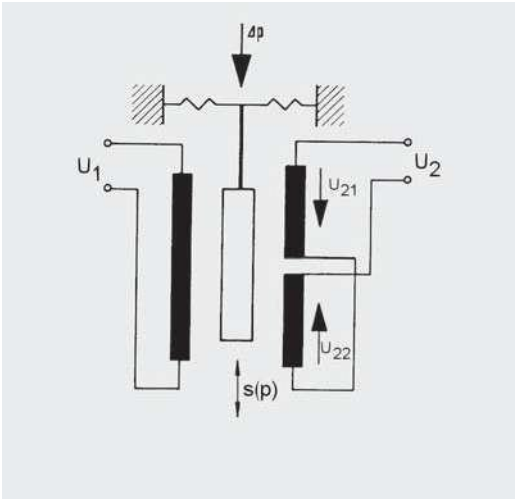


شکل ۱.۴۲ شماتیک یک سنسور LVDT

شکل۱.۴۲ نحوه ی عملکرد یک حسگر LVDT (LVDT = ترانسفورماتورتفاضلی متغیر خطی) را نشان می دهد. سیم پیچ‌اولیه با ولتاژ متناوب U تغذیه می شود. این ولتاژ متناوب‌به سیم پیچ های ثانویه S منتقل می شود. ولتاژالقایی مشروط به موقعیت است

$$U_2 = U_{21} - U_{22} = k \cdot s(p) \cdot U_1 \qquad (1\text{-}29)$$

ازهسته یا صفحه آهنربا و کوپلینگ ترانسفورماتور حاصل. سیگنال‌خروجی مورد نیاز با یکسوسازی و تقویت ولتاژ تولید می شود.



شکل ۱.۴۳ شماتیک یک سنسور LVR

آغازگرهای‌شیاری، طراحی خاصی از حسگر LVR هستند (LVR = رلوکتانس متغیر خطی) که در آن تغییر میرایی مغناطیسی‌تحت تأثیر تغییر عمق غوطه وری یک پرچم فلزی متصل‌به یک عنصر اندازه گیری انعطاف پذیر در شیار آغازگر قرارمی گیرد.

ابزارهای‌اندازه گیری فشار با آغازگرهای شیاردار امروزه به ندرت مورداستفاده قرار می گیرند، زیرا با استفاده از اصول حسگر که به‌تلاش بسیار کمتری نیاز دارد، می توان به نتایج به همان اندازه خوب‌دست یافت.

سنسورهای‌پتانسیومتری

سنسورفشار پتانسیومتری نوعی از **حسگر مقاومتی** که است. زمانی به طور گسترده مورد استفاده قرار می گرفت ،به دلیل طول عمر کوتاهش، دیگر به ندرت برای کارهای‌اندازه گیری دشوار استفاده می شود. این به دلیل بارگذاری‌زیاد عناصر مقاومتی است. عناصر مقاومتی در تماس‌مکانیکی مداوم با لغزنده هستند که به عنوان یک تقسیم کننده‌ولتاژ طراحی شده است.

علاوه‌بر این، برای انحراف اسلایدر، جابجایی نسبتا زّیادی از عنصراندازه گیری انعطاف پذیر مورد نیاز است، واقعیتی که استفاده‌از سنسور را برای مشخصه های فشار دینامیکی تا حدزیادی محدود می کند. تماس مداوم بین اسلایدر و مسیر مقاومت‌همچنین اصطکاک ایجاد می کند که منجر به پاسخگویی‌کمتر و هیسترزیس (نه یک سیستم سنسور ایزوله) می شود.

مزیت‌اصلی سنسورهای پتانسیومتری، سازگاری آسان آنها است،یعنی با ابزارهای نوع اشاره گر که در آنها لغزنده پتانسیومتربه شفت اشاره گر متصل است. این بدان معناست‌که مقدار مقاومت (و در نتیجه ولتاژ حسگر) مستقیما بّین شروع هادی و لغزنده تغییر می کند.

سایراصول حسگر

علاوه‌بر ابزارهای مبتنی بر سیستم های اندازه گیری فشار الکتریکی‌که در بالا ارائه شد، انواع دیگری از ابزارها برای اندازه گیری‌فشارهای کم و زیاد وجود دارند که عبارتند از:

-مک لئود **گیج های فشرده سازی**

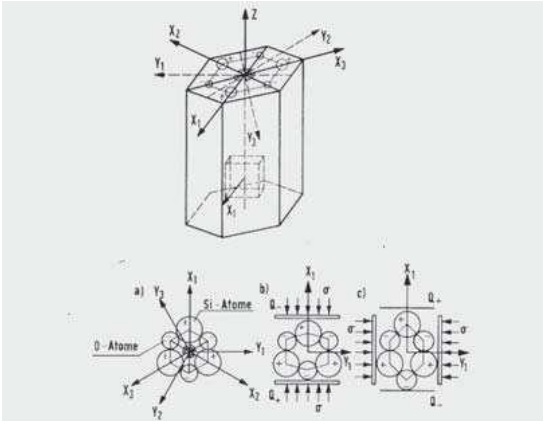
- **گیج های‌خلاء پیرانی** بر اساس اصل رسانایی حرارتی

- **فشارسنج های‌یونیزاسیون**
- **فشارسنج های‌اصطکاکی**که از اصطکاک داخلی گازها به‌عنوان مبنایی برای اندازه گیری فشار استفاده می کنند

بااین حال، این سیستم ها در اندازه گیری فشار صنعتی اهمیت‌کمی پیدا کرده اند.

اثرپیزوالکتریک

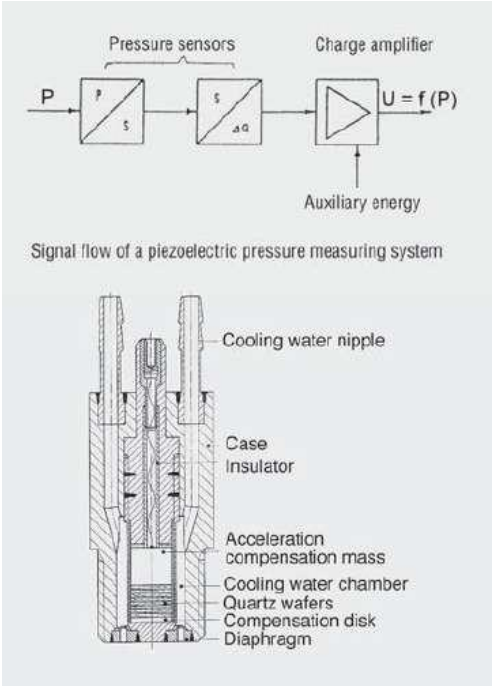
اثر پیزوالکتریکدر سال ۱۸۸۰ توسط پیر کوری کشف شد.او دریافت که وقتی مواد خاصی تحت بارگذاری مکانیکی‌قرار می گیرند، بار الکتریکی روی سطح آنها تشکیل می شود.این بار متناسب با نیروی وارده است و بنابراین می تواندبرای اهداف اندازه گیری فشار استفاده شود. این موادبرای تبدیل متغیر اندازه گیری شده فیزیکی به هیچ نیروی‌خارجی نیاز ندارند.



شکل۱.۴۴اصل کار پیزو-
اثرالکتریکی

درحسگرهای پیزوالکتریک، از یک دیافراگم برای تبدیل فشار به‌نیروی مکانیکی استفاده می شود. سپس این نیروی مکانیکی‌با استفاده از اثر عرضی از طریق میله های پیزومقاومتی‌منتقل می شود، یعنی بار روی سطوح بدون بار تشکیل‌می شود. کریستال هایی مانند تورمالین و کوارتز یا سرامیک هایی‌مانند زیرکونات سرب و تیتانات زیرکونیوم سرب‌می توانند به عنوان مواد حسگر استفاده شوند.

سنسورهای‌پیزوالکتریک عمدتا بّرای اندازه گیری فشارهای دینامیکی‌مفید هستند، زیرا با تغییرات فشار آهسته یا با فشارهای‌استاتیک، بارها از طریق مقاومت های عایق محدودتخلیه می شوند. تقویت کننده هایی با مقاومت های ورودی‌بسیار بالا برای آماده سازی سیگنال مورد نیاز هستند.



شکل۱.۴۵فشار پیزوالکتریک حسگر

حسگرهای‌پیزوالکتریک به ویژه در**سیستم های‌نظارت بر موتور** محبوب شده اند. برای بهینه سازی فرآیندهای احتراق‌موتور. در این کاربرد، آنها به دلیل خواص ویژه حسگر مانندپاسخ دینامیکی، وضوح بالا با دقت 0.1٪ از محدوده اندازه گیری‌و محدوده دمای عملیاتی بالا، رتبه بالایی دارند.

اصول‌حسگر برای سیستم های بازرسی و کالیبراسیون

برخلاف‌حسگرهای فشار برای کاربردهای صنعتی، که استحکام‌و سهولت کار مهم هستند، معیار حیاتی برای حسگرهای‌مورد استفاده در بازرسی و کالیبراسیون، سیگنال بادقت بالا است. به همین دلیل، حسگرهای فشار آنالوگ-دیجیتال ...

تعدادی از این حسگرها که به‌طور گسترده برای این کاربرد استفاده می شود درزیر شرح داده شده اند.

حسگرمارپیچ کوارتز

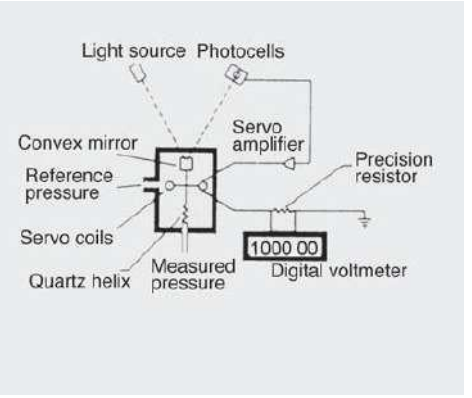
سنسورهای‌مارپیچ کوارتزمبتنی بر هستند **اصل جبران نیرو** یعنی فشار به سمت مارپیچی هدایت می شود که از شیشه‌کوارتز مخصوص ساخته شده است.



شکل۱.۴۶حسگر مارپیچ کوارتز

درحالت بدون بار (فشار صفر)، پرتو نوری که توسط یک منبع‌نور تولید می شود، از یک آینه محدب به یک نقطه مشخص‌در یک آرایش فتوسل منعکس می شود. هنگامی که‌فشار به مارپیچ اعمال می شود، مارپیچ سعی در چرخش می کندو باعث می شود آینه محدب از موقعیت صفر خود خارج‌شود.

انحراف‌پرتو نور، بسته به جهت چرخش، ولتاژ مثبت یا منفی‌در فتوسل ها تولید می کند. این ولتاژ به یک تقویت کننده‌سروو و از آنجا به دو سلونوئید که به عنوان بخشی‌از سیستم سروو به بازوهای روی سنسور متصل هستند،هدایت می شود.



شکل۱.۴۷ سیستم مارپیچ کوارتز

سیم پیچ های‌سروو در داخل یک میدان مغناطیسی تولید شده‌توسط آهنرباهای دائمی قرار گرفته اند. جریان جاری، نیرویی‌در این سیم پیچ های سروو ایجاد می کند که نیروی چرخشی‌فشار را خنثی می کند. قدرت جریان تا زمانی که پرتونور منعکس شده از آینه محدب به موقعیت اولیه خود بازگردد،افزایش می یابد. نیروی چرخشی تولید شده توسط فشارتوسط نیروی مغناطیسی جبران می شود. از آنجایی که نیروی‌مخالف مستقیما با جریان جاری متناسب است، می توان‌سیگنال اندازه گیری را به شکل ولتاژ با استفاده از یک‌مقاومت دقیق خواند.

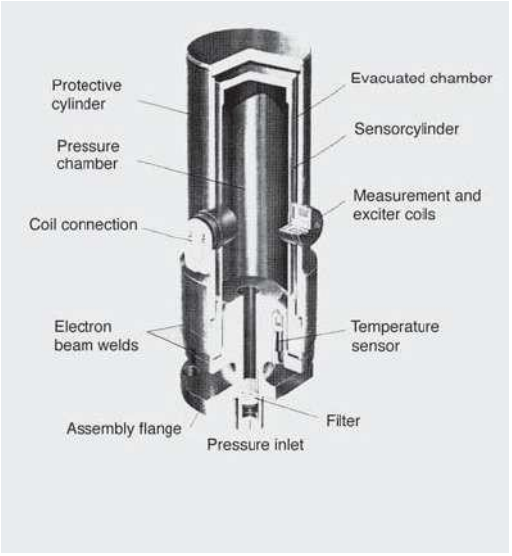
این‌اصل اندازه گیری به لطف خطی سازی داخلی و حذف تمام‌حرکات مکانیکی بدون خطای هیسترزیس قابل اندازه گیری،بسیار دقیق است. این سیستم های حسگر می توانند فشار را از 30 اینچ آب تا 2500 PSI (70 میلی بار تا170 بار) با دقتی تا ≥ ٪0.01 اندازه گیری کنند از محدوده اندازه گیری.

سیلندرارتعاشی

بااستفاده از این اصل حسگر که در دهه ۱۹۵۰ توسعه یافت، فشاربه یک استوانه فلزی هدایت می شود. سپس این بدنه فلزی‌توخالی توسط سیم پیچ های محرک طوری تنظیم می شودکه با رزونانس طبیعی خود (تقریبا ۵ کیلوهرتز) ارتعاش‌کند. هنگامی که فشار اعمال می شود، این فرکانس طبیعی‌به صورت غیرخطی اما با قابلیت تکرار بالا تغییر می کند.یک سیگنال خروجی متناسب با فشار و جبران شده بادما تولید می شود.

بااستفاده از یک تابع خطی سازی دیجیتال که در ریزپردازنده ادغام‌شده است، تولید می شود.

این‌نوع سنسور به دلیل نیروی زیادی که برای سیلندر و تنظیم‌سیگنال لازم است، صرفا بّرای سیستم های اندازه گیری‌فشار با درجه بالا استفاده می شود. دقت هایی بین0.01٪ تا 0.02٪ از بازه اندازه گیری امکان پذیر است. با این‌سیستم، سیگنال سنسور تحت تأثیر چگالی گاز محیط تحت‌فشار قرار می گیرد؛ بنابراین، سنسور باید برای گاز مناسبی‌مانند نیتروژن یا هوای خشک کالیبره شود. محدوده فشارتا 600 PSI (40 بار) قابل اندازه گیری است.



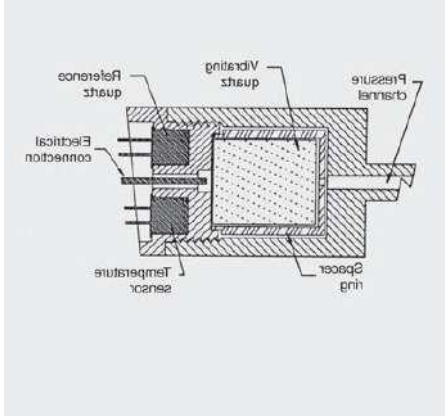
شکل۱.۴۸ حسگر کوارتز ارتعاشی

حسگرکوارتز ارتعاشی

سنسورهای‌کوارتز ارتعاشیبرای فشارهای بالا تا 25000 PSI (1600 بار) استفاده می شوند. قلب سنسور فشار یک کریستال‌کوارتز استوانه ای است. نیروی مکانیکی ناشی از فشار،تغییر فرکانس رزونانس را در کریستال کوارتز ایجاد می کندکه بخشی از یک مدار رزونانس را تشکیل می دهد. یک‌کریستال کوارتز دوم که تحت فشار نیست، به عنوان مرجع‌عمل می کند. سیگنال خروجی فرکانس آن به عنوان سیگنال‌مرجع استفاده می شود که می تواند

به‌عنوان مبنای زمانی شمارنده فرکانس استفاده می شود. همچنین‌با سیگنال فرکانس وابسته به فشار ترکیب می شودتا یک سیگنال خروجی غیرخطی متناسب با فشار تشکیل‌دهد.

اثردما بسیار ناچیز است زیرا از کریستال های کوارتز استفاده‌می شود. با این حال، می توان از یک سیگنال فرکانسی‌از یک کریستال کوارتز وابسته به دما نیز برای جبران‌دقیق دما استفاده کرد.

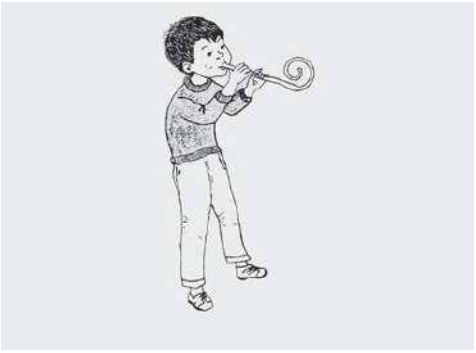


شکل۴۹.۱کوارتز ارتعاشی

ابزارهای‌اندازه گیری فشار مکانیکی با لوله های‌بوردون

۱.۴ابزارهای اندازه گیری فشار با المان های‌اندازه گیری انعطاف پذیر

آغازقرن نوزدهم شاهد توسعه اولین موتورهای بخار و وسایل‌نقلیه بخار بود. محدوده فشارسنج ستون مایع که توسطاتو فون گوئریکه (1602 تا 1686) اختراع شده بود، برای‌این ماشین ها قابل استفاده نبود. ستون آبی که اتو فون‌گوئریکه به خانه خود متصل کرده بود، بیش از 32 فوت‌ارتفاع داشت، اما پیشرفت های صنعتی نیاز به اندازه گیری‌فشارهای بسیار بالاتری داشت. بارگذاری مکانیکی‌ناشی از ارتعاش نیز افزایش یافته بود. بنابراین در اواسطقرن گذشته تقاضای فوری برای ابزارهای اندازه گیری مناسب تروجود داشت. ابزارهای اندازه گیری فشار آشنای امروزی‌با عناصر انعطاف پذیر (لوله های بوردون، دیافراگم هاو کپسول ها) همگی تنها در عرض چند سال توسعه‌یافتند.



شکل۱.۵۰پسری با روبان کاغذی

فشار،شکل عنصر اندازه گیری را متناسب با فشار اعمال شده‌تغییر می دهد. برخلاف نوار کاغذی، یک فشارسنج انعطاف پذیرفلزی درون‌یک مواد

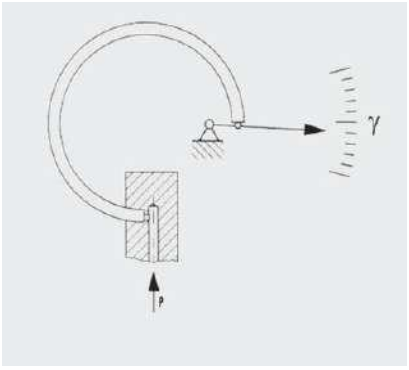
اولین‌فشارسنج با عنصر اندازه گیری انعطاف پذیر، **فشارسنج‌لوله بوردون**اگرچه در سال ۱۸۴۶ توسط یک مهندس‌آلمانی به نام شینز اختراع شد (او اولین**لوله های اندازه گیری**(در سال)۱۸۴۵، این مهندس فرانسوی بوردون بودکه سرانجام در سال ۱۸۴۸ حق ثبت اختراع این عنصر اندازه گیری‌را دریافت کرد و نام خود را به این دستگاه داد. دوسال بعد، در سال ۱۸۵۰، مهندس مکانیک برنهارد شفر، آن‌را اختراع کرد.**گیج فشار دیافراگمی**او به عنوان یکی از بنیانگذاران‌شرکت شفر و بودنبرگ در ماگدبورگ آلمان، سال هابر حوزه اندازه گیری فشار تأثیر گذاشت.**سیستم کپسول**مشتق شده از سیستم دیافراگم است.

اصل‌عملیاتی

اگردر یک لوله کاغذی لوله شده مانند یک نوار کاغذی بدمید، تحت‌فشار به بیرون می غلتد. لوله کاغذی صاف شده، که از داخل‌تحت فشار قرار گرفته است، سعی می کند سطح مقطع‌دایره ای خود را بازیابد و صاف شود. همین اثر برای المان های‌اندازه گیری فشار انعطاف پذیر فلزی نیز استفاده می شود.

شکل۱.۵۱اندازه گیری با لوله بوردون عنصر

از انرژی جنبشی برای تقویت حرکت نسبتا کوچک انتهای لوله و تبدیل‌آن به حرکت چرخشی استفاده می شود. عقربه ای که روی‌یک صفحه مدرج حرکت می کند، فشار خوانده شده را نشان‌می دهد.



شکل۱.۵۲ اندازه گیری با لوله بوردون عنصربا اشاره گر

اساساً،یک ابزار اندازه گیری فشار با یک عنصر انعطاف پذیر ازسه بخش عملکردی تشکیل شده است: یک عنصر انعطاف پذیر**عنصر اندازه گیری**، یک **اکتویتور** و یک **ایندیکیتور**.

عنصراندازه گیری، فشار**P** را تبدیل می کند به صورت جابجایی‌حرکت**s**، جابجایی را تشدید می کند**s** و آن را به زاویه‌چرخش γ تبدیل می کند. صفحه مدرج با مقیاسی مدرج‌تا **c** مشخص شده است.

حتما بخوانید

المان های‌اندازه گیری انعطاف پذیر

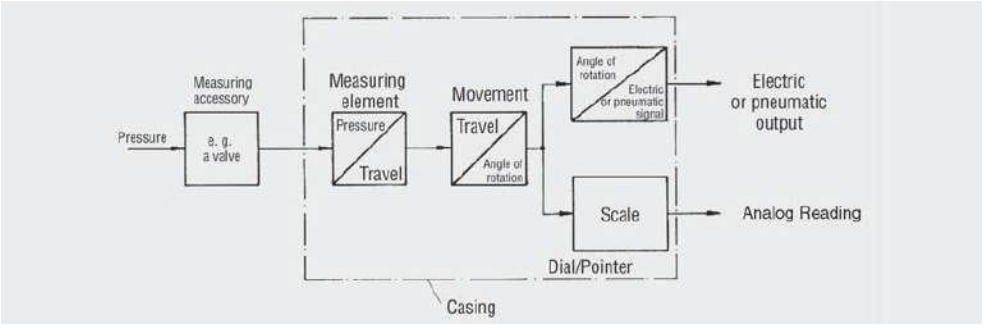
عناصراندازه گیری انعطاف پذیر که کاربرد رایجی دارند درشکل ۵۴.۱ نشان داده شده اند. به طور کلی، آنها **لوله بوردون**و**عناصر میانگین دیافراگم** هستند. با طرح های متنوع.

۱لوله بوردون

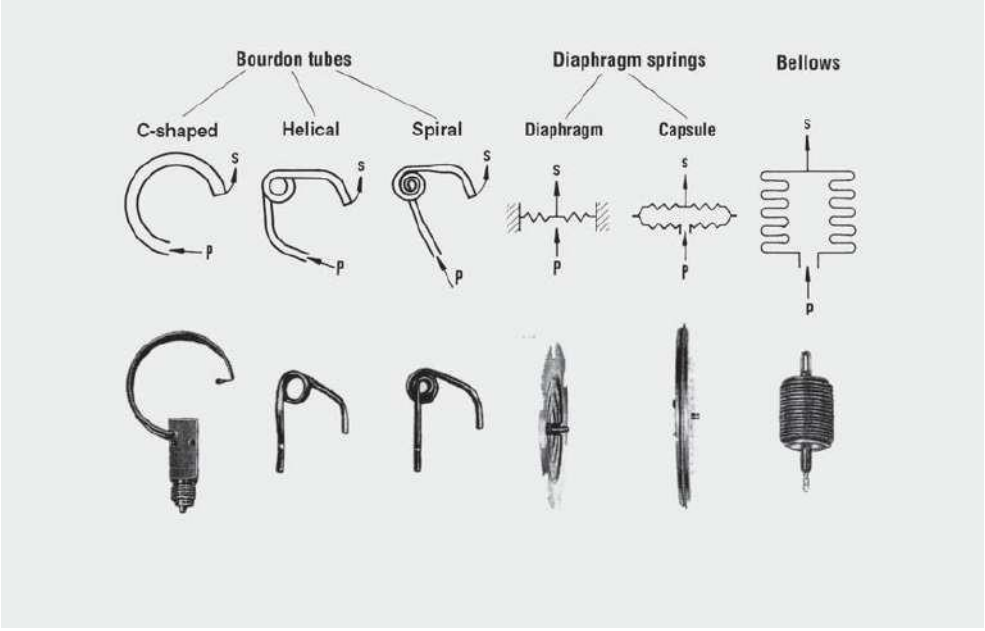
لوله های‌دان از لوله های فلزی با سطح مقطع دایره ای‌ساخته می شوند. سطح مقطع g صاف شده وسپس لوله صاف شده به شکل دایره یا مارپیچ در می آید.

اگرفشاری به داخل لوله وارد شود، قسمت مسطح شده‌سعی می کند سطح مقطع دایره ای سابق خود را بازیابد.

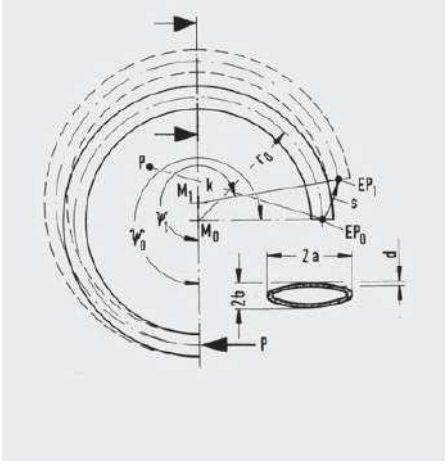
تنش های‌شعاعی در لوله منجر به افزایش شعاع r_0 می شود وبه جابجایی انتهای لولهs. جابجایی نقطه انتهایی EP_1تا EP_0 را می توان به عنوان حرکتی پیرامونی در حول **نقطه‌پایه P**در نظرگرفت. در یک مقطع دایره ای لوله ، شعاع ثابت می ماند- واقعیتی که لوله کش ها به خوبی به آن توجه کرده اند.وقتی لوله صاف می شود (b < a)، شعاع کاهش می یابد.اصول محاسبه چنین عناصر اندازه گیری توسط دکتردبلیو. ووست و دیگران منتشر شده است. این اصول درادامه ارائه می شوند.



شکل۱.۵۳ جریان سیگنال در ابزارهای اندازه گیری فشار با یک عنصر انعطاف پذیر



شکل۱.۵۴انواع اصلی عناصر اندازه گیری انعطاف پذیر



شکل۱.۵۵نحوه عملکرد یک لوله‌بوردون

ازآنجایی که ضخامت دیواره لوله بسته به محدوده فشار به طورقابل توجهی متفاوت است، باید بین المان های اندازه گیری‌فشار پایین با $\lambda > 1$ و المان های فشار بالا با $\lambda < 1$ تمایز قائل شد. ضریب λ از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\lambda = \frac{a^2}{d \cdot r_0} \qquad (1\text{-}30)$$

عامل‌اصلی برای اندازه گیری فشار، جابجایی فنر است که معیاری‌از فشار است. بزرگی آن‌را می توان به عنوان تابعی ازتغییر نسبی انحنای ω محاسبه کرد.

$$s = \omega \cdot \Psi_0 \cdot k' \cdot r_0 \qquad (1\text{-}31)$$

تغییرنسبی انحنا برابر است با

$$\omega = f_{(N,H)} \cdot \frac{a^4}{bd^3 \cdot E} \cdot p \qquad (1\text{-}32)$$

که در آن $f_{(N,H)}$: ضریب تغییر انحنای المان‌های فنر فشار پایین یا فشار بالا است.

ازآنجایی که جابجایی المان اندازه گیری شده فقط 0.08 تا 0.28اینچ (2 تا 7 میلی متر) است، مقادیر باید با یک حرکت مکانیکی‌بزرگنمایی شوند. هرچه گشتاور بازگرداننده بیشتر باشدم‌از پایان بهار، انتقال آسان تر است.

گشتاور بازیابیاست

$$M = (\Psi_0 - \Psi_1)\, f_M \cdot \frac{E \cdot J}{r_0 \cdot \Psi_0} \qquad (1\text{-}33)$$

جایی که **J**گشتاور سطح مقطع لوله است**f**ضریب ثابت سرعت‌فنر.

مانندسایر اجزا، مهم است که المان های اندازه گیری انعطاف پذیربیش از حد مجاز خود بارگذاری نشوند. حداکثر تنش های‌خمشی لوله های بوردون توسط الیاف داخلی قسمت"بالا" محدود می شود.



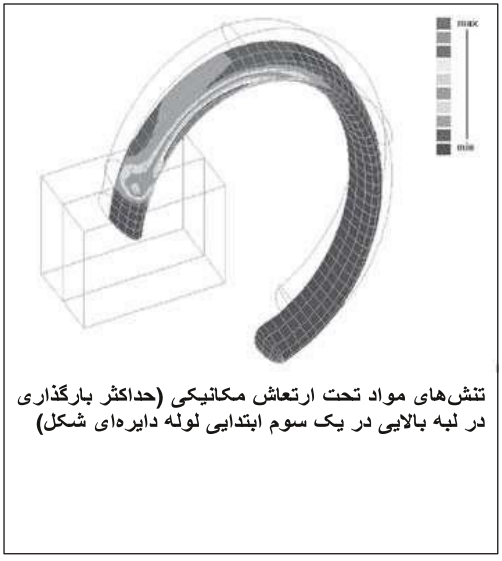
شکل۱.۵۶تنش های ماده در یک دایره لوله‌شکل داده شده تحت فشار داخلی؛حداکثر بارگذاری در کل طول لبه "بالا"، به جز در دو انتها

حداکثرتنش با رابطه زیر تعیین می شود

$$\sigma_{max} = f_{(N,H)} \cdot \left(\frac{a}{d}\right)^2 \cdot p \qquad (1\text{-}34)$$

شکل۱.۵۶ مشخصه تنش یک لوله بوردون بارگذاری شده با فشارداخلی را به شکل a نشان می دهد.**روش المان محدود**(نمودار FEM). ابتدا و انتهای لوله بوردون تحت تنش های‌کم قرار دارند. این به دلیل تقویت پروفیل بیضی شکل‌با بستن عنصر در نگهدارنده و بستن عنصر با درپوش انتهایی‌است. این همچنین به این معنی است که از دست دادن‌استحکام

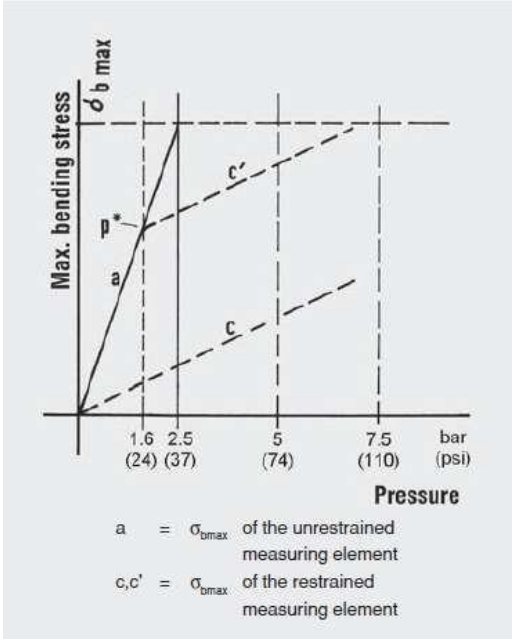
جوشکاری



تنش‌های مواد تحت ارتعاش مکانیکی (حداکثر بارگذاری در لبه بالایی در یک سوم ابتدایی لوله دایره‌ای شکل)

شکل۱.۵۷ تنش مشخصه همان لوله را هنگامی که تحت فشارداخلی نیست اما در عوض تحت نیروهای خارجی (مکانیکی) مانند ضربه یا ارتعاش قرار دارد، نشان می دهد. افزایش‌تنش به سمت پایه لوله باید مورد توجه قرار گیرد. ترکیبی‌از هر دو عامل احتمالا دَر کاربردهای صنعتی امروزی وجوددارد.

این‌تنش های مادی در لبه بالایی زمانی رخ می دهند که حرکت‌انتهای لوله مهار نشده باشد. یک عامل مهم در بسیاری‌از کاربردهای صنعتی،**محافظت در برابر اضافه بار تصادفی**و اقدامات حفاظتی موجود برای لوله های بوردون. شکل۵۸.۱ نمودار تنش یک لوله بوردون با فشار نامی ۳۰ PSI (حدود ۵.۲ بار) را نشان می دهد. منحنی "a" تابع تنش یک عنصرمهار نشده را نشان می دهد.



شکل۵۸.۱مشخصه تنش خمشی
لوله های‌بوردون با و بدون مهار

منحنی"c" تنش را با وجود قید در انتهای لوله نشان می دهد.حداکثر تنش خمشی در فشار نامی تقریبا 25٪ تنش‌عنصر اندازه گیری بدون قید است. اگر محدوده عملکرد عنصراندازه گیری در یک نقطه معین محدود باشد، به عنوان مثال‌در (~1.6 bar) p* = 25 PSI، تنش ماده ابتدا از منحنی"a" عنصر بدون قید پیروی می کند.

باافزایش فشار، در امتداد منحنی c'، که منحنی تنش المان مهارشده است، افزایش می یابد.

این‌روش در عمل می تواند برای ظرفیت اضافه بار تا پنج برابرفشار نامی استفاده شود. با این حال، نمی توان از آن به عنوان‌محافظت در برابر فشارهای بیش از حد مکرر یا مداوم استفاده‌کرد. برای این موارد، گزینه های دیگر باید با سازنده موردبحث قرار گیرد.

هندسه‌عناصر لوله و تلرانس های آنها تأثیر زیادی بر نتایج محاسبه شده‌فوق الذکر دارد. این امر مستلزم آن است که تولیدکنندگان‌به رویه های سختگیرانه توسعه محصول، کیفیت‌و بازرسی پایبند باشند تا لوله های بوردونی تولید کنندکه الزامات سختگیرانه کاربردهای صنعتی امروزی را برآورده‌سازند.

اصول‌طراحی برای هر سه شکل المان های لوله بوردون اعمال‌می شود؛ C شکل، مارپیچی و حلزونی. با این حال، لوله های‌مارپیچی تا حدودی استثنا هستند زیرا شعاع r در طول‌لوله کشیده شده تغییر می کند. در مقطع عرضی ثابت، بزرگترین‌تنش های خمشی در نقطه ای با بزرگترین شعاع یافت‌می شوند و با کوچک شدن شعاع، کاهش می یابند. از آنجایی‌که ابعاد باید بر اساس نقطه ای با حداکثر بارگذاری باشند،تولید لوله های مارپیچی اقتصادی نیست. به همین دلیل،ابزارهایی با لوله های مارپیچی عموما بّا ابزارهایی با لوله های‌مارپیچی جایگزین شده اند.

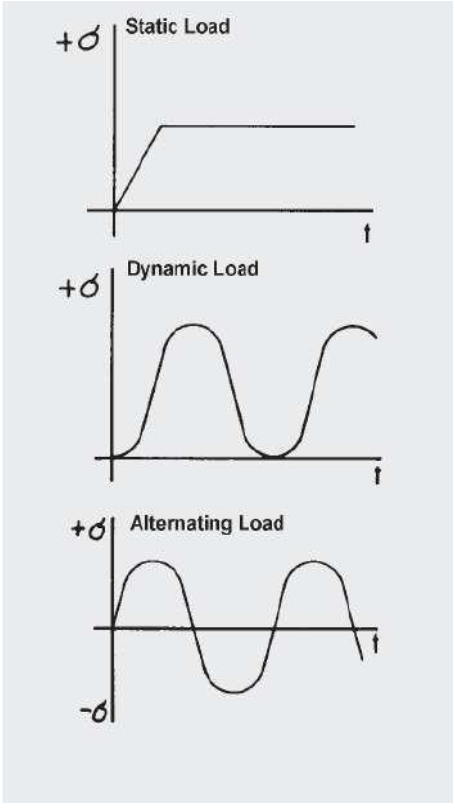
گذاراز المان اندازه گیری C شکل به المان اندازه گیری مارپیچی‌به قابلیت بارگذاری مواد لوله مورد استفاده بستگی دارد.به دو دلیل نمی توان به طور کامل به حد تسلیم رسید، یکی‌به دلایل ابعادی و دیگری به دلیل طول عمر. هر دو مورد درزیر بررسی می شوند. مشخصه زمانی بارگذاری، نقشی در حداکثربارگذاری مواد و در عین حال جلوگیری از شکستگی ایفامی کند.

سه‌نوع بارگذاری متمایز وجود دارد: بارگذاری استاتیک، دینامیکو متناوب (شکل 1.59).

حداکثرتنش مجاز ماده از نمودار چرخه تنش تعیین می شود که‌برای هر نوع ماده و نوع بار متفاوت است.

بارهای‌متناوب خالص، با تنش های مثبت و منفی،

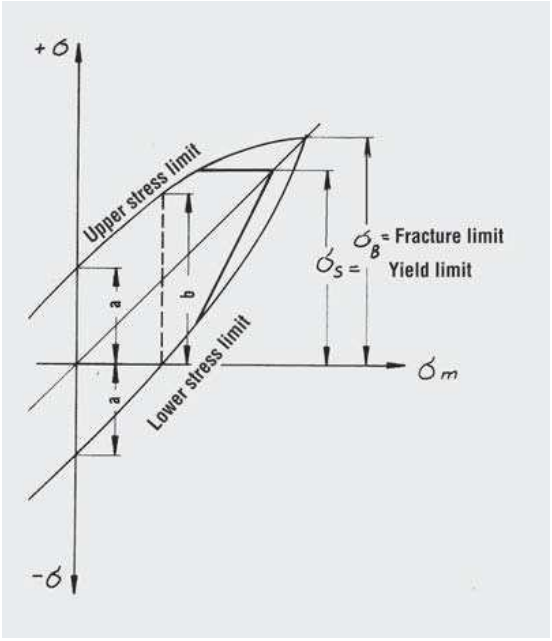
فشار.



شکل۱.۵۹انواع بارهای وارد بر اجزا

بارگذاری‌استاتیک، بارگذاری دینامیکی یا بارگذاری استاتیک بابارگذاری متناوب تعبیه شده.

برای‌جلوگیری از شکستگی ناشی از خستگی ناشی از بارهای دینامیکی،فقط از ۴۰ تا ۵۰ درصد حد تسلیم استفاده می شود.برای لوله های بوردون، انتهای محدوده اندازه گیری تقریبا دَر ۸۰ درصد حد تسلیم است.



حداکثرانحراف بار برای بار متناوب = a

حداکثرانحراف بار برای بار دینامیکی = b

شکل۱.۶۰نمودار چرخه تنش

این‌مشکلات در استانداردهای ملی و بین المللی برای گیج های‌فشار مورد توجه قرار گرفته اند که توصیه می کنند محدوده‌گیج فشاری بالاتر از فشار کاری انتخاب شود. هرچه اختلاف‌بین فشار کاری و محدوده مقیاس کامل گیج بیشتر باشد،طول عمر مفید آن بیشتر است.

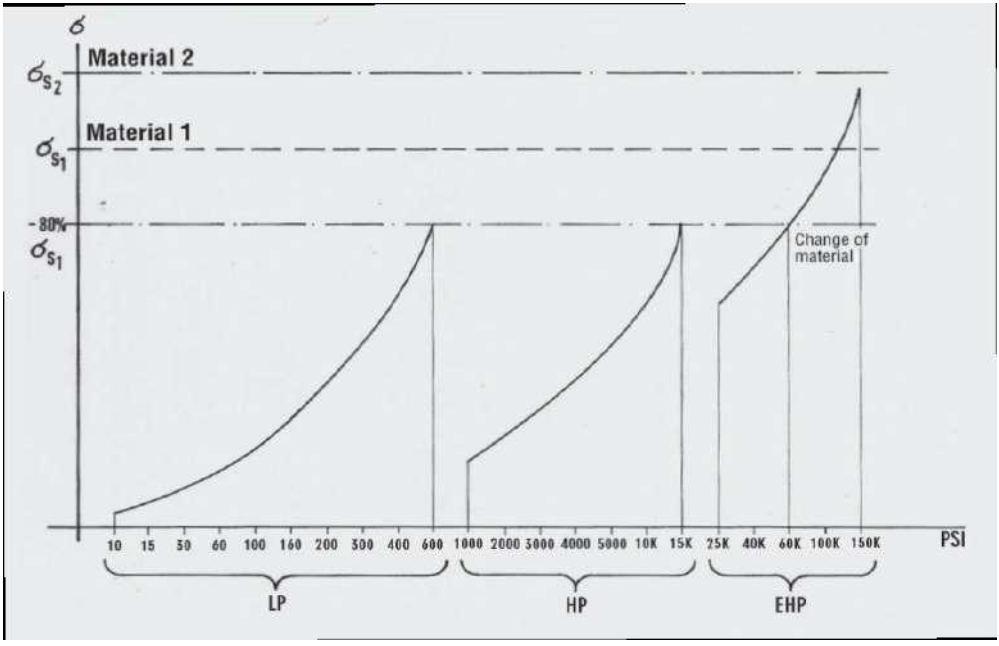
دریک سری از لوله های بوردون با ابعاد یکسان، لوله های بوردونی‌که دارای رتبه بندی فشار در مقیاس کامل بالاتری هستند،به مقدار بیشتری از حد تسلیم خود می رسند. شکل 1.61همبستگی بین حداکثر تنش ماده در 1.3 برابر محدوده مقیاس‌کامل و شکل لوله بوردون را نشان می دهد.

برای‌هر طرح لوله بوردون (یعنی C شکل یا مارپیچ)، ضخامت‌دیواره، نه ابعاد کلی لوله، برای افزایش محدوده فشارتغییر می کند. پس از رسیدن به حد تسلیم برای آن طرح‌لوله، باید از طرح متفاوتی برای کاهش تنش ها استفاده‌شود، همانطور که در شکل 1.61 نشان داده شده است.

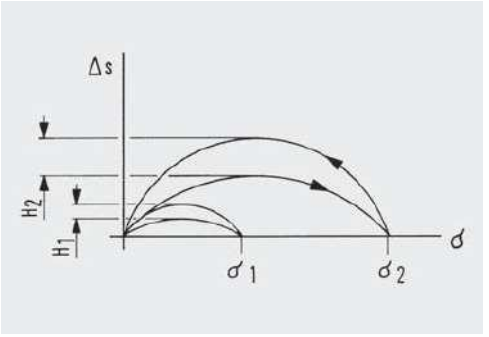
طراحی(فشار پایین) به شکل C است. برای فشارهای بالاتر HP (فشار بالا) از طراحی مارپیچی استفاده می شود. در نهایت،برای فشارهای حتی بالاتر EHP (فشار خیلی بالا) از جنس‌لوله ای با حدود تسلیم بالاتر استفاده می شود.

تولیدلوله بوردون دارای عدم قطعیت ذاتی خاصی است که توسطسازنده ابزار قابل تغییر نیست، یعنی عیوب سطحی درداخل لوله باعث کوتاه شدن طول لوله می شوند. آزمایش های تصادفی روی موجودی لوله ها،وسعت این مشکل را محدود می کند، اما نمی تواند آن‌را به طور کامل از بین ببرد.

مشخصه هیسترزیس مقدار یک ماده نقش عمده ای دربارگذاری ماده دارد. هنگامی که یک ماده تحت بارگذاری با تنش های‌فزاینده قرار می گیرد و منجر به کشش ماده می شود،در امتداد منحنی ای که بالای منحنی «صعود» قرار دارد،به مقدار اولیه خود باز می گردد (شکل).۶۳.۱



شکل۶۱.۱حداکثر استفاده از حد بازده در عناصر بوردون در ۳.۱برابر برد کامل (fsd.)



شکل۱.۶۲ رابطه بین بار و مشخصه‌هیسترزیس

تفاوت‌در قرائت ها بین حرکت "بالارونده" و "پایین رونده" به‌عنوان هیسترزیس شناخته می شود. این نشانگر است که به‌موقعیت صفر اولیه خود باز می گردد. بزرگی هیسترزیس تابعی‌از چندین عامل مانند بزرگی بار، کیفیت سطوح لوله و ساختارماده است. مشخصه هیسترزیس لوله های انعطاف پذیررا می توان با ... تغییر داد.**عملیات حرارتی** مختص‌مواد مختلف و کاربردهای مورد نظر آنها. بسته به روشی‌که لوله به سوکت متصل می شود مانند لحیم کاری، لحیم کاری‌سخت، رزوه کاری یا جوشکاری، این عملیات حرارتی‌روی لوله به تنهایی یا روی کل المان اندازه گیری انجام‌می شود. سیستم های جوشکاری شده برای کاهش کرنش های‌موضعی در مناطق جوش که بر مشخصه هیسترزیس‌تأثیر منفی می گذارند، تحت عملیات حرارتی قرارمی گیرند.

بارگذاری‌بیش از حد **تغییر شکل های دائمی** به این معنی است‌که عقربه پس از برداشتن بار به موقعیت صفر خود باز نمی گردد.این امر همچنین می تواند در موارد خاص توسط بارهای‌ضربه ای بیش از حد ایجاد شود.

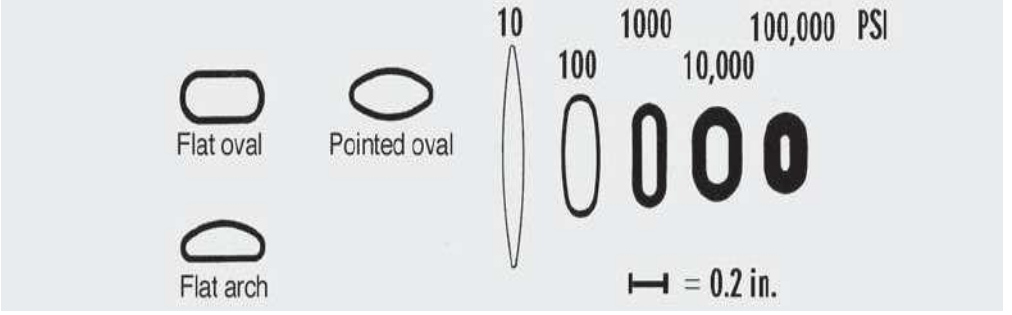
لوله هایی‌با مقاطع عرضی مختلف برای برآورده کردن نیازهای‌خاص مانند خطی بودن بهبود یافته، مقاومت در برابرضربه یا عمر طولانی توسعه یافته اند. آن ها از مواد مختلف‌و با شعاع های متنوع ساخته شده اند.

تصمیم گیری‌در مورد بهترین شکل لوله نیز یک موضوع اقتصادی‌است، زیرا ساخت برخی از نمونه های سطح مقطع‌نشان داده شده در زیر دشوارتر از سایرین است.

مواداستاندارد لوله بوردون در صنعت عبارتند از برنج/برنز، فولاد،فولاد ضد زنگ 316 و مونل. تولید لوله ها با مواد دیگردشوار است زیرا خرید مواد در اندازه و استحکام مورد نیازبرای مقادیر کم مورد تقاضا مقرون به صرفه نیست.

به‌عنوان مثالی از تعداد زیاد ابعاد لوله مورد استفاده، شکل 1.64مجموعه ای از لوله های بوردون مورد نیاز برای گیج های‌فشار 2 اینچی در محدوده فشار پایین (LP) را نشان می دهد.

به‌دلیل طراحی خاص، مشخصه دمایی گیج فشار لوله بوردون‌تقریبا بّه طور کامل به ... بستگی دارد.**وابسته به دما** تغییراز**مدول الاستیسیته**‌از



شکل۱.۶۳ مقاطع عرضی لوله های بوردون برای محدوده های فشار مختلف

لوله‌بوردون. این رابطه را می توان در جابجایی عنصر اندازه گیری‌نیز مشاهده کرد:

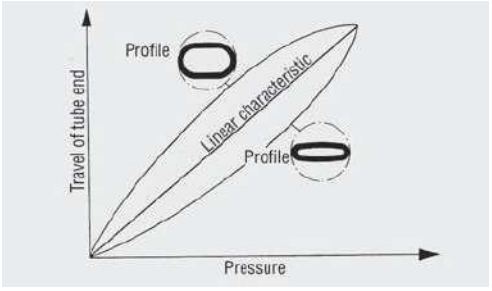
$$s = f(p) \cdot \frac{1}{E} \qquad (1\text{-}35)$$

افزایش‌دما منجر به مدول الاستیسیته‌کوچکتر و در نتیجه جابجایی‌بیشتر المان می شود و بالعکس.

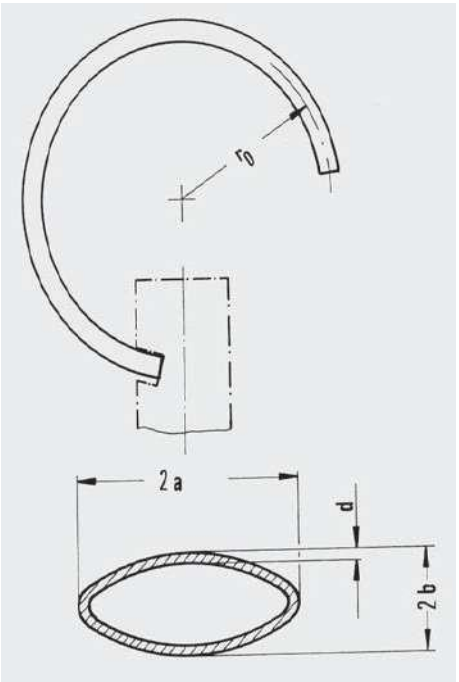
تغییرطول مواد سازنده ی یک دستگاه اندازه گیری وابسته به‌دما، منجر به بزرگ شدن کل سیستم اندازه گیری می شود.با این حال، اگر از مواد یکسانی برای همه اجزا استفاده‌شود، هیچ جابجایی در انتهای لوله نسبت به حرکت وجودنخواهد داشت و بنابراین هیچ خطای وابسته به دما در فشار«صفر» وجود نخواهد داشت.

طول‌عمر، دقت و مشخصه دمایی، همگی به انتخاب ابعاد وجنس بستگی دارند. به عنوان مثال، لوله های بوردون با قطرکوچک، به دلیل جرم کمتر، برای سیستم های ارتعاشی مانندکمپرسورها بهتر هستند. برای کاربردهایی با نوسانات فشارثابت مانند پرس های هیدرولیک، یک لوله بوردون بزرگ‌به دلیل تغییر شکل کمتر و کاهش خستگی مواد، مناسب ترین‌گزینه خواهد بود.

یک‌لوله بوردون با سطح مقطع دایره ای در برابر ضربات مکانیکی‌مقاوم تر است، اما ساخت مقاطع مسطح لوله آسان تراست.



شکل۱.۶۵ فشار-جابجایی
منحنی های‌لوله های بوردون



اندازه گیری محدوده[PSI]	ابعادپروفیل [در]		
	۲الف	۲ ب	د
۱۰	۰.۵۳۳۵	۰.۰۹۸۴	۰.۰۰۵۵
۱۵	۰.۵۳۷۶	۰.۱۰۶۳	۰.۰۰۵۹
۳۰	۰.۵۲۱۷	۰.۰۹۴۵	۰.۰۰۷۹
۶۰	۰.۴۰۵۵	۰.۱۰۴۳	۰.۰۰۷۱
۱۰۰	۰.۴۰۹۴	۰.۱۰۶۳	۰.۰۱۱۸
۱۶۰	۰.۴۱۱۴	۰.۱۰۶۳	۰.۰۱۱۸
۲۰۰	۰.۴۰۱۶	۰.۱۰۶۳	۰.۰۱۳۸
۴۰۰	۰.۳۹۹۶	۰.۱۲۲۰	۰.۰۱۵۷
۶۰۰	۰.۳۹۷۶	۰.۱۲۰۱	۰.۰۱۹۷

شکل۱.۶۴ بوردون های مختلف C شکل
ابعادلوله

منحنی‌فشار-جابجایی، همبستگی معمول بین شکل مقطع ونوع حرکت را نشان می دهد (شکل).۶۵.۱.۱ مقاطع دایره ای منجربه یک منحنی محدب و مقاطع مسطح منجر به یک منحنی‌مقعر می شوند. این غیرخطی بودن ها را می توان با ایجادتنظیماتی در حرکت به طور قابل توجهی کاهش داد.

مشخصه‌فشار-جابجایی را نمی توان بیش از حد افزایش داد.اگر با فشار بیش از حد، کشیدگی بیش از حد رخ دهد، ماده‌دچار تغییر شکل دائمی خواهد شد. این در مورد همه عناصراندازه گیری فشار انعطاف پذیر صادق است. یک ابزار اندازه گیری‌فشار با تغییر شکل دائمی پس از تخلیه فشار به‌صفر برنمی گردد.

منحنی حرکت نوک لوله بوردون شکل ۶۶.۱ نقطه ای رانشان می دهد که در آن تغییر شکل دائمی رخ می دهد؛ این‌نقطه با علامت "A" مشخص شده است. در کاربردهای واقعی،فشارسنج هرگز نباید تا این حد بارگذاری شود. حداکثرحد برای بارگذاری استاتیک (یعنی منفی) منحنی.این حد مربوط به کل محدوده مقیاس چاپ شده روی‌صفحه ساعت است.

وقتی‌فشار اندازه گیری شده دینامیک است (یعنی به طور متناوب‌بالا و پایین می رود)، مهم است که عنصر اندازه گیری**محدودیت فشار بار استاتیک** هرگز به این حد نمی رسدتا خطر فتیگ شدن مواد از بین برود. این حد با افزایش‌تعداد چرخه های بارگذاری کاهش می یابد.

اکثراستانداردهای مربوط به ابزارهای اندازه گیری فشار، حداقل‌تعداد چرخه های بارگذاری دینامیکی را ۲۰۰۰۰۰ تعیین می کنند.برای دستیابی به این هدف، حداکثر فشار "C" نباید از۹۰٪ حد بار استاتیک عنصر اندازه گیری تجاوز کند.

دربرخی کاربردها، حداکثر فشار عملیاتی توسط محدودیت های‌بار عنصر اندازه گیری تعیین نمی شود، بلکه توسطمحدودیت های بار سایر اجزای سیستم فشار (مانند لوله کشی) تعیین می شود و این محدودیت های فشار ممکن‌است به طور ویژه با یک علامت قرمز روی صفحه مدرج‌برجسته شوند.

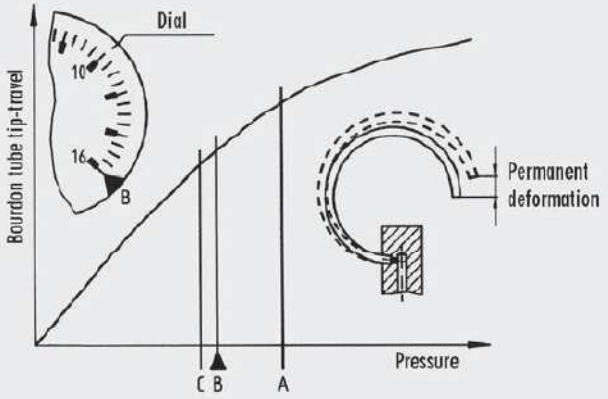
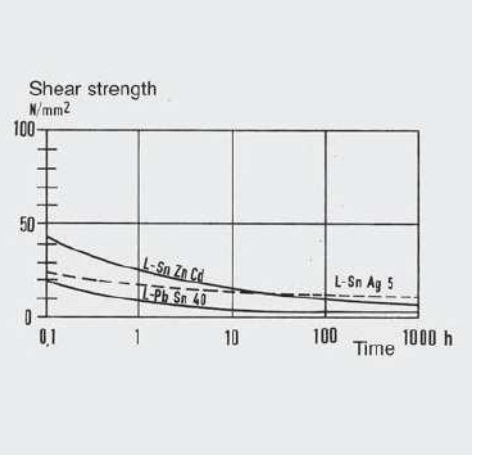


Figure 1.66 Maximum pressure limits of Bourdon tubes

A: Beginning of permanent deformation
B: Maximum pressure under static load
C: Maximum pressure under dynamic load

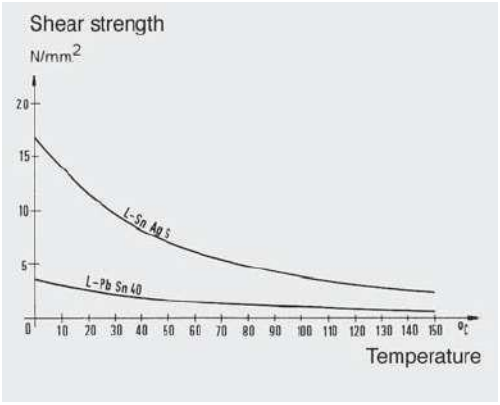
روش‌مورد استفاده برای اتصال لوله بوردون و اتصال آن بر اساس‌جنس لوله بوردون و محدوده فشار متفاوت است. لوله های‌بوردونی که از آلیاژهای مس ساخته شده اند معمولا توّسط **لحیم کار** متصل می شوند. برای برخی از محدوده های‌فشار بالا یا زمانی که گیج در دماهای عملیاتی بالا استفاده می شود،**لحیم کاری**به دلیل تمایل لحیم ها به خزش،از این روش استفاده می شود.



شکل۱.۶۷ویژگی وابسته به زمانِ استحکام‌برشی لحیم ها در دمای اتاق

شکل۱.۶۷ مقاومت برشی سه لحیم معمولی را در دمای ثابت۶۸ نشان می دهد.درجه.به عنوان تابعی از زمان F

مقداربالای استحکام کوتاه مدت یک لحیم هرگز نباید برای تعیین‌نوع لحیم استفاده شود. همانطور که شکل 1.67 نشان‌می دهد، استفاده از مقدار استحکام برشی بلند مدت مهم‌است. مقدار استحکام بلند مدت 10 برابر کمتر از مقدار استحکام‌کوتاه مدت است، اما پس از 1000 ساعت تقریبا ثابت‌می ماند. با این حال، حتی استحکام برشی بلند مدت نیزهمانطور که در شکل 1.68 نشان داده شده است، وابسته‌به دما است.



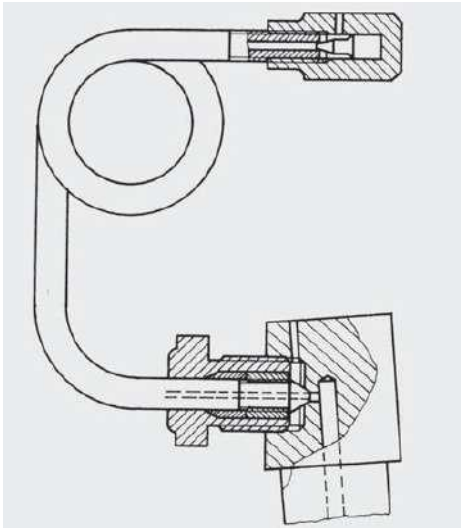
شکل۱.۶۸مقاومت برشی لحیم در دمای ۱۰۰۰ درجه ساعت‌به عنوان تابعی از دما

البته،این عوامل بر اساس یک اتصال لحیم بی نقص و بدون حفره‌هستند. به دلایل ایمنی، اتصالات لحیم در WIKA بر اساس‌مقدار مقاومت برشی طولانی مدت (1000 ساعت) دردمای 125 درجه سانتیگراد انجام می شود.درجه.برای ۵.۲ برابرمحدوده مقیاس کامل دستگاه F

لحیم کاری‌سخت (برزینگ) نیز مانند لحیم کاری معمولی با مشکلاتی‌مواجه است، اما در سطح بسیار بالاتری از استحکام‌و دما.

المان های‌اندازه گیری و اتصالات ساخته شده از فولاد کم آلیاژیا پر آلیاژ با جوشکاری در اتمسفر گاز بی اثر به هم متصل‌می شوند. جوشکاری تا زمانی که محدوده فشار از استحکام‌اتصال جوش (یعنی فشارهای بالای 25000 PSI) تجاوزنکند، قابل اعتمادترین اتصال را فراهم می کند. برای فشارهای‌بسیار بالا، لوله بوردون توسط اتصالات رزوه دار مخصوص‌به اتصال متصل می شود (شکل 1.69). با محدودکردن اندازه ناحیه تحت فشار، می توان این بارهای شدیدرا با خیال راحت تحت کنترل نگه داشت.

به‌طور خلاصه، پرکاربردترین المان های اندازه گیری، لوله های‌بوردون هستند که بسته به محدوده فشار خاص، درشکل های مختلفی وجود دارند. برای فشارهای تا حدود ۱۰۰۰PSI، معمولا از لوله های C شکل استفاده می شود. برای فشارهای‌بالاتر از ۱۰۰۰ PSI، آنها به صورت مارپیچ هستند. المان های‌اندازه گیری مارپیچی فقط در موارد خاص استفاده‌می شوند.



شکل۱.۶۹اتصال رزوه ای ویژه
ازیک لوله بوردون مارپیچی
فشاربالا

درمقایسه با المنت های اندازه گیری نوع دیافراگمی و کپسولی،لوله های بوردون مزایای زیر را دارند:

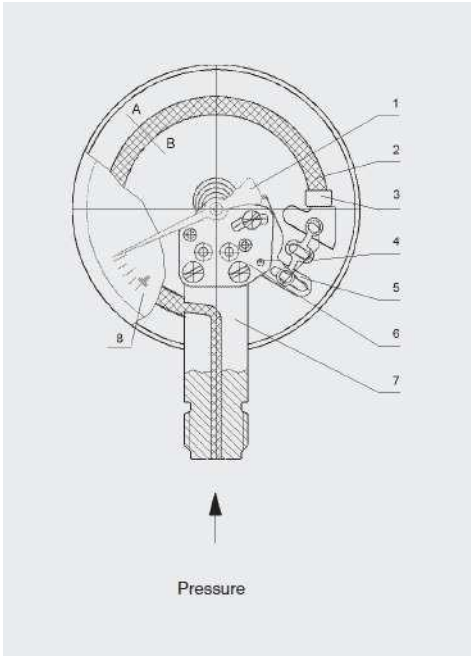
-آنها محدوده فشار از PSI 0/10 تا محدوده فشارهای بسیار بالاPSI 0/150,000 را پوشش می دهند.

-آنها دارای حرکت خطی نوک بزرگ و قابل اندازه گیری هستند.

-دقت آنها تا ASME Grade 4A است. (±۰٪۱ از طول دهانه).

-تولید آنها آسان است.

-آنها به راحتی به سایر اجزای قطعات در تماس با آب متصل‌می شوند. بسته به جنس و محدوده فشار، می توانندلحیم کاری، لحیم کاری سخت، جوشکاری یا رزوه کاری‌شوند.

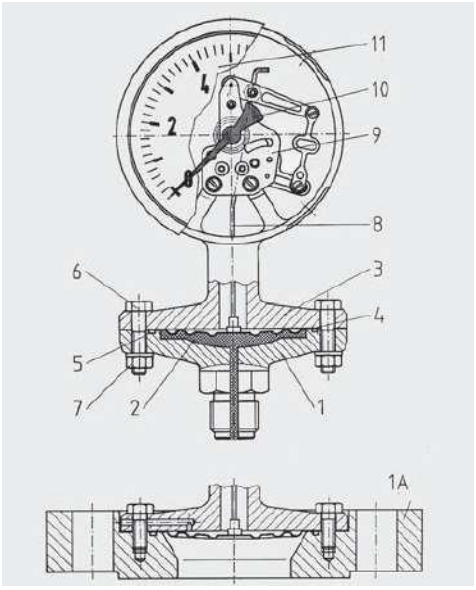


.۱اشاره گر
.۲لوله بوردون
.۳قطعه انتهایی
.۴لینک
.۵بخش
.۶حرکت
.۷اتصال
.۸شماره گیری

شکل۱.۷۰فشارسنج با صفحه دایره ای
لوله‌بوردون

۱.۴.۱.۲المان های اندازه گیری دیافراگمی

المان های‌اندازه گیری دیافراگمیمانند**دیافراگم های تخت‌وکپسول ها**معمولا بّرای فشارهای پایین از 0/0.5 اینچ‌آب تا حدود PSI 0/400 استفاده ۲می شوند. یک کاربردمعمول، اندازه گیری سطح مایع در مخازن روباز است.



۱.محفظه پایین (رزوه دار) .A۱ محفظه پایین(فلنج دار) .۲ محفظه فشار

.۳محفظه بالایی
.۴دیافراگم
.5آب بندی حلقه ای
.۶پیچ و مهره
.۷آجیل
.۸میله فشاری
.۹حرکت
.۱۰اشاره گر
.۱۱شماره گیری

شکل۱.۷۱ابزار اندازه گیری فشار بادیافراگم

دیافراگم ها

درالمان های دیافراگم، اندازه گیری ها از تغییر شکل الاستیکگرفته می شوند. از دیافراگم، که توسط لبه هایش نگه‌داشته شده و از یک طرف بارگذاری می شود. این تغییر شکل‌با روش های شناخته شده به یک حرکت چرخشی تبدیل‌می شود.

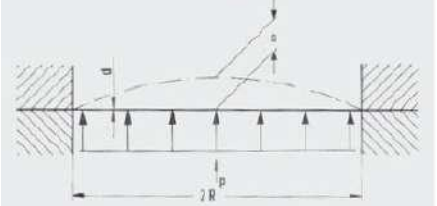
دیافراگم هابه دلیل شکل و موقعیتشان، مقاومت مکانیکی‌دارند و ضربه کمتری وارد می کنند.

معمولا آز فولاد یا فولاد سری 300 ساخته می شوند. برای‌سیالات خورنده، از مواد مقاوم در برابر ذرت مانندتانتالوم، تیتانیم...
ازآلیاژ هستلوی و غیره استفاده می شود، یا مواد با PTFE یا مواد مشابه پر می شوند. اگر سیال فرآیند بسیارچسبناک، متبلور یا آلوده باشد، از اتصالات باز استفاده‌می شود.

محاسبات‌جابجایی برای دیافراگم ها پیچیده تر از محاسبات‌مربوط به لوله های بوردون است. هرینگکس روشی‌را ارائه داد که می توان آن را به یک فرمول عددی‌تبدیل کرد.

$$s = \frac{3}{16} \cdot \frac{R^4}{E' \cdot d^3} \cdot p \qquad (1\text{-}38)$$

$$\text{with } E' = \frac{E}{1 - \mu^2}$$

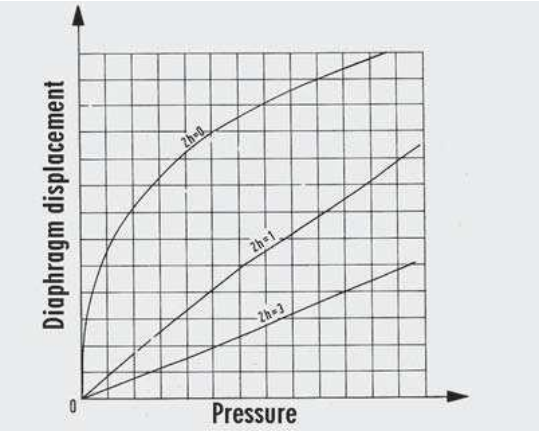


شکل۱.۷۲محاسبه انحراف برای دیافراگم‌تخت

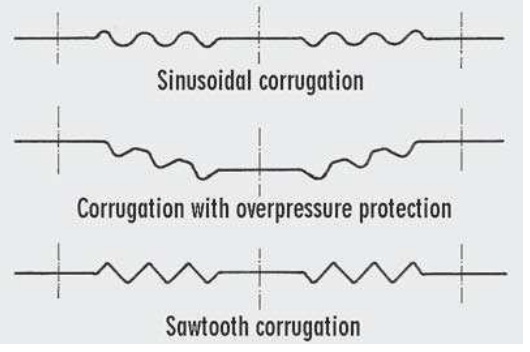
نقطه‌شروع، انحراف صفحه تخت و لبه دار است که اهمیت شعاع‌را نشان می دهد.رو ضخامت دیافراگم.

دیافراگم های‌تخت در فشار معین، ویژگی های خطی دارند. بنابراین،آنها معمولا در ترکیب با افزونه های الکتریکی و خازنی‌استفاده می شوند. ابزارهای اندازه گیری فشار مکانیکی‌به جابجایی بین 0.04 تا 0.12 اینچ (1 تا 3 میلی متر) نیاز دارند.

باوجود این انحرافات، دیافراگم های تخت عموما غیرخطی هستند.با این حال، با اضافه کردن پیچش ها به دیافراگم، می توان‌خطی بودن آن را به طور قابل توجهی بهبود بخشید. شکل1.73 تأثیر عمق پیچش های دیافراگم را بر جابجایی با تعدادثابت پیچش ها نشان می دهد.



شکل۱.۷۳ منحنی های مشخصه
دیافراگم هابه عنوان تابعی از عمق

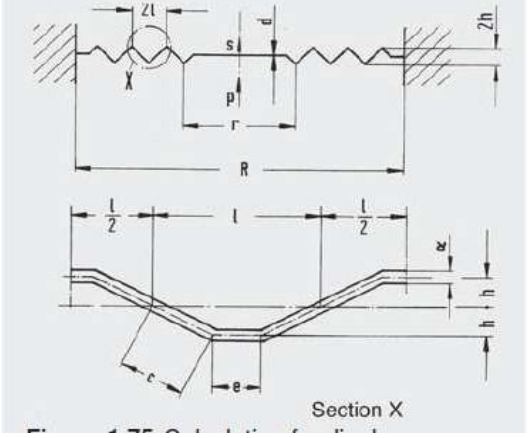


شکل۱.۷۴ کانولوشن‌مشترک
مقاطع‌عرضی

فرمول‌محاسبه برای دیافراگم های پیچیده طبق Haringx با فرمول‌دیافراگم های تخت صرفا بّا اضافه کردن ضریب کاهشk متفاوت است.

$$s = \frac{3}{16} \cdot k_{red} \cdot \frac{R^4}{E' d^3} \cdot p \qquad (1\text{-}37)$$

$$k_{red} = \frac{s}{l} \cdot f(q,p) \cdot g\left(\frac{dR}{l^2}, \frac{e}{l}, \frac{c}{l}, p\right) \qquad (1\text{-}38)$$



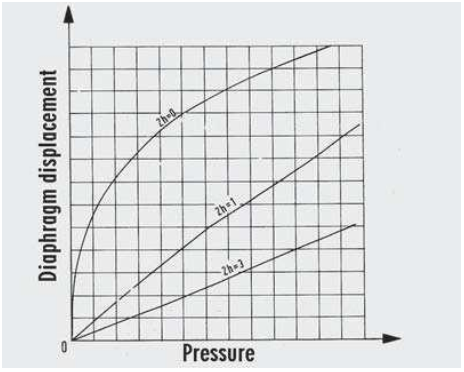
شکل۱.۷۵ محاسبه دیافراگم ها
باپیچش های متحدالمرکز

برای‌تمام اجزای بارگذاری شده، حداکثر حد بار دینامیکی دیافراگم نباید افزایش یابد. همان عوامل اساسی‌که در مورد لوله های دان اعمال می شود، در مورددیافراگم ها نیز صدق می کند.

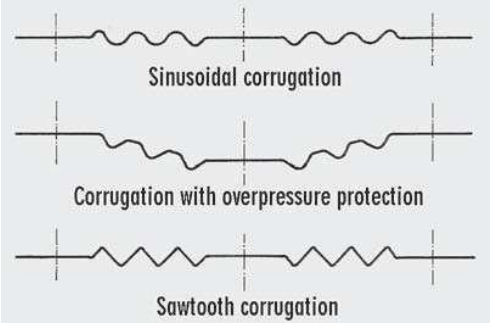
باتوجه به پیچیدگی آنها، سایر روابط ریاضی مانند روابطمربوط به تنش های مادی یا خطی بودن انحراف فنر،در اینجا مورد بررسی قرار نمی گیرند. این روابط را می توان‌از مطالب عمیق تر موجود در این زمینه به دست آورد.

www.onlinedoctranslator.com - naisreP ot hsilgnE morf detalsnarT

باوجود این انحرافات، دیافراگم های تخت عموما غیرخطی هستند.با این حال، با اضافه کردن پیچش ها به دیافراگم، می توان‌خطی بودن آن را به طور قابل توجهی بهبود بخشید. شکل1.73 تأثیر عمق پیچش های دیافراگم را بر جابجایی با تعدادثابت پیچش ها نشان می دهد.



شکل۱.۷۳ منحنی های مشخصه
دیافراگم هابه عنوان تابعی از عمق



شکل۱.۷۴ کانولوشن‌مشترک
مقاطع‌عرضی

فرمول‌محاسبه برای دیافراگم های پیچیده طبق Haringx با فرمول‌دیافراگم های تخت صرفا با اضافه کردن ضریب کاهش k متفاوت است.

$$s = \frac{3}{16} \cdot k_{rod} \cdot \frac{R^4}{E' d^3} \cdot p \qquad (1\text{-}37)$$

$$k_{rpd} = \frac{s}{l} \cdot f(q,p) \cdot g\left(\frac{dR}{l^2}, \frac{e}{l}, \frac{c}{l}, p\right) \qquad (1\text{-}38)$$

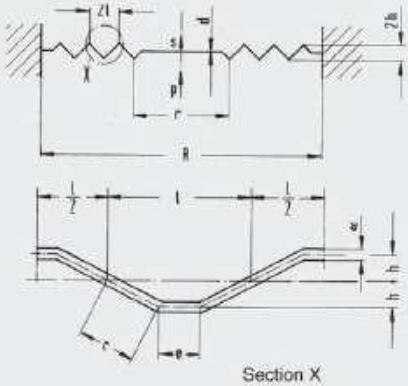


Figure 1.75 Calculation for diaphragms with concentric convolutions

شکل۱.۷۵ محاسبه دیافراگم ها
باپیچش های متحدالمرکز

برای‌تمام اجزای بارگذاری شده، حداکثر حد بار دینامیکی‌دیافراگم نباید افزایش یابد. همان عوامل اساسی‌که در مورد لوله های دان اعمال می شود، در مورددیافراگم ها نیز صدق می کند.

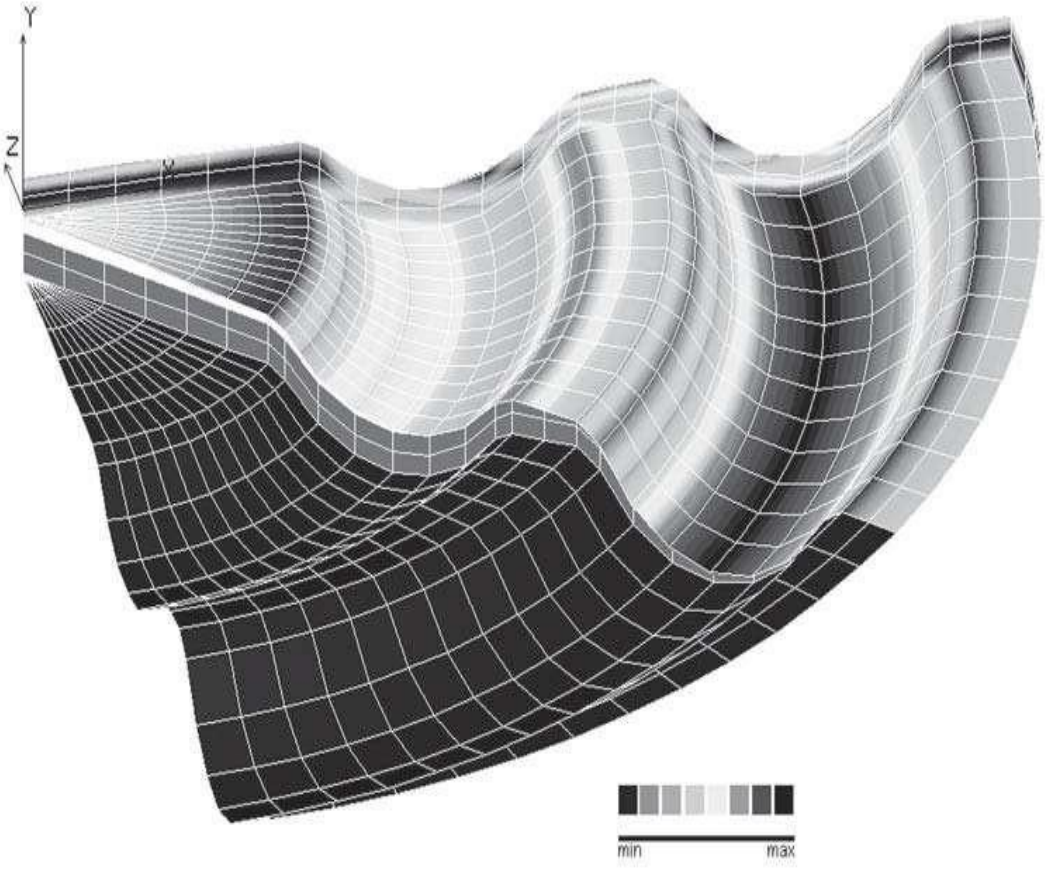
باتوجه به پیچیدگی آنها، سایر روابط ریاضی مانند روابطمربوط به تنش های مادی یا خطی بودن انحراف فنر،در اینجا مورد بررسی قرار نمی گیرند. این روابط را می توان‌از مطالب عمیق تر موجود در این زمینه به دست آورد.

بهترین‌راه برای تعیین محل وقوع حداکثر تنش ها در دیافراگم‌تحت فشار، استفاده از نمودار FEM (مدل المان محدود) است. کمترین تنش ها در مرکز دیافراگم و بیشترین تنش هادر بیرونی ترین پیچش آن رخ می دهد.

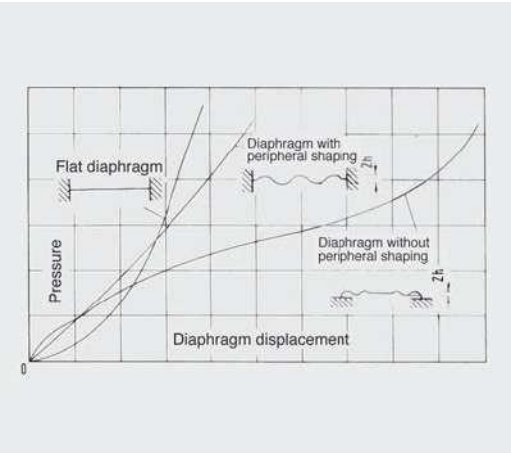
شکل دهی محیطی در موردمشخصه فشار-حرکت دیافراگم توجه‌ویژه ای به تاثیر آن شده است ؛ به شکل ۷۷.۱ مراجعه کنید.

برخلاف‌لوله های بوردون، مشخصه دمایی دیافراگم کمتر به مدول‌الاستیسیته و بیشتر به اثر بست محیطی وابسته است.این امر همچنین باعث ایجاد خطای دما حتی در فشار "صفر" می شود که می تواند بیش از دو برابر خطای لوله های‌بوردون باشد. هیسترزیس نیز به طور کلی بیشتر از لوله های‌بوردون است.

بااین حال، یک مزیت مهم، سفتی بالای دیافراگم ها حتی برای‌فشارهای پایین تر است که مشکلات اصطکاک در حرکت‌و تاثیر آن بر دقت ابزار را کاهش می دهد.



شکل۱.۷۶نمودار FEM که تنش های ماده در یک دیافراگم را نشان می دهد

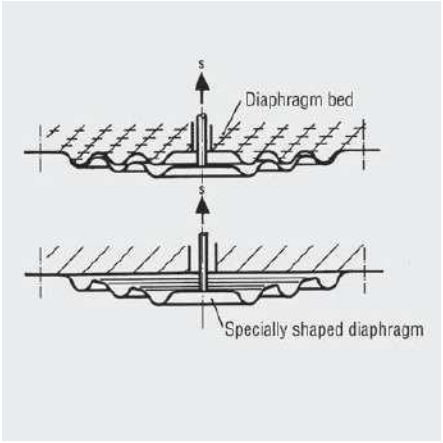


شکل۱.۷۷منحنی های فشار-جابجایی دیافراگم ها

دیافراگم های‌ابزارهای فشار عموما آز فولادهای آلیاژی بالا مانندفولاد ضد زنگ ۳۱۶ ساخته می شوند. در صورت استفاده‌از مواد دیگر، از پوشش ها یا آسترهای انعطاف پذیر برای‌محافظت از دیافراگم در برابر مواد خورنده استفاده می شود.

محافظت‌از دیافراگم ها در برابر فشار بیش از حد آسان تر از لوله های‌بوردون است. رایج ترین شکل محافظت، استفاده ازیک لوله با شکل خاص است.**تخت دیافراگمی** در محفظه بالایی‌که از تغییر شکل دیافراگم جلوگیری می کند؛ به شکل ۷۸.۱مراجعه کنید. این بستر دیافراگم را می توان از رزین با الیاف‌بالا یا برای دماهای بالاتر، با ماشینکاری بستر مستقیما دّر محفظه بالایی ساخت.

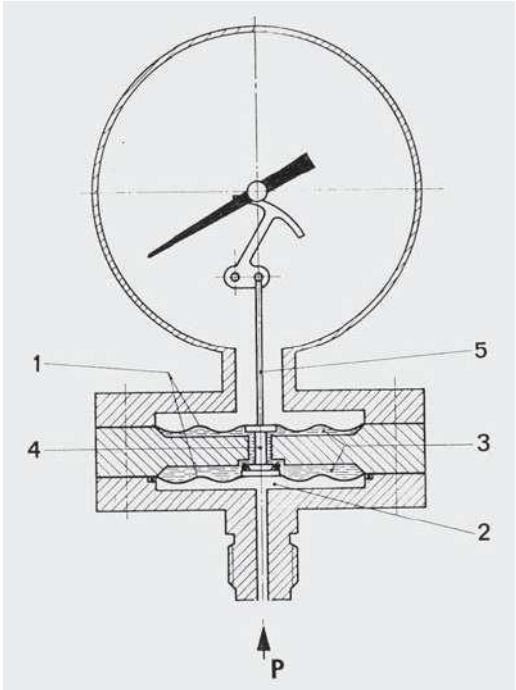
استفاده‌از بستر دیافراگمی برای محافظت در برابر فشار بیش از حد،اکنون به جای دیافراگم های دارای تکیه گاه هیدرولیکی که در ادامه‌توضیح داده می شوند، بیشتر و بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد.



شکل۱.۷۸اضافه بار دیافراگم محافظت‌با استفاده از یک تکیه گاه‌محکم

دیافراگم های‌دارای تکیه گاه هیدرولیکی می توانند دیافراگم هارا از اضافه بار تا 100 برابر محدوده اندازه گیری محافظت‌کنند. برای این نوع تکیه گاه، "بستر دیافراگم" توسطیک مایع تشکیل شده است (شکل 1.79) و دیافراگم (1) از دو دیافراگم تشکیل شده است که به طور ایمن به هم متصل‌شده اند.

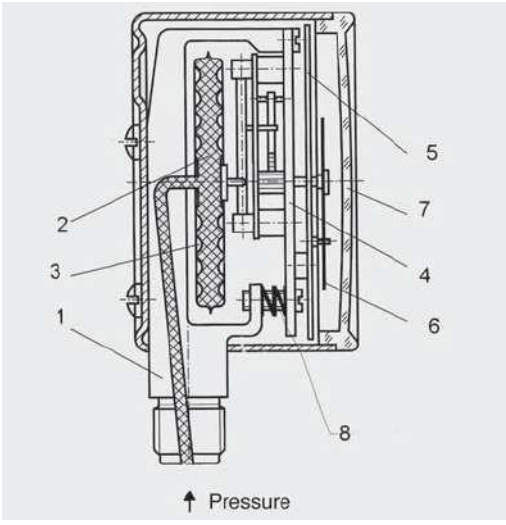
فشاری‌که اندازه گیری می شود (2) بر دیافراگم پایینی (1) اثر می گذاردو باعث انحراف دیافراگم می شود. محفظه (3) بین‌دو دیافراگم با مایع انتقال دهنده پر شده است. هر دو دیافراگم‌توسط یک میله (4) به طور محکم در مرکز خود به هم‌متصل شده اند. در صورت بروز فشار بیش از حد، آب بندی‌روی میله کوپلینگ بسته می شود و از جریان مایع انتقال دهنده‌جلوگیری می کند. از آنجایی که مایع انتقال دهنده‌غیرقابل تراکم است، دیافراگم پایینی محکم پشتیبانی‌می شود و تغییر شکل نمی دهد. حرکت توسط میله(5) به حرکت منتقل می شود.



شکل۱.۷۹اضافه بار دیافراگم حفاظت‌با استفاده از ضربه‌گیر هیدرولیکی

درمقایسه با لوله های بوردون، جابجایی عنصر اندازه گیری بسیارکم است. به همین دلیل، کیفیت و تلرانس های این ماده‌انعطاف پذیر باید مشخصات بسیار دقیقی را برآورده کند.مشخصه اندازه گیری یک دیافراگم تا حد زیادی به نوع بست‌محیطی و آب بندی آن بستگی دارد.

برای‌فشارهای بسیار پایین، دیافراگم ها بسیار نازک هستند که‌باعث کاهش پایداری آنها و دشوار شدن تولیدشان می شود.بنابراین، کپسول ها به عنوان المان های اندازه گیری‌برای فشارهای بسیار پایین ترجیح داده می شوند.اساسا آنها نوع خاصی از دیافراگم هستند.



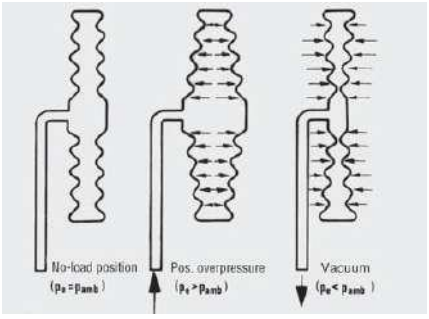
پشتیبانی‌کپسول .۵شماره‌گیری
.۲محفظه فشار .۶اشاره گر
.۳کپسول .۷پنجره
.۴حرکت .۸اصلاح صفر

شکل۱.۸۰اندازه گیری فشار کپسول ساز

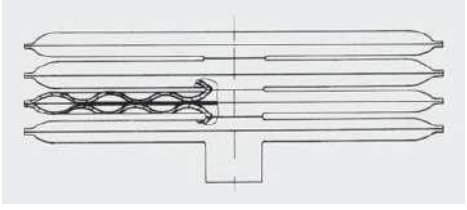
کپسول ها

یککپسول از دو دیافراگم تشکیل شده است که در اطراف لبه‌بیرونی خود جوش داده شده یا لحیم شده اند. مرکز تنها یکی‌از نیمه های کپسول در محفظه پشتیبانی می شود تا هر دونیمه بتوانند آزادانه حرکت کنند. این طراحی جابجایی دیافراگم‌را دو برابر می کند و امکان اندازه گیری فشارهای کمتررا بدون کاهش ضخامت دیواره فراهم می کند. در حال حاضراز المنت های کپسولی برای اندازه گیری گازهای در حال‌جریان، مثلا دَر محفظه ها یا فن ها، استفاده می شود.

حتی‌ریزفشارها در محدوده 0 تا 0.5 اینچ آب نیز قابل اندازه گیری‌هستند. جابجایی لازم با اتصال چندین کپسول به صورت‌سری انجام می شود (شکل 1.82). کپسول های تخلیه‌شده به عنوان عناصر اندازه گیری برای موارد زیر استفاده‌می شوند: **فشارسنج های آنروید** در اندازه گیری فشارهوای اتمسفر

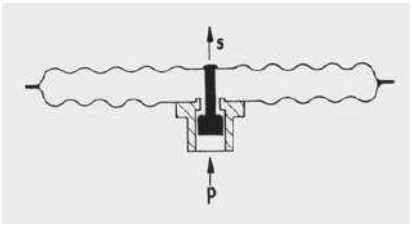


شکل۱.۸۱حرکات کپسولی
عنصراندازه گیری



شکل۱.۸۲چندین کپسول متصل
به‌صورت سری برای افزایش سفر

مزایاو معایب المنت های کپسولی مشابه دیافراگم ها است.بستن ورودی در هنگام عبور از محدوده فشار اسمی، به‌المنت های کپسولی اجازه می دهد تا در برابر اضافه بارهای‌زیاد مقاومت کنند.

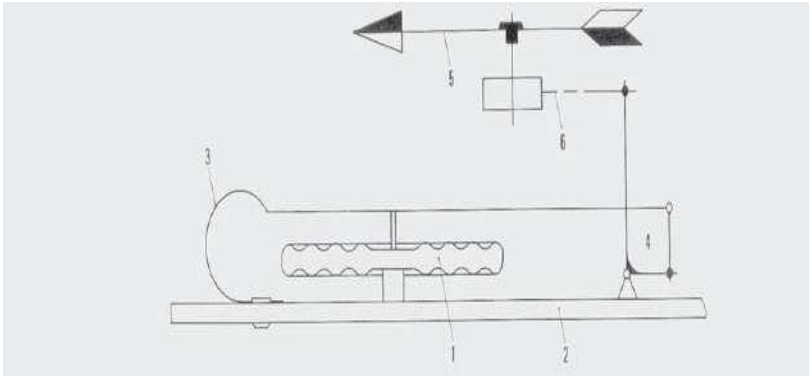


شکل۱.۸۴حفاظت در برابر اضافه بار
عنصراندازه گیری کپسولی

یکواشر به نیمی از لوله متصل است. در صورت فشاربیش از حد در لوله، این پین ورودی را می بندد و درعین حال از مرکز دیافراگم بالایی پشتیبانی می کند وظرفیت تحمل بار را به میزان قابل توجهی افزایش می دهد.

مبنای‌محاسبه همانند نمودارها است (شکل ۷۷.۱ را ببینید).

نگرانی های‌مربوط به دما که مربوط به بستن محیطی دیافراگم هااست، در المان های اندازه گیری کپسولی وجود ندارد.از این رو، مشخصه دما در اینجا نیز مشروط به تغییر مدول‌الاستیسیته است.



۱عنصر اندازه گیری (کپسول آنرویئیدی) ۲ صفحه پایه
۳فنر تخت
۴اهرم
5اشاره گر
6 نخ

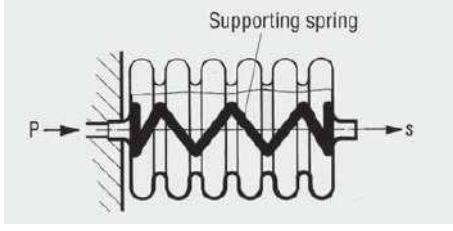
شکل۱.۸۳اصل کار فشارسنج آنروید

موادمورد استفاده آلیاژهای مس و فولاد ضد زنگ هستند. کلمپ‌مرکزی منجر به مقاومت کمتر در برابر ضربه و ارتعاش‌برای کپسول نسبت به دیافراگم ها می شود.

۳.۱.۴.۱بلوز

بلوزدر جایی که جابجایی زیاد در یک فضای محدود مورد نیازاست، استفاده می شوند. بیلوزها ظروف استوانه ای با دیواره‌نازک هستند که در اطراف آنها چین های عمیقی وجود دارد.هنگامی که فشار اعمال می شود، طول بیلوز تغییر می کند.بسته به کاربرد، می توان یک فنر نگهدارنده را در داخل‌بیلوز نصب کرد. بیلوزها به دلیل خطی بودن خوبشان قابل‌توجه هستند. عموما دّر محدوده 0 تا 2.5 اینچ آب و 0 تا10 PSI استفاده می شوند.

۲



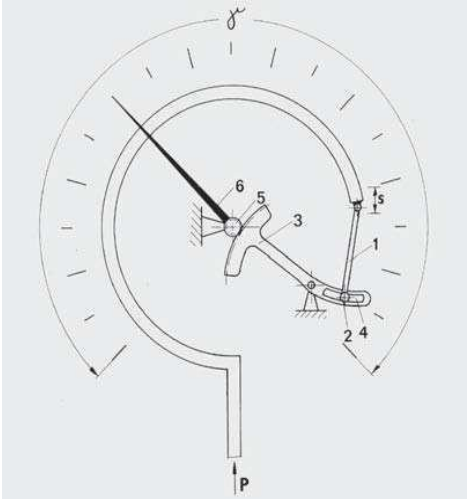
شکل۸۵.۱بلوز

استفاده‌از آنها برای اهداف اندازه گیری فشار به انواع خاصی ازابزارها محدود می شود. یکی از حوزه هایی که در آن ضروری‌هستند، انتقال هرمتیک جریان از محفظه های فشار است.فرمول های محاسبه آنها به همراه نمودارهایی برای تعیین‌ضرایب ضروری در دسترس هستند.

۲.۴.۱حرکات

یک‌عنصر اندازه گیری، فشار را به جابجایی تبدیل می کند. حرکت،جابجایی را اندازه گیری کرده و آن را به چرخش تبدیل می کند.یک حرکت شامل ترکیبی از**اهرم‌ودنده**جابجایی خطی‌عنصر اندازه گیری به چرخش عقربه تبدیل می شود. برای‌مثال، جابجایی ۳ میلی متر را می توان به ... تبدیل کرد.

حرکت‌چرخشی مرسوم ۲۷۰ درجه زاویه ای. بسته به میزان جابجایی،از حرکاتی با مزایای مکانیکی مختلف استفاده می شود.



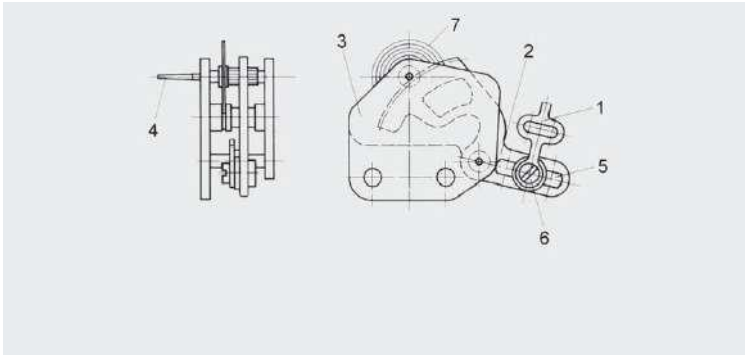
.۱لینک
.۳تنظیم لینک (نقطه کنترل)
.۳بخش دندانه دار
4.باز کردن قطعه
.۵شفت اشاره گر
.۶اشاره گر

شکل۸۶.۱لوله بوردون برای اندازه گیری عناصر باحرکت

تنظیم‌نقطه تنظیم لینک در دهانه سگمنت، امکان تنظیم دقیق‌حرکت عقربه تا ۲۷۰ درجه زاویه ای را فراهم می کند.

این‌مکانیزم از دو صفحه با ستون های فاصله دهنده تشکیل شده‌است که در آن ها شفت عقربه و قطعه دندانه دار می چرخند(شکل).۸۷.۱

فنرتضمین می کند که سطوح و پهلوهای دندانه دار یکسانی‌همیشه در طول توالی حرکت با هم درگیر شوند.

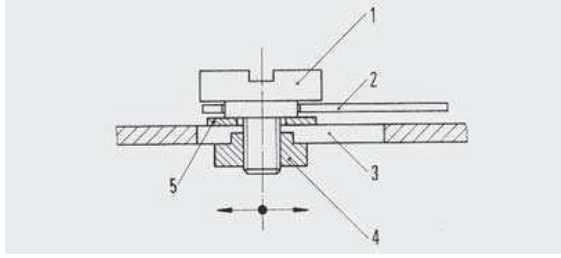


۱.لینک
۲.بخش دندانه دار
3.پلاتن
۴.شفت اشاره گر
5.اسلات سگمنت
۶.پیچ شانه
۷.فنر مو

شکل۱.۸۷اجزای اصلی حرکت گیج فشار

این‌امر از واکنش شدید و بازی بین قطعات متحرک جلوگیری‌می کند و عدم قطعیت قرائت را کاهش می دهد.

روش های‌مختلفی برای تنظیم نقطه کنترل لینک در شکاف قطعه‌وجود دارد به طوری که حرکت عنصر اندازه گیری، زاویه۲۷۰ درجه ایجاد کند.درجه چرخش اشاره گر. یک روش، که‌در شکل ۸۸.۱ نشان داده شده است، قرار دادن یک پیچ شانه ای‌در شیار قطعه است.

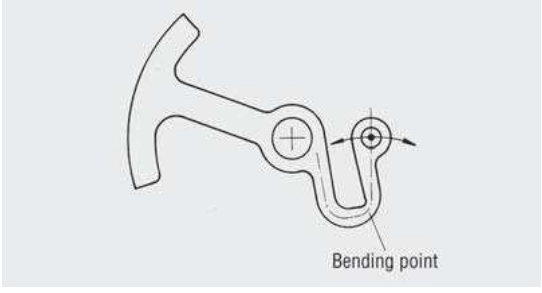


۱.پیچ شانه ای
۲.پیوند
۳.بخش دندانه دار
۴.وزنه تعادل
۵.واشر

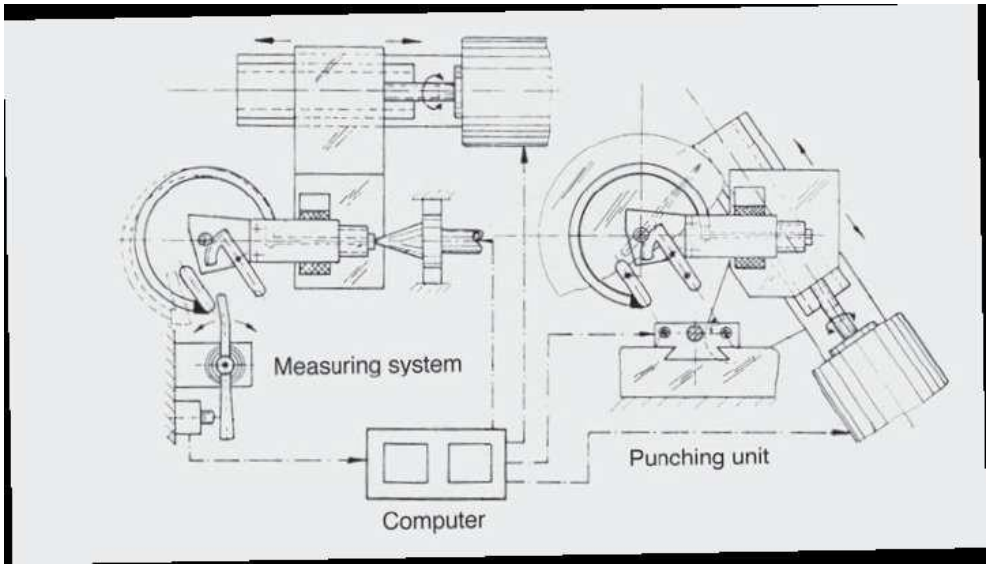
شکل۱.۸۸تنظیم با کشیدن نقطه‌کنترل

این‌رابط روی پیچ شانه می چرخد. موقعیت پیچ شانه و وزنه تعادل،نقطه کنترل را تعیین می کند. بهترین مکان نقطه کنترل‌با تنظیم مکرر پیچ شانه و وزنه تعادل پیدا می شود.

دریک طراحی ساده تر، موقعیت نقطه کنترل با خم کردن یک‌قسمت خاص از قطعه تنظیم می شود. این طراحی همچنین‌نیاز به تنظیم مجدد دارد.
تنظیم‌دقیق برای یافتن کنترل بهینه موقعیت.



شکل۱.۸۹تنظیم با خم کردن نقطه‌کنترل



شکل۱.۹۰ اصل پشت فرآیند کالیبراسیون خودکار ثبت اختراع شده WIKA

تعدادتنظیمات مکرر مورد نیاز برای هر دو نوع کالیبراسیون تاحد زیادی به مهارت اپراتور بستگی دارد. با این حال، WIKA فرآیند جدیدی را توسعه داده و ثبت اختراع کرده استکه نیاز به تنظیم نقطه کنترل از طریق آزمون و خطا را ازبین می برد.

حرکتعنصر اندازه گیری به صورت جداگانه اندازه گیری شدهو به کامپیوتر وارد می شود. کامپیوتر با استفاده از روابط ریاضی شناخته شده بین حرکت عنصر اندازه گیری و موقعیتنقطه کنترل، موقعیت هندسی بهینه نقطه کنترل راتعیین می کند.

نقاطکنترل به طور دائم و همزمان روی انتهای عنصر اندازه گیریو قطعه مهر می شوند. سپس رابط با استفاده از پرچ هابه طور دائم بین آنها قرار می گیرد. این فرآیند کالیبراسیونخودکار می تواند دقتی بهتر از 0.5٪ ایجاد کند. بااین حال، به سرمایه گذاری و راه اندازی تجهیزات قابل توجهینیاز دارد و بنابراین فقط برای مقادیر زیاد مقرون به صرفهاست.

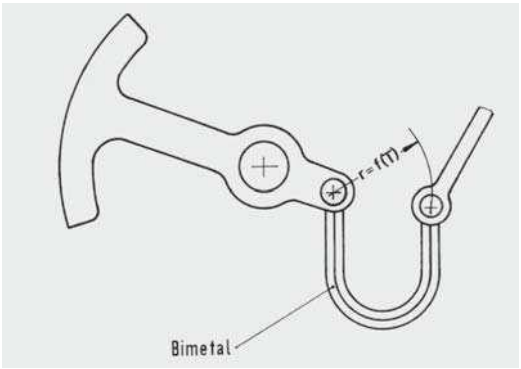
تکرارپذیریابزارهای کالیبره شده با استفاده از این فرآیند خودکاربهبود می یابد زیرا محل نقطه کنترل دائمی است درحالی که نقطه کنترل یک رابط شیاردار سنتی متحرک است.

ممکناست به دلیل لرزش یا شوک خارجی ناگهانی تغییر کند.

درمواردی که پس از کالیبراسیون خودکار، تنظیم نقطه کنترلضروری باشد، مانند گیج هایی که نیروی خارجی اضافیاز لوازم جانبی الکتریکی به آنها وارد می شود، از پرچ مخصوصیاستفاده می شود که امکان کالیبراسیون مجدد دستیرا فراهم می کند.

مقادیرفشار می توانند تحت تأثیر دما قرار گیرند. از آنجایی کهضریب دمایی مدول الاستیسیته برای ماده ی المان اندازه گیری،یک ثابت شناخته شده است، اثرات تغییر دما رامی توان با انجام یک اصلاح وابسته به دما در موقعیت نقطهکنترل با استفاده از یک نوار دو فلزی جبران کرد.

جبران سازیدوفلزی تنها در صورتی مؤثر است که دمای عنصراندازه گیری و نوار دوفلزی یکسان باشد. در مواردی که اینمورد صدق نمی کند، مانند مواردی که دمای سیال فرآیندبالاتر یا پایین تر از دمای محیط است، یا در مواردی کهگرما در اثر نوسانات فشار تولید می شود، باید روش های جایگزینجبران سازی دما با سازنده مورد بحث قرار گیرد.

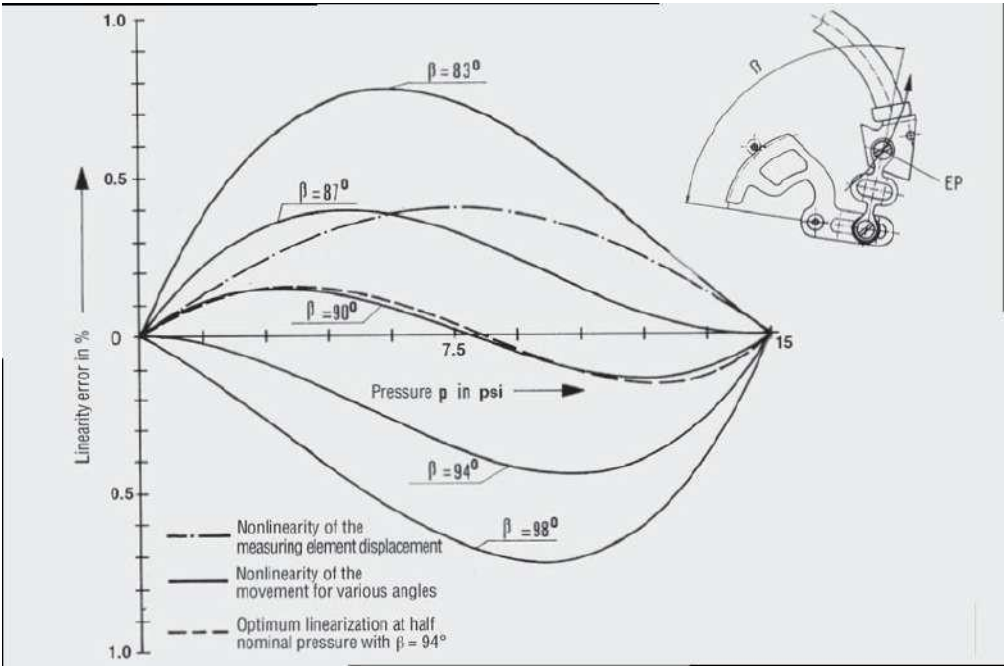


شکل۹۱.۱جبران دما
بااستفاده از نوار دو فلزی

این‌فقط تبدیل حرکت عنصر اندازه گیری به حرکت چرخشی‌است، حرکت گیج عملکردهای مهمی دارد. تقاطع های‌متغیر عناصر اندازه گیری، ناهمگنی ایجاد می کند.
جابجایی های‌نزدیک به قطعه انتهایی. حرکت e این قطعات‌غیرخطی را به زاویه چرخش β تبدیل می کند. با
درمحل قطعه انتهایی EP، این زاویه را می توان با تغییرطول پیوند تنظیم کرد.

تنظیم‌صحیح زاویه β، حرکت غیرخطی عنصر اندازه گیری‌را جبران می کند. به عنوان تنظیم خطی بودن‌شناخته می شود.

شکل۹۲.۱ نشان می دهد**خطی بودن**در زوایای مختلف بتادر **ص/2** و تنظیم بهینه برای حداقل غیرخطی بودن.



شکل۹۲.۱خطی سازی با اصلاح مکانیزم حرکت

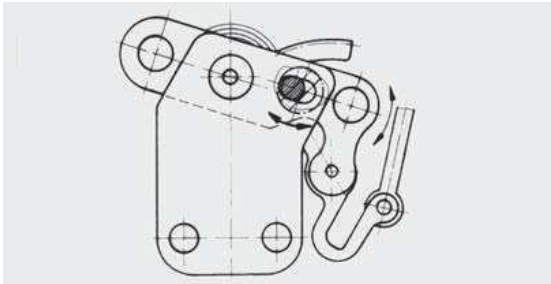
سپس‌می توان غیرخطی بودن باقی مانده را تنها با چاپ دستیو جداگانه ی درجه بندی های صفحه جبران کرد. این کار،به عنوان مثال، در دستگاه هایی با دقت بالا مانند± ۰.۲۵٪و± ۰.۱٪ از دهانه.

شرطدیگر برای دقت بالای خواندن، حرکت روان و پیوسته عقربه‌هنگام قرار گرفتن در معرض تغییر فشار یکنواخت است.این امر را می توان با استفاده از یاتاقان های کم اصطکاک،کاهش لقی و استفاده از چرخ دنده های دقیق محقق کرد. کیفیت قطعات متحرک و چرخ دنده ها باید نلرانس های دقیقی را برآورده کند. تجهیزات و فرآیندهای اندازه گیری‌ویژه ای برای این منظور در WIKA توسعه داده شده اند.

شکل۱.۹۳ یک نوع حرکت با تصحیح صفر را نشان می دهد. دراین نوع حرکت، چرخ دنده بین صفحاتی نصب شده است‌که می توانند با استفاده از یک بادامک غلتکی بچرخند.

درحرکاتی که با روغن سیلیکون میرا می شوند، محور عقربه وگاهی اوقات بخش دندانه دار توسط اصطکاک مایع، که تابعی‌از سرعت است، میرا می شوند. این واقعیت که این روش‌نیروهای یاتاقانی را که بر روی سطوح تماس قطعات جفت شده‌عمل می کنند، به میزان زیادی افزایش می دهد، استفاده‌از آن را فقط به چند کاربرد خاص محدود کرده است.(به توضیحات صفحه مراجعه کنید)

.۱.۴.۴)



شکل۱.۹۳بدون اصلاح حرکت-
بانتظیم بادامک

برای‌صفحات و ستون های فاصله دهنده، برنج ترجیح داده می شود؛قطعات متحرک، مانند شفت سگمنت و شفت اشاره گر،گاهی از آرژنتان ساخته می شوند.

اگرخطر خوردگی وجود داشته باشد، یعنی کاربرد در فرآیندهای‌شیمیایی و پتروشیمی، تمام قطعات از فولاد ضد زنگ‌ساخته می شوند. از فولادهای ضد زنگ آستنیتی مخصوص‌برای قطعات متحرک استفاده می شود.

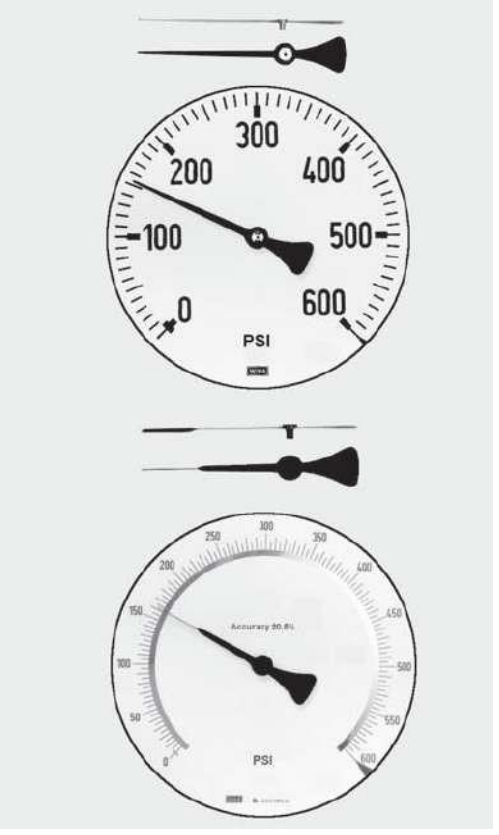
بوش های‌یاتاقان و چرخ دنده های سگمنتی ساخته شده از رزین‌پلی استال، ویژگی های حرکتی را بهبود می بخشند. ترکیب‌فولاد ضد زنگ و رزین پلی استال برای کاربردهایی با موقعیت‌ثابت عقربه، یعنی فقط با تغییرات گاه به گاه، ترجیح‌داده می شود. این ترکیب در برابر چسبندگی ناشی از خوردگی‌تماسی در بوش ها و کناره های دندانه جفت شونده مقاومت‌می کند. با این حال، مقاومت دمایی پلاستیک برای‌همه کاربردها کافی نیست.

به‌طور خلاصه می توان گفت که حرکت، علاوه بر عملکرد اصلی‌خود به عنوان تبدیل جابجایی عنصر اندازه گیری به زاویه‌چرخش تقویت شده، می تواند تعدادی عملکرد ثانویه مهم‌مانند موارد زیر را نیز انجام دهد:**خطی سازی**،**جبران دما**،**میرایی حرکت عقربه‌وصفر اصلاح**این یک قطعه حساس‌است و نیاز به محافظت دارد.

در آخرین مرحله از مسیر سیگنال که معمولاً برای ابزارهای اندازه‌گیری فشار با یک عنصر اندازه‌گیری انعطاف‌پذیر استفاده می‌شود، زاویه چرخش متناسب با فشار محور عقربه توسط یک عقربه و مقیاس مدرج روی یک صفحه مدرج نشان داده می‌شود تا مقدار فشار خوانده شده را نشان دهد. همانند سایر ابزارهای اندازه گیری فشار، عقربه‌و صفحه مدرج باید به گونه ای طراحی شوند که امکان خواندن‌قابل اعتماد و واضح را فراهم کنند. ظرافت درجه بندی‌و ضخامت لبه عقربه ارتباط نزدیکی با هم دارند.

وقتی‌تصویر آینه ای لبه عقربه با خود لبه عقربه منطبق شود،یک زاویه دید عمود واقعی برای خواندن تضمین می شود.شکل ۹۴.۱ عقربه ها و درجه بندی ها را مقایسه می کند.

دقت

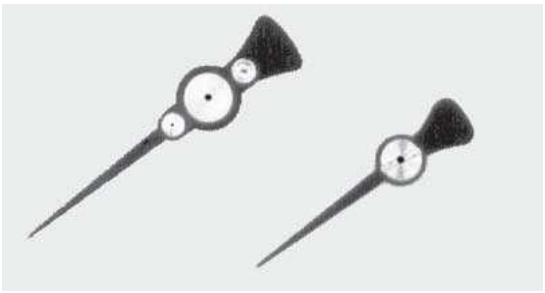


شکل۹۴.۱ مقایسه فارغ التحصیلی ها و طرح های‌عقربه برای کلاس های دقت‌مختلف

مانندموتور، از عقربه و صفحه مدرج نیز می توان برای موارد زیراستفاده کرد: **اصلاح صفر** برای تنظیم اشاره گر،**بوش اشاره‌گر**در حالی که بازوی عقربه روی بوش می چرخد، محکم‌به شفت عقربه متصل می ماند.

اگرهیچ ضربانی وجود نداشته باشد، یک طراحی ساده کافی است.در حالی که هاب شیاردار اشاره گر با پیچ گوشتی محکم‌نگه داشته شده است، بازوی اشاره گر تنظیم می شود (شکل ۹۵.۱، سمت راست).

عقربه‌تنظیم میکرو (شکل ۹۵.۱، سمت چپ) بسیار حساس تراست. با نصب محکم تر عقربه روی بوش، از یک چرخ دنده‌مینیاتوری برای انتقال نیروی تنظیم به ... استفاده می شود.

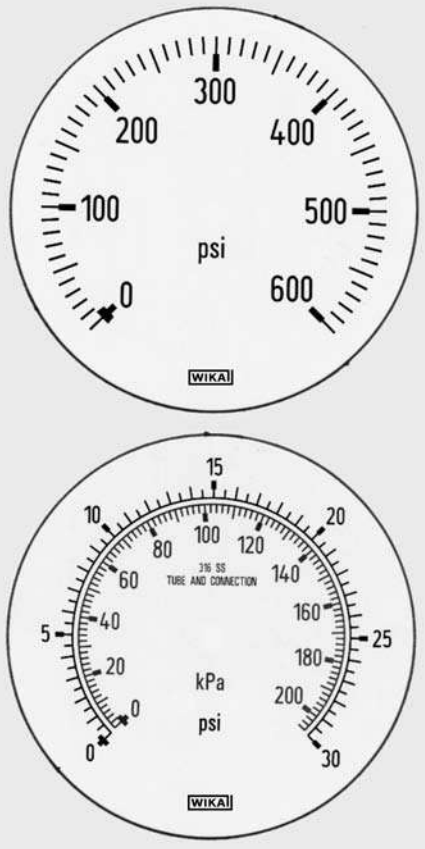


شکل۹۵.۱ اصلاح صفر با قابلیت تنظیم اشاره‌گر

ابزارهای‌دقیق حرکات ظریفی دارند و تنظیم عقربه توصیه نمی شود.در چنین مواردی، یک پیچ گوشتی یا کلید مخصوص‌برای به دست آوردن تصحیح مورد نظر می تواند صفحه‌مدرج را بچرخاند. دسترسی از بیرون فراهم است. یک‌مقیاس درجه بندی ثانویه، میزان تغییر صفحه مدرج از تنظیم‌اولیه را نشان می دهد.

باوجود تمام روش های تصحیح صفر که در اینجا توضیح داده‌شد، مهم است که هرگز از حداکثر محدودیت های بار دستگاه‌اندازه گیری فشار تجاوز نکنید. به معنای واقعی کلمه هیچ‌محدودیتی برای امکانات طراحی صفحه مدرج، یعنی محیط‌اطلاعات واقعی دستگاه، وجود ندارد. پس از برآورده شدن‌الزامات فنی، می توان بر جنبه های طراحی تمرکز کرد که‌در بسیاری از موارد بر کل ظاهر تجهیزاتی که دستگاه اندازه گیری‌فشار را در خود جای می دهند، تأثیر می گذارد. بدیهی‌است که یک دستگاه پزشکی به ظاهری متفاوت از دستگاهی‌که در یک کارخانه شیمیایی استفاده می شود، نیاز دارد.

اطلاعات‌نشان داده شده روی صفحه مدرج در چندین استانداردبرای ابزارهای اندازه گیری فشار با درجات دقت مختلف‌مشخص شده است. اطلاعات استاندارد صفحه مدرج‌برای ابزارهای اندازه گیری فشار لوله بوردون با دقت های‌از ±0.1% طول دهانه تا ±5% طول دهانه توسط ASME B40.1 -1995 پوشش داده شده است (شکل 1.96) .



شکل۱.۹۶صفحه های مدرج با تک و دوتایی ترازوها

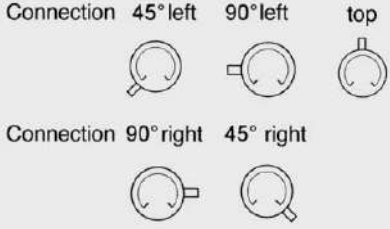
۴.۴.۱پرونده

وظیفه‌اصلی این قاب، محافظت از اجزای کاربردی مورد نیاز برای‌انجام اندازه گیری ها، یعنی خود عنصر اندازه گیری، موتورو عقربه است. جلوی دستگاه توسط یک پوشش پوشانده‌شده است.**پنجره** که در بسیاری از موارد توسط یک حلقه‌نگه داشته می شود.

این‌محفظه علاوه بر محافظت از سیستم اندازه گیری، چندین‌عملکرد مهم دیگر مانند نصب دستگاه، تضمین محافظت‌از کاربر در صورت نشت از قطعات تحت فشار و امکان‌پر کردن دستگاه با مایع به منظور کاهش سایش و افزایش‌طول عمر را نیز بر عهده دارد.

۱.۴.۴.۱موقعیت های اتصال

برای‌انعطاف پذیری بالا در نصب ابزار اندازه گیری فشار، چندین‌موقعیت ممکن برای اتصال آن وجود دارد. در اتصالات«شعاعی»، اتصال می تواند به عنوان یک گزینه به موقعیت های‌خاصی ۹ منتقل شود (شکل).۹۷.۱

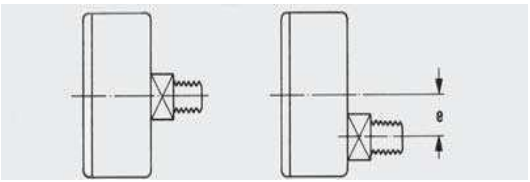


شکل۱.۹۷موقعیت های اتصال روشن ابزارهای‌اندازه گیری فشار با عنصر انعطاف پذیر

اتصال‌از پشت، چه در مرکز و چه خارج از مرکز، بسته به طراحی‌اولیه دستگاه امکان پذیر است (شکل).۹۸.۱. کاتالوگ های اطلاعات محصول، گزینه های طراحی مختلف را نشان‌می دهند.

دربرخی کاربردهای خاص، ممکن است لازم باشد ابزار اندازه گیری‌فشار را با زاویه ای نسبت به موقعیت عمود بر محورعمودی نصب کنید.

این‌موقعیت نصب ویژه با علامتی روی صفحه مدرج دستگاه‌نشان داده می شود. **علامت** ابزارهای اندازه گیری فشارفقط در صورتی با این علامت موقعیت مشخص می شوندکه برای نصب در زاویه ای بیش از۵.± درجه‌از حالت عمودی معمولی طراحی شده باشند.



شکل۹۸.۱موقعیت اتصالات عقب

Angle relative to the horizontal in clockwise direction	0°	30°	45°	60°	90°	120°	135°	180°
Meaning of position sign	Dial							
Position sign		30°	45°	60°		120°	135°	180°
Ordering code	NL 0	NL 30	NL 45	NL 60	none	NL 120	NL 135	NL 180

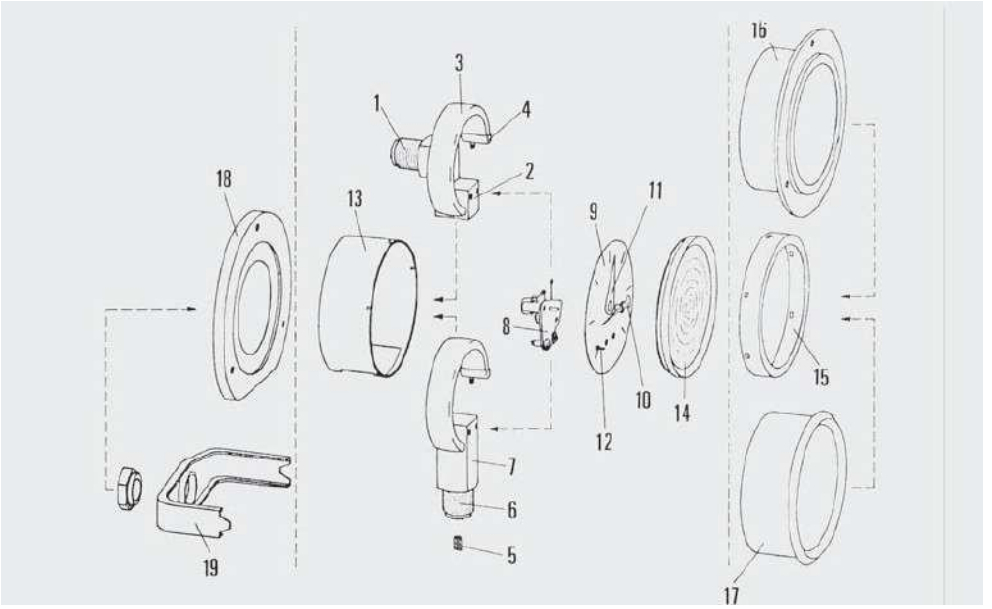
شکل۹۹.۱موقعیت های نصب ابزارهای اندازه گیری فشار

۲.۴.۴.۱انواع طراحی

طراحی‌ماژولار ابزارهای اندازه گیری فشار تجاری

درسال های اخیر، به منظور برآورده کردن بهینه و اقتصادی نیازهای‌کاربر، گرایشی به سمت سیستم های مدولار وجود داشته‌است. شکل ۱۰۰.۱ یک سیستم مدولار برای گیج های فشاراستاندارد در اندازه های ۱ را نشان می دهد«۲/۱.تا »۴، که‌نیازی به جعبه های کاملا مّهر و موم شده ندارند.
ساده ترین‌نوع طراحی، جعبه پلاستیکی مقاوم در برابر ضربه بایک پنجره چفت شونده است. این پنجره را می توان به راحتی‌برای اصلاح صفر یا تنظیم نشانگرهای علامت گذاری جداکرد. اگر به جنس پنجره دیگری مانند شیشه نیاز باشد، **حلقه‌اصطکاکی** استفاده می شود. الف**حلقه پروفیل**با یک براکت‌نصب گیره u شکل و یک**فلنج جلو**برای نصب دستگاه‌در پنل کنترل استفاده می شوند. حلقه پروفیل و براکت‌گیره u شکل به سوراخی در پنل با قطر مشابه بدنه نیازدارد. از طرف دیگر، در فلنج جلویی، پیچ های رزوه دار، گیج‌را در پنل کنترل نگه می دارند. اتصال از پشت در هر دو موردبهترین انتخاب است.

فلنج عقبهمراه **اتصال پایه پایینی** برای نصب روی دیواربا استفاده می شود. فلنج که به جعبه ابزار متصل است،مستقیما توّسط سه پیچ در جای خود نگه داشته می شود.مواد مورد استفاده در این سیستم مدولار پلاستیک(ABS)، فولاد، فولاد ضد زنگ و برنج هستند.



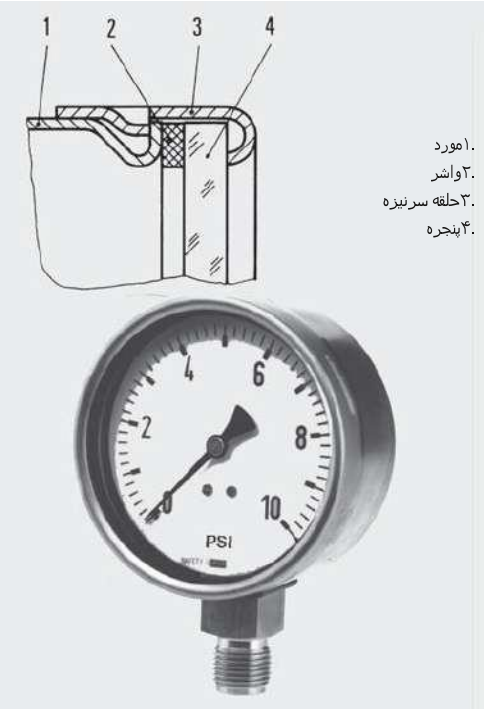
۱.اتصال برگشتی
۲.سوکت
۳.عنصر اندازه گیری
۴.قطعه انتهایی
۵.محدودکننده
۶.اتصال از پایین
۷.سوکت
۸.حرکت
۹.شماره گیری
۱۰.اشاره گر
۱۱.اشاره گر را علامت بزنید.۱۲.پین متوقف کننده
۱۲.مورد
۱۴.پنجره
۱۵.حلقه اصطکاک
۱۶.فلنج جلو
۱۷.حلقه پروفیل
۱۸.فلنج عقب
۱۹.براکت نصب گیره U شکل

شکل۱.۱۰۰اجزای اصلی ابزارهای اندازه گیری فشار ماژولار

تعدادی‌از عوامل ظاهری و بدنه (مانند روکش کروم، روکش‌نیکل یا رنگ آمیزی با رنگ های خاص) برای برآورده کردن‌نیازهای مختلف مشتریان موجود است. لعاب های کوره ای‌با کیفیت بالا که توسط ماشین های رنگ آمیزی اتوماتیک‌اعمال می شوند، حتی به قاب های فولادی نیز درجه‌بالایی از مقاومت در برابر خوردگی می دهند.

طراحی‌ماژولار برای ابزارهای اندازه گیری صنعتی

سیستم‌ماژولار WIKA برای ابزارهای اندازه گیری فشار صنعتی‌که در مهندسی مکانیک و فناوری فرآیند مورد استفاده‌قرار می گیرند، از نظر استحکام و ساختار، الزامات بالایی‌را برآورده می کند.**یک حلقه سرنیزه**نه تنها امکان باز وبسته شدن آسان دستگاه را فراهم می کند، بلکه شکل خاص‌آن استحکام فوق العاده ای به بدنه می بخشد. گزینه های‌مختلف نصب که قبلا تّوضیح داده شد، برای ابزارهای‌صنعتی نیز امکان پذیر است.



.۱مورد
.۲واشر
.۳حلقه سرنیزه
.۴پنجره

شکل۱.۱۰۱سیستم مدولار برای مصارف صنعتی ابزارهای‌اندازه گیری فشار با حلقه سرنیزه ای

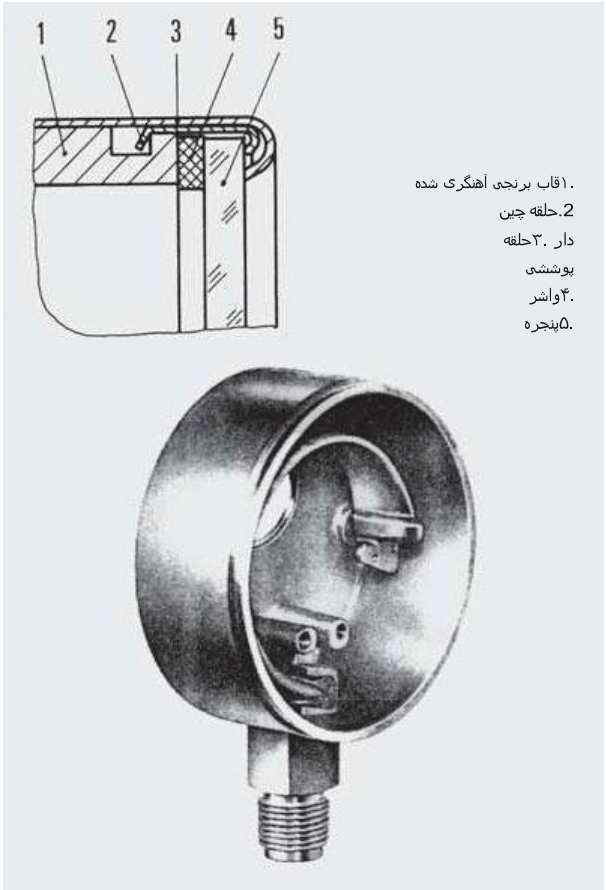
درحالی که لبه فرورفته قاب، سطح آب بندی خوبی را فراهم می کند،سطح صاف بیرونی از تجمع گرد و غبار و عواقب خورندگی‌آن جلوگیری می کند.

جعبه های‌آهنگری شده برای پر کردن مایعات

علاوه‌بر قاب های برنجی یا آلومینیومی با حلقه رزوه دار که اکنون‌به ندرت مورد استفاده قرار می گیرند، طرح قابی که محبوبیت‌زیادی پیدا کرده است، قاب برنجی آهنگری شده با حلقه‌چین دار است.

بدنه‌و اتصال، یک واحد را تشکیل می دهند. با نگه داشتن پنجره‌توسط یک حلقه ی چین دار، این سازه از استحکام فوق العاده ای‌برخوردار است (شکل).۱۰۲.۱

الف**حلقه پوشش** برای اهداف زیبایی اضافه می شود، اما می توان‌یک حلقه پروفیل یا فلنج جلویی برای نصب پنل جایگزین‌آن کرد. این طرح با داشتن اتصالات آب بندی شده بسیارکم، برای پر کردن با مایع ایده آل است. این طرح بارها درسخت ترین شرایط موجود در سرویس نیروی سیال و سایرکاربردهای هیدرولیک، خود را ثابت کرده است.

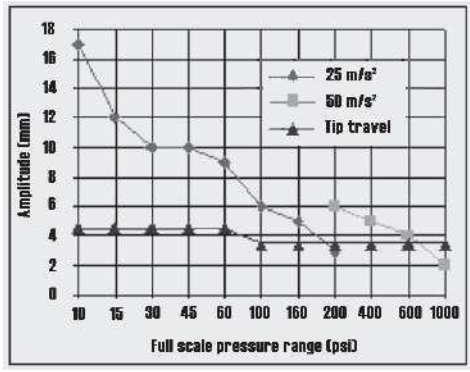


.۱قاب برنجی آهنگری شده
2.حلقه چین دار .۳حلقه پوششی
.۴واشر
.۵پنجره

شکل۱.۱۰۲ محفظه‌برنجی آهنگری شده برای پرکردن مایع

۱.۴.۴.۳میرایی ارتعاش با پر کردن مایع

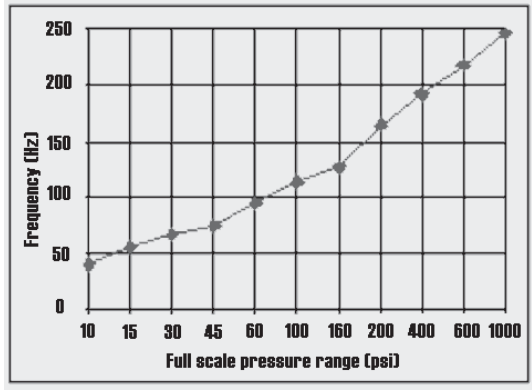
بسیاری‌از ابزارهای اندازه گیری فشار در معرض ارتعاشات یا شوک هایی‌هستند که یا توسط خود سیال فرآیند، توسط نصب‌ابزار یا در حین کار منتقل می شوند. در نتیجه، قطعات‌متحرک و عقربه شروع به لرزش می کنند و خواندن فشاربسیار دشوار یا حتی غیرممکن می شود. در موارد شدید،عنصر اندازه گیری ممکن است توسط رزونانس شکسته‌شود و خطراتی از نشت سیال رخ دهد. این مشکل وراه حل کلی آن برای سیستم های اندازه گیری لوله بوردون درزیر مورد توجه ویژه قرار گرفته است.



شکل۱.۱۰۴تجربی مشتق شده از am-
دامنه های‌اندازه گیری
عناصربرانگیخته شده با
فرکانس‌رزونانس

فرکانس ها و دامنه های رزونانس

فرکانس های‌رزونانس عناصر اندازه گیری با محدوده های فشارمختلف و دامنه های آنها در حالت رزونانس بر روی یک‌نوسانگر الکتروهیدرولیکی تعیین شدند. شکل 1.103 فرکانس های‌رزونانس متوسط را به عنوان تابعی از محدوده‌فشار در مقیاس کامل نشان می دهد. فرکانس های رزونانس‌عناصر اندازه گیری مختلف با فشار در مقیاس کامل‌افزایش می یابد. تحریک با فرکانس های رزونانس آنها دامنه های‌متوسط sرا تولید می کند.



شکل۱.۱۰۳رزونانس مشتق شده از آزمایش
فرکانس هایnant عناصر
اندازه گیری

مقاومت‌رزونانس عناصر اندازه گیری نیز بررسی شد. نتایج دربخش زیر خلاصه شده است. شتاب نوسان ساز از 25 میلی ثانیه‌افزایش یافت‌تا ۵۰ میلی ثانیه.

درفشار کامل ۲۰۰ PSI و بالاتر.

وقتی‌المان های اندازه گیری تحت فشار کامل مربوط به خودقرار می گیرند، تقریبا ۰.۵٪ کاهش دامنه وجود دارد. قوسی‌شدن پروفیل لوله که ناشی از فشار داخلی است، به لوله‌بوردون دایره ای، گشتاور اینرسی بالاتری می دهد. این امرنه تنها منجر به کاهش دامنه، بلکه افزایش جزئی (کمتر از۱ هرتز) فرکانس رزونانس نیز می شود. اگر فرکانس نوسان سازروی فرکانس رزونانس اصلاح شده تنظیم شود، دامنه‌دوباره تا تقریبا ۰.۸٪ مقدار اولیه افزایش می یابد. اثر معکوس‌خلاء می تواند روی گیج ۱۵ PSI رخ دهد.

مقاومت‌در برابر رزونانس

مقاومت‌رزونانس یک عنصر اندازه گیری، حالت خاصی از پایداری‌ارتعاشی است، یعنی تعداد سیکل های نوسانی در رزونانس‌که پس از آن عنصر اندازه گیری آسیب می بیند. برای‌تعیین مقاومت یک عنصر اندازه گیری در برابر رزونانس،آن را تحت فشار ۵۰٪ از فشار اسمی خود قرار می دهندو با فرکانس رزونانس آن تحریک می کنند. افت فشاردر عنصر اندازه گیری نشان می دهد که لوله بوردون دایره ای‌ترک خورده است. شکل ۱۰۵.۱ میانگین تعداد سیکل های‌نوسانی تا زمان شکستن لوله های بوردون را نشان‌می دهد. تفاوت در مقاومت رزونانس عناصر اندازه گیری‌مختلف به دلیل تفاوت در هندسه لوله های آنها است.

تمام‌پارامترهایی که بر مدول الاستیک لوله بوردون تأثیر می گذارند،مقاومت رزونانس سیستم را نیز تغییر می دهند. این‌پارامترها عبارتند از ضخامت دیواره، ارتفاع کویل وعرض کویل از لوله (شکل 1.64 را ببینید). محدوده های فشار بالاتر، مقاومت بسیار بهتری در برابر رزونانس‌نسبت به محدوده های فشار کمتر از PSI 160 نشان‌می دهند.

درسیستم های PSI ۲۰۰ دامنه با شتاب ۲۵ میلی ثانیه‌در حال‌حاضر به مقداری کاهش می یابد که کوچکتر از جابجایی درفشار اسمی است (شکل 1.104). این منجر به سطح بالاتری‌از مقاومت رزونانس با تعداد زیادی چرخه نوسانی تا شروع‌آسیب می شود. بنابراین شتاب باید به 50 میلی ثانیه افزایش‌یابد. جنبه های جالب دیگر این تحقیقات، نقاط آسیب‌دیده روی عنصر اندازه گیری است. به طور کلی فقط دوناحیه ممکن وجود دارد که لوله بوردون می تواند در اثر ارتعاشات‌مکانیکی شکسته شود. یا بریدگی باعث ایجاد ترک‌در جوش اتصال لوله به تکیه گاه آن می شود یا لوله در سنگین ترین‌نقطه لبه بالایی آن می شکند (شکل 1.57 را ببینید). در عناصر اندازه گیری با سطح مقطع صاف، درز جوش‌ترک می خورد. اعمال فشار داخلی، بار اضافی را بر لبه بالایی‌اعمال می کند. در این حالت، لوله بوردون در لبه بالایی‌خود ترک می خورد.

درآزمایش دیگری، انواع مختلفی از المان های اندازه گیری از نظرمقاومت رزونانسی تحت فشار اسمی یکسان (PSI 200) بررسی‌شدند. جدول 1 انواع مختلف، مقاومت رزونانسی آنهاو شتاب اعمال شده را نشان می دهد.

عنصراندازه گیری نوع	شتاب [ام اس]۲	رزونانس مقاومت
الف) مسطح (b/a = 0.30)	۲۵	۳۰۰۰۰
ب) تخت، لوله V میلی متر درلوله فرو رفته پشتیبانی	۲۵	۳۰۰۰۰
ج) بالا (b/a = 0.52)	۲۵	۱۰۰۰۰۰
د) صاف، زیر فشاراسمی	۲۵	۱۰۰۰۰۰
ه) تخت، پر کردن مایع، روغن (25میلی متر/ت)ها)	۱۰۰	۲۰۰۰۰۰۱
و) صاف، در مایع پرکننده، گلیسیرین/آب ۱۲۰(میلی متر/ت)ها)	۱۰۰	بدون‌استراحت (>10۷)

جدول ۱.۱ مقاومت رزونانسی و شتاب‌اعمال شده

همانطورکه جدول نشان می دهد، هیچ تفاوتی در مقاومت رزونانس‌بین انواع الف) و ب وجود ندارد. برخلاف سیستم های‌اندازه گیری الف)، لوله در نوع ب) قبل از جوشکاری،تا عمق V میلی متر در تکیه گاه لوله قرار داده شد.در مورد المان های اندازه گیری لحیم کاری شده، این امر برای‌ایجاد یک اتصال بادوام ضروری است، اما در مورد قطعات‌جوش کاری شده، هیچ بهبودی حاصل نمی شود.

تغییرهندسه لوله در نسبت ارتفاع/عرض (b/a) برای دسته ج در جدول 1.1، عمر را در شرایط رزونانس تا 3 برابر افزایش‌می دهد. همین امر در مورد فشاردهی نمونه نیز صدق‌می کند. در این مورد، دلیل مقاومت بهتر در برابر رزونانس،کاهش دامنه است. بهترین نتایج زمانی حاصل می شودکه لوله بوردون با مایع پر شده، میرا شود. مقاومت رزونانس‌در مقایسه با نسخه های بدون میرا، هنگام استفاده ازروغن با ویسکوزیته فقط 25 میلی متر، چندین برابر بهبود می یابد.۲برای به دست آوردن شکستگی ناشی از رزونانس دردسته e)، بار باید با نرخ شتاب ... اعمال شود.

بررسی‌انواع ابزار دقیق

برای‌بررسی ابزارهای اندازه گیری کامل، انجام آزمایش هایی باپیچیدگی حتی بیشتر از آزمایش های مربوط به عناصر اندازه گیری‌ضروری است. حرکت یک ابزار، یک جزء مستقل است‌که به اندازه عنصر اندازه گیری مستعد ارتعاش است. این‌دو جزء توسط میله کششی به هم متصل شده اند. برای ارزیابی‌پایداری ارتعاش، چهار ابزار با انواع مختلف میرایی تحت‌آزمایش ارتعاش قرار گرفتند. علاوه بر یک ابزار بدون میرایی،یک ابزار با میرایی شفت اشاره گر، یکی با میرایی شفت‌اشاره گر و اهرم قطعه ای و یکی با پر شدن با مایع وجودداشت. نتایج این آزمایش ها در جدول 1.2 خلاصه شده‌است.

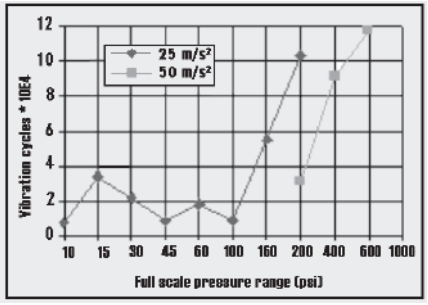
میرایی ویژگی ها	صفر- انحراف بعداز ۲۰۰/۵۰ ساعت ها	وضعیت سازها بعداز ۲۰۰ ساعت
بدون‌میرایی	۳.۳/۳.۰ %	عملکردی با محدودیت ها
شفت‌اشاره گر بامیرایی	۳.۳/۶۶٪	طولانی‌تر عملکردی
شفت‌اشاره گر و محوراهرم قطعه بامیرایی	۳.۹/۳۴٪	عملکرد طولانی‌تر
پرکردن مایع با گلیسیرین/آب ۱۲۰(میلی متر/ها)	۰.۶/۰.۸٪	عملکرد به‌طور کامل

جدول۲.۱ نتایج آزمایش ها روی نمونه های مختلف روش های‌میرایی

دامنه های‌نسبتا بالای اشاره گر تقریبا در تمام فرکانس های آزمایش‌ارتعاش روی یک ابزار بدون پرکننده با حرکت بدون میرا،ایجاد می شوند. ویژگی های ارتعاش ابزار علاوه بر ارتعاشات‌عنصر اندازه گیری، تحت تأثیر لقی در چرخ دنده و میله‌کشش قرار می گیرند. دیگر هیچ فرکانس رزونانس مشخصی‌وجود ندارد، بلکه کل محدوده های فرکانسی وجود داردکه در آن اشاره گر با دامنه کمتر یا بیشتر می لرزد. فرکانس هایی‌با حداکثر دامنه اشاره گر با عبور از این باند فرکانسی‌تعیین می شوند (شکل 1.106). از آنجایی که هیچ نیروی‌میرایی عمده ای وجود ندارد، ابزار بدون میرا در آزمایش‌خستگی ارتعاش بادوام است. پس از یک دوره آزمایش200 ساعته، انحراف صفر تنها 3٪ بود و همه اجزا هنوزدر حالت کار بودند. در ابزارهای بدون میرا، لوله می تواندبا دامنه بزرگی ارتعاش کند. از این رو خطر شکستگی‌ناشی از رزونانس در عنصر اندازه گیری با از دست دادن‌محیط فشار وجود دارد.

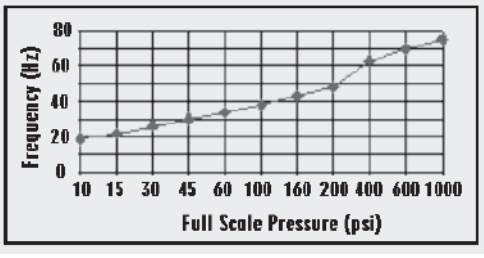
باحرکت میرا، امتدادی از محور عقربه یا محور اهرم قطعه در یک‌ظرف کوچک پر از یک محیط با ویسکوزیته بالا که نیروهای‌میراکننده مورد نظر را تولید می کند، حرکت می کند.برخلاف ابزارهای بدون پر کننده با حرکت میرا، نشانگردر ابزارهایی با حرکت میرا عملا تحت تأثیر هیچ لرزشی‌قرار نمی گیرد. حتی لرزش های لوله از طریق میله کشش‌در محدوده مجاز نگه داشته می شوند. در نگاه اول، این‌یک راه حل بسیار خوب برای ابزارهایی در نقاط اندازه گیری‌در معرض ارتعاشات مکانیکی به نظر می رسد. آزمایش های‌عملی نشان می دهند که عکس این قضیه صادق‌است.

میرایی‌حرکت به این معنی است که لازم است تمام نیروهای‌میرایی از چرخ دنده، اهرم قطعه و میله کشش به انتهای‌لوله منتقل شود. نیروهای وارده زیاد هستند و باعث سایش‌شدید این اجزا می شوند. تحت شرایط آزمایش ذکر شده‌در بالا، دستگاه تنها پس از ۱۰۰ ساعت غیرقابل استفاده شد.دندانه قطعه آسیب دید و پین های یاتاقان ساییده شدندو باعث جدا شدن و کج شدن قطعه دندانه دار در داخل‌حرکت شدند. میرایی عنصر اندازه گیری دیگر تضمین نشده‌بود و لوله بدون محدودیت می لرزید.



شکل۱۰۵.۱مقاومت رزونانسی، تعدادسیکل های ارتعاش تا شکست‌ناشی از رزونانس

آسیب‌مشابهی نیز در دستگاه هایی با شفت اشاره گر میرا و محوراهرم قطعه ای مشاهده شد. در اینجا نیز، نیروهای لوله بوردون‌دایره ای باید توسط حرکت در شرایط ارتعاش مکانیکی‌جذب می شدند. دو میراگر و یک چرخ دنده PTFE توانستندبه طور موقت از آسیب به سیستم اندازه گیری جلوگیری‌کنند. پس از یک دوره آزمایش ۳۰۰ ساعته، دستگاه دارای‌انحراف صفر بیش از ۳۰٪ (در حالت بدون فشار اشاره گردر ۵۰ PSI) بود. دلیل اصلی این امر، یک میله کششی‌فرسوده بود.



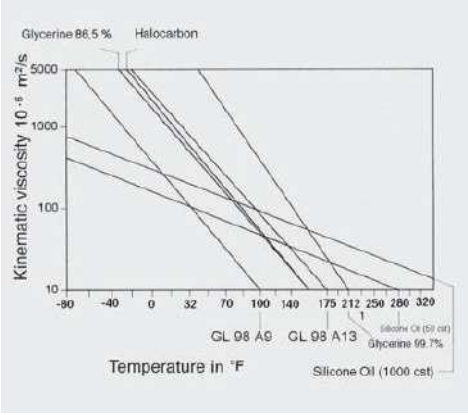
شکل۱۰۶.۱فرکانس هایی با حداکثر دامنه‌اشاره گر ابزارهای پر نشده بدون حرکت میرا

اگرچه‌بزرگترین دامنه عقربه یک دستگاه PSI 160 بدون میرا درناحیه 43 هرتز قرار دارد (شکل 1.106 را ببینید)، اما این فرکانس‌بحرانی برای همان دستگاه با سیستم اندازه گیری میرانیست. برای دستگاهی از این نوع، بیشترین آسیب در فرکانس‌رزونانس عنصر اندازه گیری رخ می دهد. در این فرکانس،عنصر اندازه گیری سعی می کند با دامنه بیش از حددر برابر مکانیزم میرا ارتعاش کند و صدای تق تق بلندی ایجادکند.

این‌نشانه بارز فرسودگی زیاد در اجزای انتقال دهنده است.

دردستگاه های پر شده با مایع، میرایی ارتعاشات هم در عنصراندازه گیری و هم در حرکت و عقربه وجود دارد. میرایی خوب‌عنصر اندازه گیری از دامنه ها و نیروهای بزرگ جلوگیری‌می کند و دستگاه ها را در برابر خرابی محافظت می کند.مایع پر شده علاوه بر خواص میرایی، به عنوان روان کننده‌و خنک کننده برای تمام قطعات متحرک نیز عمل می کند و بنابراین به کاهش بیشتر سایش کمک می کند. دستگاه‌پر شده با مایع پس از آزمایش خستگی ارتعاشی هنوزکاملا دَر حال کار بود. این تنها دستگاهی بود که انحراف صفرپس از آزمایش از حد دقت ۰.۱٪ برای این کلاس تجاوز نکرد.

میرایی بخشی از ارتعاشات توسط اصطکاک وابسته به سرعت‌قطعات متحرک در مایع ایجاد می شود. با تغییرات سریع،مقدار متوسط فشار به عنوان مقدار مؤثر نشان داده می شود،و با تغییرات آهسته، هیچ تغییری در مقدار ایجاد نمی شود. اصطکاک درون یک مایع به ویسکوزیته مایع و همچنین‌سرعت قطعات متحرک بستگی دارد. از آنجایی که ویسکوزیته‌مایعات به دما وابسته است، می توان پرکننده های‌استانداردی را برای مطابقت با شرایط حرارتی مختلف‌کاربرد انتخاب کرد. شکل 1.107 رابطه بین دما و ویسکوزیته‌پرکننده های استاندارد را نشان می دهد.



شکل۱.۱۰۷ ویسکوزیته سینماتیکی مایعات‌پرکننده مختلف به عنوان‌تابعی از دما

هنگام‌نصب لوازم جانبی الکتریکی، از روغن های عایق برای اطمینان‌از مقاومت عایقی لازم استفاده می شود. در صورت‌وجود خطر واکنش شیمیایی بین مایع اندازه گیری و مایع‌پرکننده در صورت نشتی، یعنی اکسیژن با گلیسیرین، از مایعات‌بی اثر استفاده می شود.

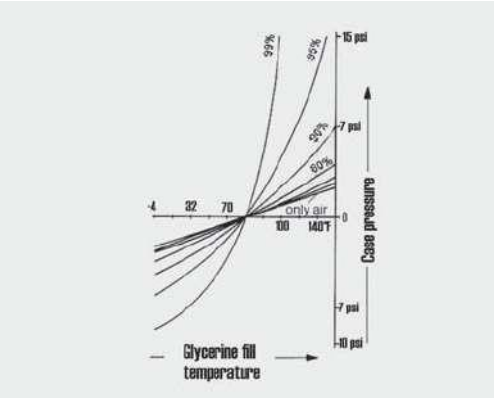
وابستگی‌دمایی پایین روغن های سیلیکونی در مقایسه با سایرمایعات، در شرایط آب و هوایی بسیار سخت مانند سیبری‌یا آلاسکا ثابت شده است. یخ زدگی احتمالی قطعات‌متحرک با پر کردن با مایع جلوگیری می شود، یعنی ابزارهاحتی در شرایط بسیار سخت نیز کار می کنند.

مزیت‌دیگر پرکننده های مایع این است که از خوردگی داخلی ابزاراندازه گیری فشار جلوگیری می کنند.

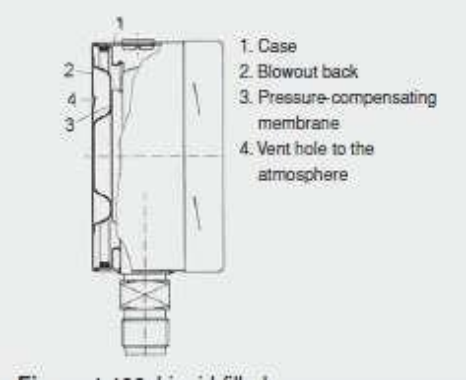
گیج های‌فشار با یک عنصر انعطاف پذیر برای اهداف مرجع نیازبه تماس با جو اطراف دارند. ابزارهای پر از مایع باید برای‌حمل و نقل بسته باشند، اما هنگام راه اندازی باید تهویه‌شوند و سپس تهویه آنها حفظ شود.

این‌بدان معناست که ابزارهای مهر و موم شده هرمتیک به ویژگی های‌طراحی نیاز دارند که از افزایش فشار ناشی از تغییرات‌حرارتی جلوگیری کنند.

دوراه اصلی برای کاهش فشار محفظه در ابزارهای پر شده بامایع و کاملا آب بندی شده وجود دارد. روش اول، بستن یا اتصال‌یک دیافراگم است، یا**غشای جبران کننده فشار** به قسمت‌داخلی پشت محفظه گیج (شکل 1.109). گزینه دوم نصب‌یک غشای شفاف در زیر پنجره است. این گزینه، **پنجره‌غشایی**در هر دو مورد، یک طرف غشاء به اتمسفر راه داردکه به حجم محفظه اجازه می دهد با تغییرات ناچیز در فشارمحفظه، افزایش یا کاهش یابد.



شکل۱.۱۰۸افزایش فشار محفظه برای گیج های‌پر شده با مایع بدون جبران دما



شکل۱.۱۰۹فشارسنج پر از مایع باغشای جبران کننده دما.

جبران‌فشار داخلی نیاز به حباب هوا را از بین می برد که این امربه ویژه برای کاربردهایی که گیج در موقعیت شیب دار استفاده‌می شود و حباب در خواندن فشار تداخل ایجاد می کند،بسیار مهم است.

خلاصه

پرکردن مایع:

درصورت استفاده در شرایط عملیاتی دینامیکی h، عمر گیج به پایان می رسد.

شکستگی‌ناشی از رزونانس دریچه های تهویه در لوله های‌اردون

حتی‌در صورت وجود لرزش و ارتعاش، مقادیر ws قابل خواندن هستند.

ازورود هوای محیط تهاجمی به محفظه گیج جلوگیری می کند

تراکم‌دریچه ها و تشکیل

قابلیت‌اطمینان عملیاتی کلی را حتی تحت بارهای شدیدحفظ می کند

راه‌حل اقتصادی برای مشکلات اندازه گیری فشار.

۱.۴.۴.۴ایمنی ابزارهای اندازه گیری فشار

عمرمفید ابزارهای اندازه گیری فشار را می توان با استفاده ازپرکننده مایع برای کاهش ارتعاش و با استفاده از فولادهای‌آستنیتی مقاوم در برابر خوردگی برای قطعات مرطوب،به طور قابل توجهی بهبود بخشید. حتی با وجود این‌محافظت ها، در نهایت خرابی ناشی از پیری سیستم فشارزخ خواهد داد. بنابراین، باید عوامل ایمنی برای محافظت‌از اپراتور در صورت خرابی در نظر گرفته شود.

محافظت‌در برابر قاب های جلویی محکم

یکی‌از خطرات بالقوه برای کاربر، نشت سیال فرآیند است که‌ممکن است داغ، سمی یا خورنده باشد و از ابزار اندازه گیری،لوله فرآیند یا ...

خطردیگر، انرژی ذخیره شده در لوله بوردون است که در صورت‌آسیب دیدن ممکن است با سرعت بسیار بالایی آزادشود. این نوع آسیب می تواند در اثر ترک های ناشی از پیری‌در لوله یا از نقص در ماده یا اتصالات آن رخ دهد. حتی دقیق ترین‌روش های تولید و برنامه های کنترل کیفیت نیز نمی توانند این احتمال را به طور کامل از بین ببرند. مثال زیر میزان‌انرژی ذخیره شده در یک لوله بوردون را در فشار کامل آن‌نشان می دهد.

For liquid process fluids:

$$W_{Liq} = \frac{\chi \cdot V_N}{2} \cdot p_N^2 \qquad (1\text{-}39)$$

and for gaseous fluids:

$$W_{Gas} = p_N \cdot V_N \cdot \ln \frac{p_{amb}}{p_N} \qquad (1\text{-}40)$$

W = Energy

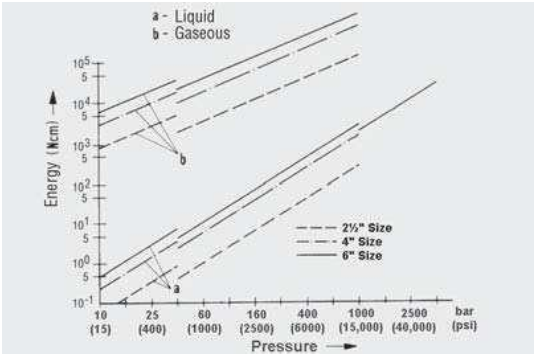
χ = Compressibility of the liquid

($\chi_{water} = 44 \cdot 10^{-11} \frac{m^2}{N}$)

V_N = Volume of the measuring element at full scale pressure

p_N = Full scale pressure of the instrument

p_{amb} = Atmospheric pressure



شکل۱.۱۱۰انرژی ذخیره شده در بوردون لوله‌در فشار کامل با سیال فرآیند مایع‌یا گازی

درصورت آسیب، انرژی ذخیره شده در لوله بوردون با بازه های‌زمانی مختلف آزاد می شود. با نشتی های کوچک دراتصالات یا ترک های مویی در لوله بوردون، فشار داخل محفظه‌افزایش می یابد. با فشارسنج های استاندارد، این فشارافزایش یافته ممکن است از طریق نشتی های داخل محفظه‌بدون پارگی محفظه یا پنجره به جو خارج شود. با این حال،با فشارسنج های پر از مایع، فشار به دلیل تراکم ناپذیری‌سیال، بسیار سریع تر افزایش می یابد. حد فشارانفجار برای یک پنجره شیشه ایمنی چند لایه (معمولا بًا ضخامت0.16 اینچ)

شکل۱.۱۱۰ انرژی را برای مجموعه ای از سه ابزار اندازه گیری لوله‌بوردون نشان می دهد. جهش ناگهانی در منحنی های مشخصه‌ناشی از تغییر از لوله های بوردون C شکل برای فشارهای‌کوچک و متوسط در مقیاس کامل به لوله های بوردون‌مارپیچ برای فشارهای بالا و بسیار بالا و همچنین تغییرحجم مربوطه است. تحلیل انرژی برای سیالات فرآیند مایع،گازهای حل شده در آنها را در نظر نمی گیرد. بسته به محتوای‌واقعی گاز، سطح انرژی جایی بین منحنی های مربوطبه محیط های گازی و مایع قرار خواهد گرفت.

مشروط بر اینکه پنجره توسط سوراخ ها ضعیف نشده باشد. تجربه‌نشان می دهد که در صورت آسیب به لوله بوردون یا اتصال‌آن، افزایش آهسته فشار در محفظه معمول نیست. گیج هایی‌که لوله های بوردون آنها نزدیک به پایان عمر مفید خودهستند، هنگام تحت فشار قرار گرفتن، ناگهان
ترکیده اند.

مقایسه‌با انرژی یک گلوله، ایده واضح تری از میزان انرژی نشان‌داده شده توسط منحنی ها ارائه می دهد.

سرعت‌بالای این اتفاق، احتمال نشت آهسته از محفظه یا پنجره‌را از بین می برد. پنجره و بخش هایی از سیستم اندازه گیری‌به هوا پرتاب می شوند و هر فردی را که در جلوی‌دستگاه باشد، در معرض خطر بزرگی قرار می دهند. مشخص‌است که خرده های شیشه با انرژی جنبشی بسیار کمتراز گلوله می توانند باعث آسیب جدی به صورت و از دست‌دادن بینایی شوند.

برای‌کاهش احتمال آسیب به اپراتور در صورت خرابی سیستم‌اندازه گیری، WIKA محفظه های ایمنی با روکش محافظاراﺋه می دهد. این محفظه ها برای مطابقت با استانداردهای‌ایمنی اروپا طراحی شده اند که بسیار سختگیرانه تراز استانداردهای ایمنی ایالات متحده هستند. این‌استانداردهای اروپایی (مطابق با استاندارد EN 837) ایجاب‌می کنند که اگر حجمی معادل حجم لوله بوردون تحت فشار۵.۲ برابر فشار کل قرار گیرد و ناگهان در داخل محفظه آزادشود، موارد زیر برای کاربر تضمین می شود:

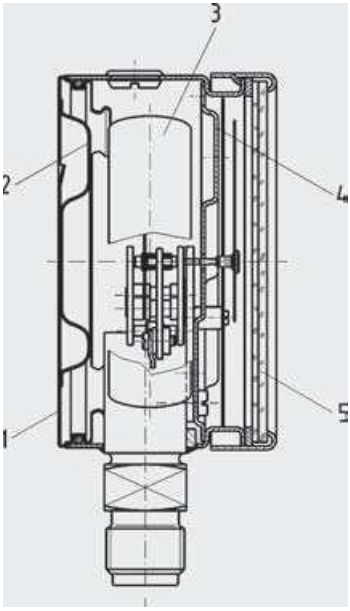
۱.دیواره جداکننده بین صفحه مدرج و لوله بوردون پاره نخواهدشد.

۲.فشار، صفحه پشتی را منفجر کرده و از پشت گیج خارج می شود.

۳.لوله بوردون از ماده ای ساخته شده است که در صورت پارگی،خرد نمی شود.

۴.شیشه ایمنی لمینت شده خرد یا تکه تکه نمی شود

طراحی‌محفظه ایمنی با بدنه ی محکم را می توان در شکل ۱۱۱.۱مشاهده کرد.



۱.صفحه پشتی بادخور
۲.غشای جبران کننده فشار (اختیاری)
۳.لوله بوردون بدون ترک خوردگی
۴.دیوار جداکننده نشکن
۵.شیشه ایمنی لمینت شده

شکل۱.۱۱۱طراحی گیج ایمنی جلویی محکم WIKA

انواع‌فشارسنج با طراحی محفظه ایمنی WIKA به شرح زیر موجوداست:

-ابزارهای اندازه گیری فشار در ۱/۲۲اندازه های "، 4" و 6" برای‌تمام محدوده های فشار استاندارد از 10 تا 60،000 PSI، با و بدون پر کردن مایع

-ابزارهای اندازه گیری فشار با لوازم جانبی الکتریکی مانند حسگرهای‌مجاورتی القایی در مدارهای کنترل ذاتا آیمن و فرستنده های‌از راه دور در اندازه های ۴ و ۶ اینچی.

گیج های با اندازه ۶ اینچ معمولا بّرای اضافه کردن لوازم جانبی‌الکتریکی استفاده می شوند. آن ها به دلیل نیروهای کنترلی‌بالای ناشی از المنت لوله بوردون بزرگتر، از دقت و قابلیت‌اطمینان بالاتری برخوردارند.

برای‌کاربردها در صنایع شیمیایی و پتروشیمی، ابزارهای جبهه‌جامد توصیه می شوند. ابزارهای جبهه جامد، نیاز به قابلیت‌اطمینان، عمر طولانی و ایمنی را برآورده می کنند زیرابا مواد و محفظه های لوله بوردون مقاوم در برابر خوردگی‌طراحی شده اند و معمولا بّا مایع پر می شوند.

استانداردهادر بسیاری از کشورها الزامات ایمنی برای گیج های‌فشار لوله بوردون را مشخص می کنند. در ایالات متحده،آزمایشگاه های Underwriter طرح های گیج را برای‌صنایع جوشکاری و پزشکی تأیید کرده اند. UL تأیید خود رابر اساس نتایج آزمایش های واقعی در آزمایشگاه های خودانجام می دهد تا مطمئن شود که گیج ها الزامات سختگیرانه‌را برآورده می کنند. در کانادا، CSA همان نوع آزمایش‌و تأییدیه ها را انجام می دهد.

گیج های‌محفظه ایمنی در اندازه های ۴ اینچ یا کوچک تر را می توان‌بدون دیوار حائل بین سیستم فشار و صفحه مدرج‌تهیه کرد. در این حالت، باید از دریچه های مخصوص تخلیه‌هوا یا از طریق روزنه های موجود در کف محفظه استفاده‌شود. علاوه بر این، پنجره باید توسط یک حلقه نگهدارنده‌محکم در جای خود نگه داشته شود تا در صورت پارگی‌لوله، از خروج هوا جلوگیری شود.

خلاصه
بدنه‌یکی از اجزای مهم فشارسنج است زیرا:

-از سیستم فشار در برابر تأثیرات خارجی محافظت می کند تاقرائت های دقیق را تضمین کند.
-با پر کردن گیج با مایع، به افزایش عمر دستگاه کمک‌می کند.
-در صورت نشت سیستم فشار، از کاربر محافظت می کند

لوازم‌جانبی گیج فشار بخش مهمی از سیستم های اندازه گیری‌فشار هستند زیرا برای عملکردهای نظارتی و کنترلی‌اضافی مورد نیاز هستند. برخی از این لوازم جانبی در بخش‌زیر شرح داده شده اند.

۵.۴.۱لوازم جانبی برقی و پنوماتیکی

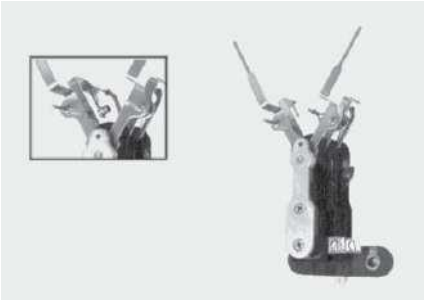
گیج های‌فشار می توانند به لوازم جانبی الکتریکی یا پنوماتیکی‌مانند کنتاکت های هشدار یا فرستنده ها مجهز شوند.این لوازم جانبی چرخش عقربه یا چرخش شفت عقربه رابه یک خروجی الکتریکی یا پنوماتیکی تبدیل می کنند.

۱.۵.۴.۱کنتاکت های هشدار

کنتاکت های‌آلارم را می توان به دو نوع جداگانه تقسیم کرد؛ مستقیم‌یا غیرمستقیم.

مخاطبین‌مستقیم

کنتاکت های‌مستقیم، کلیدهای مکانیکی ساده ای هستند که‌یک مدار الکتریکی را با یک بازوی کنتاکت متصل به عقربه،باز یا بسته می کنند. ساده ترین شکل کنتاکت های مستقیم،کنتاکت **تماس با زنگ کشویی** نامیده می شود.
.



شکل۱.۱۱۲ تماس‌با آلارم با کمک مغناطیسی

عمل"باز" و "بسته" در دو پین کنتاکت انجام می شود. به دلیل‌اختلاف ولتاژ، در هنگام سوئیچینگ یک قوس الکتریکی‌ایجاد می شود. این قوس باعث سوختن مواد کنتاکت‌شده و عمر سوئیچ را کوتاه می کند.

برای‌کاهش قوس الکتریکی، می توان یک آهنربای دائمی کوچک‌را زیر پین تماس بازوی کنترل قرار داد که پین تماس دیگررا با یک "ضربه ناگهانی" درست به محض رسیدن به نقطه‌کنترل جذب می کند. همین امر در مورد دور شدن عقربه‌از نقطه کنترل نیز صادق است.

بازوی‌کنتاکت به پین کنتاکت متصل می شود تا زمانی که فشاربا یک "ضربه محکم و ناگهانی" بر جاذبه مغناطیسی آنها غلبه‌کند. کنتاکت های هشدار با این آهنربا، زنگ خطر نامیده می شوند.**کنتاکت های هشدار با کمک مغناطیسی**.

کنتاکت های‌هشدار با کمک مغناطیسی چندین مزیت نسبت‌به کنتاکت های هشدار کشویی دارند. آن ها ظرفیت سوئیچینگ‌بالاتری دارند، عمر مفید بیشتری دارند و در برابرلرزش مقاوم تر هستند. کنتاکت های هشدار با کمک مغناطیسی‌را می توان در گیج های پر از مایع نیز استفاده کرد،در حالی که قوس الکتریکی ناشی از کنتاکت های هشدارکشویی آن ها را برای گیج های پر از مایع نامناسب می کند.

معایب‌کنتاکت های هشدار با کمک مغناطیسی، هیسترزیس‌سوئیچینگ بالاتر آنها بین حرکت افزایشی و کاهشی‌و خطای نشان دادن ناشی از آن است. به همین دلیل،کنتاکت های هشدار با کمک مغناطیسی نباید در ابزارهای‌اندازه گیری دقیق استفاده شوند.

عملکردکنتاکت های کشویی و مغناطیسی تحت تأثیرجو محیط و همچنین جریان الکتریکی قرار می گیرد. بنابراین،مواد کنتاکت تقریبا همیشه فلزات گرانبها، آلیاژهای فلزات‌گرانبها یا مواد متخلخل حاوی فلزات گرانبها هستند، زیراهمه آنها مقاومت اکسیداسیون خوبی و رسانایی الکتریکی‌عالی دارند. هنگام کار با ولتاژهای پایین، مانند مناطق‌بالقوه انفجاری، مقاومت شیمیایی مواد کنتاکت مهم‌است زیرا خوردگی آنها منجر به افزایش مقاومت تماس‌می شود.

جنس‌کنتاکت استاندارد، آلیاژی متخلخل با 30% تنگستن و 70% نقره است. این آلیاژ در ولتاژهای بالا و پایین ویژگی های‌خوبی دارد و مقاومت خوبی در برابر قوس الکتریکی‌دارد. کنتاکت های طلایی مقاومت اکسیداسیون و رسانایی‌خوبی دارند. آن ها برای سوئیچینگ ولتاژ پایین تا محدوده‌میلی ولت استفاده می شوند.

آلیاژهای‌پلاتین، مانند پلاتین و ایریدیوم، سختی و مقاومت سایشی‌بسیار بالایی را همراه با مقاومت شیمیایی خوب نشان‌می دهند. آنها برای شرایط سخت، به ویژه برای کاربردهای‌ولتاژ پایین، استفاده می شوند. علاوه بر مواد ذکر شده‌در بالا، سایر فلزات یا آلیاژهای گرانبها برای‌کاربردهای خاص در دسترس هستند.

می توان‌چندین کنتاکت را با اتصالات مشترک یا مستقل در یک‌گیج فشار نصب کرد. حداکثر تعداد کنتاکت ها برای هر ابزاربه نیروی محرکه (گشتاور) سیستم فشار بستگی دارد که بایدتأثیر منفی بر دقت را جبران کند. گیج هایی که فشارهای پایین تررا اندازه گیری می کنند، عموما نیروی محرکه کوچک تری‌نسبت به گیج هایی که فشارهای بالا را اندازه گیری‌می کنند، دارند و بنابراین می توانند از تعداد کمتری‌کنتاکت هشدار پشتیبانی کنند.

برای‌ابزارهایی که عقربه را در فشار کم حرکت می دهند، مانندآنهایی که محدوده مقیاس کامل PSI۱۰۰ و کمتر دارند، نیروی‌مخالف بازوی تماسی در برابر عقربه می تواند به اندازه ای‌بزرگ باشد که کنتاکت ها موقعیت عقربه را تغییر دهندو بنابراین دقت را تغییر دهند. از آنجایی که این نیروهای‌مخالف بسته به جهت نیرو می توانند جمع پذیر یا تفریق پذیرباشند، نمی توان آنها را در طول کالیبراسیون جبران‌کرد.

رله حفاظت کنتاکت می توان برای افزایش طول عمر کنتاکت هابه آنها متصل شد. مدار کنترل این رله که ظرفیت‌سوئیچینگ بسیار بالاتری در سمت خروجی دارد، کنتاکت‌را - در برخی موارد بر اساس چرخه وظیفه - با توان سوئیچینگ‌کم بارگذاری می کند.

سایرطرح های تماس مستقیم شامل میکروسوئیچ ها و سوئیچ های‌نی شکل هستند.

میکروسوئیچ ها،سوئیچ های ضامن دار هستند که در بیشترموارد مستقیما در موتورهای مخصوص نصب می شوند.آن ها در برابر لرزش مقاوم هستند و ظرفیت سوئیچینگ‌بالاتری نسبت به کنتاکت های کشویی یا مغناطیسی‌دارند. با این حال، عیب میکروسوئیچ ها این است‌که نیروهای محرک نسبتا بالایی دارند که خطای سوئیچینگ‌بالاتری ایجاد می کند.

سوئیچ های‌رید از دو صفحه تماسی در یک لوله شیشه ای خلاءتشکیل شده اند. آن ها هنگامی که یک آهنربای دائمی که‌توسط موتور حمل می شود از آن ها عبور می کند، جذب می شوند.آن ها ابعاد بسیار کوچکی دارند.

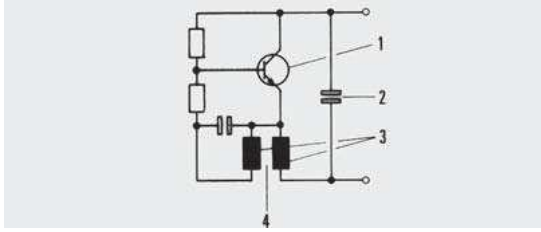
تماس های غیرمستقیم

تماس های‌غیرمستقیم علاوه بر قطعات نصب شده در دستگاه،به یک منبع تغذیه خارجی و یک مدار تقویت کننده نیازدارند. تماس های غیرمستقیم می توانند الکتریکی یا پنوماتیکی‌باشند.

تماس های‌القایی

سوئیچ های‌مجاورتی القایی الکتریکی به عنوان یک قاعده‌با مشخصات NAMUR مطابقت دارند. اکثر این سوئیچ هادارای طراحی شکاف دار هستند و بنابراین معمولا نامیده می شوند**آغازگرهای اسلات**.

آنهااز یک جفت سیم پیچ با جهت محوری مخالف که توسط یکشکاف هوایی (شیار) از هم جدا شده اند، ساخته شده اند.این جفت سیم پیچ توسط یک نوسان ساز ترانزیستوری‌فرکانس بالا تحریک می شود. میدان الکترومغناطیسی‌در شکاف هوایی بین سیم پیچ ها متمرکز است.هنگامی که یک پرچم کنترل فلزی وارد شکاف هوایی می شود،سیستم سیم پیچ تضعیف شده و مقاومت داخلی آغازگرافزایش می یابد. هنگامی که پرچم کنترل از شکاف هوایی‌خارج می شود، عکس این اتفاق می افتد. این تغییر مقاومت،یک تقویت کننده سوئیچینگ و واحدهای متصل به‌آن را کنترل می کند.

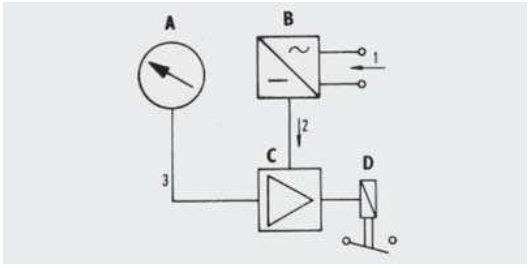


۱ترانزیستور نوسان ساز
۲ خازن‌فیلتر
۳کویل
۴میدان الکترومغناطیسی (در شیار)

شکل۱.۱۱۳ نمودارمدار یک آغازگر اسلات معمولی

آغازگرجای پین تماس را در دستگاه اندازه گیری می گیرد، امابه همان روش توسط نشانگر دستگاه کنترل می شود.

ازآنجایی که سوئیچینگ بدون تماس مکانیکی انجام می شود،سیستم الکتریکی عملا هیچ سایشی را تجربه نمی کند.تأثیر آن بر سیستم مکانیکی اندک است. از آنجایی که‌مقادیر خروجی با اکثر استانداردها مطابقت دارند، می توان‌از تماس القایی برای بسیاری از کاربردها استفاده کرد.واحدهای کنترل با منبع تغذیه جریان مستقیم، تقویت کننده‌سوئیچینگ و رله های خروجی واحدها،هستند



الف) اندازه گیری فشار ۱منبع تغذیه
ساز ۲ولتاژ تغذیه
منبع‌تغذیه ب ۳مدار کنترل
تقویت کننده‌سی
بارD، یعنی رله خروجی

شکل۱.۱۱۴ نمودار مدار یک فشارسنج ابزاراندازه گیری با کنتاکت القایی، منبع‌تغذیه و واحدهای خروجی

مقدارانرژی تأمین شده توسط آغازگر به اندازه ای کم است که‌امکان عملکرد ایمن در محیط انفجاری منطقه ۱ را فراهم می کند،البته تا زمانی که مدارهای ذاتا آیمن در واحد منبع تغذیه‌جداگانه استفاده شوند.



شکل۱.۱۵ سیستم تماس القایی برای فشارسنج ها

این‌مزایا توضیح می دهد که چرا کنتاکت القایی در طیف وسیعی‌از کاربردها محبوب شده است. امروزه در هر جایی که‌سوئیچینگ قابل اعتماد، عمر طولانی، دقت بالا و محافظت‌در برابر انفجار بسیار مهم است، از آن استفاده می شود.
چندین‌آغازگر را می توان در یک گیج فشار نصب کرد. آن ها همچنین‌می توانند در یک گیج پر از مایع کار کنند.

سایرکنتاکت های غیرمستقیم، سوئیچ های مجاورتی خازنی و سوئیچ های‌اپتیکال-الکترونیکی هستند. با این حال، آنها به ندرت‌در گیج های فشار استفاده می شوند.

تماس های‌پنوماتیک

علاوه‌بر کنتاکت های الکتریکی که در بالا توضیح داده شد، سیستم های‌کنترل پنوماتیکی نیز وجود دارند. آن ها برای کاربردهایی‌با خطرات انفجار ترجیح داده می شوند.

ازنظر ظاهری، کنتاکت ها شبیه به کنتاکت های القایی به نظرمی رسند. هد کنترل (به جای آغازگر شیار) توسط بازوی کنترل‌حمل می شود، کابل ها توسط خطوط هوایی و تقویت کننده‌الکتریکی پایین دست توسط یک سوئیچ فشارپایین جایگزین می شوند.

کنتاکت های‌پنوماتیکی اکنون به ندرت مورد استفاده قرار می گیرند وبنابراین در اینجا توضیح داده نخواهند شد.

۱.۴.۵.۲فرستنده ها

ترانسمیترهابا کنتاکت ها تفاوت دارند، زیرا آنها یک سیگنال پیوسته‌متناسب با فشار اندازه گیری شده ارائه می دهند. این‌سیگنال می تواند برای اهداف نمایش، ثبت، نظارت، کنترل‌یا انتقال از راه دور استفاده شود.

فرستنده‌پتانسیومتری

ساده ترین‌طراحی فرستنده **فرستنده پتانسیومتری**این فرستنده‌را می توان داخل محفظه یا پشت دستگاه نصب کرد.این دستگاه از یک سیم مقاومتی پیچیده شده روی یک تکیه گاه‌دایره ای و یک بازوی پاک کن متصل به شفت عقربه‌تشکیل شده است. سیم پیچ مقاومتی و بازوی
پاک کن‌معمولا آز آلیاژ فلزات گرانبها با مقاومت در برابر خوردگی‌بالا و ضریب دمایی پایین ساخته می شوند.

فرستنده پتانسیومتری یک تقسیم کننده ولتاژ است. مقاومت‌بین ابتدای سیم پیچ و بازوی برف پاک کن به عنوان‌تابعی از موقعیت عقربه تغییر می کند و ولتاژ جزئی بین‌این دو ترمینال نیز بر این اساس تغییر می کند.

علاوه‌بر سیم پیچ های استاندارد خطی، طرح های ویژه متعددی‌مانند سیم پیچ های تابعی، میله های اتصال کوتاه درهر موقعیت دلخواه، انشعاب های اضافی، جداسازی ها وغیره در دسترس هستند. چندین پتانسیومتر با سیم پیچ های‌مستقل می توانند با هم ترکیب شوند. برای محافظت‌در برابر انفجار، فرستنده پتانسیومتری در یک محفظه‌ضد فشار نصب می شود که آن را برای استفاده در منطقه۱ با پتانسیل انفجار مناسب می کند.

فرستنده های‌خازنی

فرستنده‌خازنی حتی از فرستنده پتانسیومتری نیز محبوب تر شده‌است. مزایای اصلی آن در مقایسه با پتانسیومتر عبارتنداز: عدم تماس مکانیکی و بنابراین عملا عدم سایش، حساسیت‌بالا و خروجی سیگنال جریان پیوسته و مستقل از بار.

فرستنده های‌خازنی از یک **خازن دیفرانسیل**با یک روتور و یک‌پل اندازه گیری با تقویت کننده سری. روتور به شفت عقربه‌دستگاه اندازه گیری متصل است. چرخش عقربه، پل رانامتعادل می کند که ولتاژ ورودی تقویت کننده را تغییر می دهد.سیگنال خروجی یک سیگنال جریان مستقیم است،عموما ̎0 یا 4 تا 20 میلی آمپر. جریان مستقل از بار است.این بدان معناست که پایین تر از حد بار مشخص شده،هرگونه تغییر مقاومت، یعنی تغییرات مرتبط با دما در مقاومت‌خط، هیچ تاثیری بر سیگنال ندارد.

طرح های‌ویژه با ویژگی های اختیاری در دسترس هستند، یعنی‌خروجی سیگنال 0 تا 5 یا 10 میلی آمپر، جداسازی گالوانیک‌بین مدارهای تغذیه و خروجی، یک منبع تغذیه یکپارچه‌برای اتصال مستقیم به ولتاژ متناوب و طرح های ایمنی‌ذاتی. این بدان معناست که آنها می توانند با منبع تغذیه‌کافی در یک محیط بالقوه انفجاری در منطقه 1 با خیال‌راحت کار کنند.

هردو نوع فرستنده یک عیب مشترک دارند. از آنجایی که آنهابه حرکت عقربه متصل هستند، هرگونه خطای حرکتی، مانندخطای ناشی از اصطکاک یا سایش، بر سیگنال الکتریکی‌تأثیر می گذارد.

بااین حال، گیج های فشار با حسگر اثر هال، از این مشکل اجتناب‌می کنند زیرا در تماس مستقیم با حرکت گیج نیستندو سیگنال الکتریکی توسط تغییرات مغناطیس تعیین‌می شود. (به بخش 1.3.2.2 مراجعه کنید).

ابزاراندازه گیری فشار، مکانیکی، با دیافراگمیا کپسول، برای فشار گیج، فشارمطلق و فشار تفاضلی

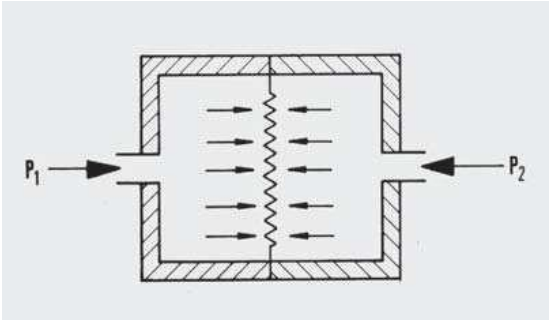
۱.۴.۶ابزارهای اندازه گیری فشار با المان انعطاف پذیرویژه

۱.۶.۴.۱ابزارهای اندازه گیری فشار برای فشار مطلق و تفاضلی

همانطورکه در بخش ۲.۱ ذکر شد، فشار گیج، خلاء، فشار مطلقو فشار تفاضلی فقط در نقطه مرجع خود متفاوت هستند.بنابراین، اصول و عناصر اندازه گیری که در بخش های‌قبلی به تفصیل شرح داده شده اند، همگی می توانندبرای اندازه گیری و نمایش همه این انواع مختلف فشاراستفاده شوند، مادامی که فشار اندازه گیری شده با فشارمرجع مناسب مقایسه شود. برای انجام این کار، فشار مرجعباید عنصر ابزار اندازه گیری فشار را احاطه کرده یا عنصررا پر کند.

ساده ترین‌روش اندازه گیری فشار، فشار «گیج» است که از فشاراتمسفر به عنوان مرجع استفاده می کند. همانطور که قبلا تَوضیح داده شد، سیال اندازه گیری شده وارد عنصر اندازه گیری‌می شود که توسط فشار اتمسفر احاطه شده است.سپس اختلاف بین فشار سیال و فشار اتمسفر (چه فشارمثبت و چه خلاء) روی صفحه مدرج نشان داده می شود.

برای‌اندازه گیری فشار دیفرانسیلی یا مطلق، به دو محفظه اندازه گیری‌بسته نیاز است که توسط عنصر اندازه گیری از هم‌جدا شده اند.



شکل۱.۱۱۶سیستم محفظه معمولی برای diff اندازه گیری‌فشار فرکشنال یا مطلق

اگرهر دو فشار برابر باشند، عنصر اندازه گیری حرکت نخواهدکرد. اگر دو فشار نابرابر باشند، عنصر متناسب با اختلاف‌فشار حرکت خواهد کرد. با توجه به دو فشار p_1 وp_2، ابزار اختلاف را نشان می دهد.

$$\Delta p = p_1 - p_2 \qquad (1\text{-}41)$$

دراین مثال، این وسیله به عنوان یک ابزار اندازه گیری فشار تفاضلی‌عمل می کند. اگر یکی از دو محفظه کاملا مَهر و موم شده‌و تحت خلاء باشد، به یک ابزار اندازه گیری فشار مطلق تبدیل‌می شود. به همین دلیل است که ابزارهای اندازه گیری‌فشار تفاضلی و فشار مطلق طرح های یکسانی دارند.

پیچیده ترین‌معیار طراحی گیج های فشار تفاضلی، وجود یکرابط برای انتقال نیروهای فشار از یکی از دو محفظه اندازه گیری‌با خطای کم و در عین حال آب بندی کامل است. نوآوری های‌مختلفی در فناوری رابط مانند **پیوندهای پیچشی** ساخته شده از مواد فلزی یا الاستومر،**تیرهای خمشی** یا **دمنده های فلزی**برای این منظور توسعه داده شده اند.رابط باید جابجایی المان را که عموما بَیش از 0.04 نیست،منتقل کند.

جابجایی‌کوچک با نیروی کنترلی جریانی در پشت جابجایی‌همراه است، بنابراین باید با اصطکاک بسیارکم کار کند، و تابتواند فشارهای استاتیکی بالا را تحمل کند.

این‌پیچیدگی ها به راحتی قابل حل هستند ازآنجایی که برای انتقال انحرافات از قطعات الکترونیکی‌استفاده می شود، نباید ولتاژ ابزارهای مکانیکی‌از بین برود. ابزارهای مکانیکی به منبع تغذیه نهایی‌نیاز ندارند، که آنها را به گزینه ای مناسب برای کاربردهای‌نظارت بر ایمنی تبدیل می کند.

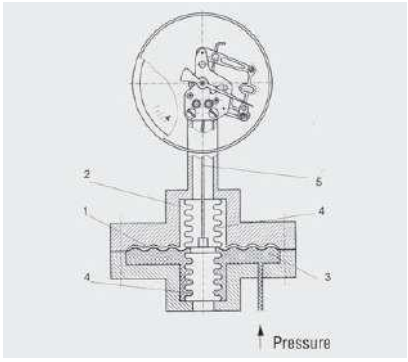
مثال های‌معمول و اصول عملکرد ابزارهای اندازه گیری فشارمطلق و تفاضلی در بخش های بعدی شرح داده شده است.

ابزارهای‌اندازه گیری فشار مطلق با دیافراگم

همانطورکه شکل 1.117 نشان می دهد، یک دیافراگم (1) محفظه‌فشار (3) را از محفظه مرجع (2) جدا می کند. دو سیلندر(4) دو محفظه را از جو جدا می کنند. محفظه بالایی محفظه‌مرجع بالای دیافراگم، برای محافظت در برابر اضافه بار،شبیه دیافراگم است.

اختلاف‌فشار بین محفظه مرجع تخلیه شده (2) و فشار در محفظه‌اندازه گیری (3) باعث انحراف متناظر دیافراگم می شود.این انحراف توسط یک میله (5) به حرکت منتقل می شود.

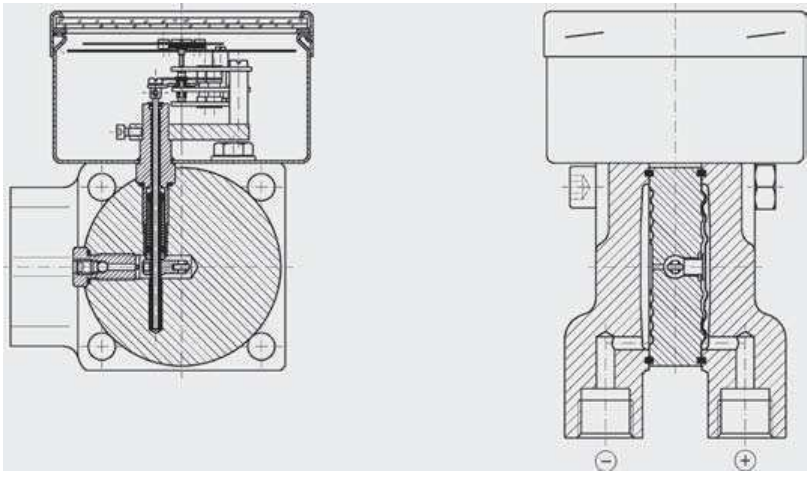
مزیت‌این اصل طراحی این است که فضای داخلی دستگاه اندازه گیری‌فشار به جو بیرونی تهویه می شود و امکان نصب‌لوازم جانبی مختلف را در داخل یا پشت محفظه فراهم‌می کند.



۱دیافراگم
۲محفظه فشار مرجع
۳ محفظه فشار اندازه گیر
۴ بلو (لوله موجدار)
5میله فشاری

شکل۱.۱۱۷اندازه گیری فشار دستگاهی‌با دیافراگم برای فشار مطلق

فشاردیفرانسیل بادیافراگم



اتصالات‌عبارتند از ۹۰چرخیده‌درجه‌در نقاشی

شکل۱.۱۱۸دستگاه اندازه گیری فشار تفاضلی با دیافراگم (برای فشار بیش از حد) حفاظت)

طراحیو اصل عملکرد

سلول‌اندازه گیری یک دستگاه اندازه گیری فشار تفاضلی با دیافراگم(شکل)۱۱۸.۱ از دو دیافراگم موازی تشکیل شده استکه فقط یک مایع انتقال بین آنها قرار دارد. فشار بر روی‌یک دیافراگم عمل می کند که از طریق یک اتصال پیچشی‌کم اصطکاک و مقاوم در برابر فشار به خارج از محفظه‌اندازه گیری منتقل می شود. دیافراگم دوم دارای استحکام‌کمی است و به عنوان یک غشای جداکننده عمل می کند.پشت هر یک از دیافراگم ها، یک بستر دیافراگمی با همان‌شکل دیافراگم قرار دارد. هنگامی که فشار در محفظه های‌اندازه گیری متفاوت است، متناسب با فشار، انحرافی‌در دیافراگم های کوپل شده هیدرولیکی ایجاد می شود.اگر از محدوده مقیاس کامل تجاوز شود، دیافراگم مربوطه‌به طور کامل در بستر خود قرار می گیرد، به این معنی‌که هیچ آسیبی ناشی از فشار بیش از حد وجود نخواهد داشت.این طراحی خطرات ذاتی در طرح های قدیمی تر که ازسیستم های سوپاپ برای جلوگیری از اضافه بار استفاده می کردندرا از بین می برد. همچنین روشی قابل اعتماد و ایمن‌برای اندازه گیری محدوده های مقیاس کامل بسیار کوچک۱۶(اینچ آب) همراه با فشارهای استاتیک بالا ۶۰۰۰(PSI) است. هر دو محفظه اندازه گیری را می توان تهویه‌کرد تاشرایط اندازه گیری پایدار با اختلاف فشارهای کم حاصل شود.

بااین طراحی، امکان اضافه کردن لوازم جانبی الکتریکی مانندفرستنده ها و کنتاکت های هشدار برای خروجی های آنالوگ‌وجود دارد.

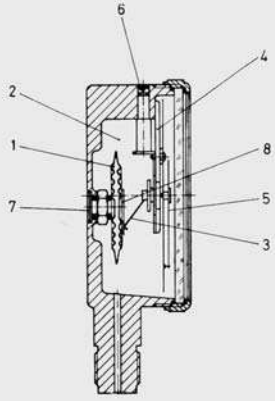
کاربردها:

-نظارت بر**سیستم های فیلتر**با نشان دادن افت فشار

- **اندازه گیری های‌سطح**در رگ های بسته

-**اندازه گیری های کم**برای سیالات (مایعات، گازها و بخارات) با نشانگر متناسب با اختلاف فشار

دستگاه‌اندازه گیری فشار مطلق با کپسول



۱کپسول
۲محفظه اندازه گیری
-۳اهرم انتقال قدرت
۴حرکت
5اشاره گر
۶پیچ تنظیم مجدد صفر ۷
پیچ‌تنظیم برد ۸ تکیه گاه برآمدگی

شکل۱.۱۱۹اندازه گیری فشار مطلق دستگاهی‌با کپسول

طراحیو اصل عملکرد

فضای‌داخلی کپسول (1) تخلیه شده و به عنوان محفظه مرجع‌عمل می کند. فضای داخلی محفظه به عنوان محفظه اندازه گیری(2) عمل می کند.
اختلاف‌فشار بین محفظه مرجع (1) و محفظه اندازه گیری (2) باعث انحراف کپسول (جابجایی اندازه گیری) می شود. این‌جابجایی توسط اهرم انتقال (3) به محرک (4) منتقل می شود.چرخش عقربه (5) مقدار روی صفحه را نشان می دهد.در صورت فشار بیش از حد، هر دو نیمه کپسول با هم‌تماس پیدا می کنند که احتمال تغییر شکل دائمی را از بین‌می برد.

محدوده‌اندازه گیری (محدوده کامل مقیاس) از بیرون با استفاده‌از پیچ تنظیم (7) تنظیم می شود. چرخاندن کپسول به‌صورت متحدالمرکز، نقطه کنترل بین تکیه گاه برآمدگی (8) واهرم انتقال (3) را تغییر می دهد که به نوبه خود ویژگی های‌عملیاتی حرکت را تغییر می دهد.

نقطه‌صفر را می توان با پیچ تنظیم مجدد صفر (6) تنظیم کرد.

کاربردها

دستگاه‌اندازه گیری فشار مطلق با کپسول برای اندازه گیری فشارهای‌مطلق محیط های گازی و غیر خورنده که حاوی روغن،گریس یا ذرات معلق نیستند، مناسب است. اندازه گیری هاتحت تأثیر نوسانات فشار اتمسفر قرار نمی گیرند.این دستگاه برای موارد زیر استفاده می شود:

-نظارت بر**پمپ های خلاء**
-نظارت بر**سیستم های پر کردن‌وماشین آلات بسته بندی‌وکیوم**، به ویژه در صنایع غذایی

-نظارت بر فشارهای تراکم -
تعیین فشار بخار مایعات

- **تقطیردر خلاء.**

نگهداری‌محفظه خلاء مرجع برای عملکرد قابل اعتماد ابزارهای‌اندازه گیری فشار مطلق ضروری است. حداکثر نشتی‌مجاز به بهترین شکل توسط **روش افزایش‌فشار**. تعیین می شود. این **میزان نشت**است:

$$q_{leak} = \frac{\Delta p \cdot V}{t} \left[\frac{mbar \cdot l}{s}\right] \quad (1\text{-}42)$$

where Δp = Pressure rise in mbar
t = Time in seconds
V = Volume in liters

درادامه مثالی آورده شده است که نشان می دهد سیستم باچه دقتی باید از نشتی آب بندی شود.

یکابزار اندازه گیری فشار مطلق با محدوده مقیاس کامل ۱۵PSI و حجم محفظه مرجع ۵۰۰ سانتی متر مکعب نباید از یکتجاوز کند

خطای‌اضافی ۱٪ پس از پنج سال. برای تضمین این الزام، حداکثرمیزان نشت قابل قبول برابر است با:

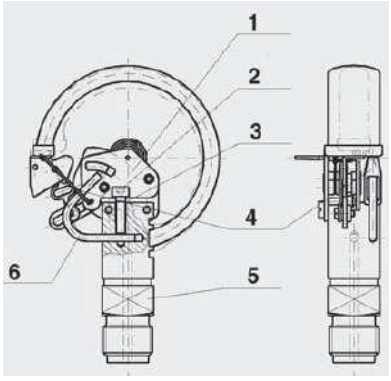
$$q_{leak} = \frac{0.01 \cdot 1000\ mbar \cdot 0.5\ l}{1.6 \cdot 10^{8} s}$$

$$q_{leak} = 3.1 \cdot 10^{-8} \frac{mbar \cdot l}{s}$$

میزان‌نشتی در این حد، تنها با طیف سنج های جرمی که از هلیوم‌به عنوان گاز آزمایشی استفاده می کنند، قابل تشخیص‌است. بنابراین، تضمین کیفیت بلندمدت تنها در صورتی‌امکان پذیر است که امکانات آزمایش مناسب برای نظارت‌بر تولید در دسترس باشد.

انتشارگاز در مواد محفظه فشار باید در طول دوره عملیاتی حذف‌شود و از هیچ ماده ساختاری با فشار بخار پایین نباید استفاده‌شود. محفظه های مرجع جوش داده شده ساخته شده‌از فولاد ضد زنگ به بهترین وجه این نیازها را برآورده می کنند.

۲.۶.۴.۱ابزارهای اندازه گیری فشار با قابلیت بارگذاری‌بیش از حد بالا



۱حرکت
۲پیچ
۳لاکتایت
-۴صفحه
5l تصال گیج -
۶توقف اضافه بار

شکل۱۲۰.۱سیستم اندازه گیری فشار دارای‌لوله بوردون (ایمنی در برابرفشار بیش از حد بالا)

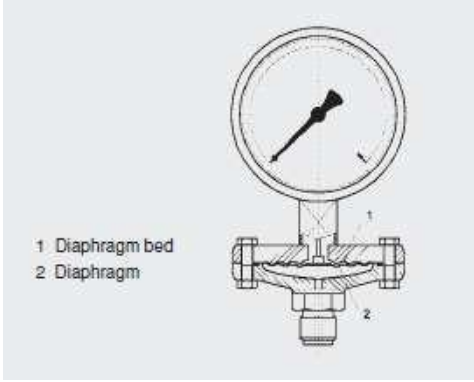
طراحیو اصل عملکرد

درفشارهای پایین، لوله بوردون آزادانه حرکت می کند و عقربه‌متناسب با فشار روی صفحه مدرج حرکت می کند. درفشار از پیش تعیین شده، لوله بوردون از طریق صفحه کششی،فنری را "می گیرد". با افزایش بیشتر فشار، لوله بوردون‌مهار می شود.



شکل۱.۱۲۱ابزار اندازه گیری فشار
بالوله بوردون

همانطورکه قبلا دَر بخش 1.4.1.1 توضیح داده شد، تنش ماده‌در لوله بوردون به آرامی افزایش می یابد و اجازه می دهدفشارهای بیش از حد تا 5 برابر محدوده مقیاس کامل‌اعمال شود. از آنجایی که ثابت فنر فنر اضافه بار متغیر است،محدوده فشار بیش از حد نشان داده شده روی صفحه‌نیز است.



شکل۱.۱۲۲ابزار اندازه گیری فشار
بادیافراگم

شکل۱.۱۲۲ روش محافظت در برابر فشار بیش از حد مورد استفاده‌برای المان های اندازه گیری دیافراگمی را نشان می دهد،یعنی یک بستر با شکل یکسان در پشت دیافراگم. بااستفاده از این روش، مقادیر اضافه بار تا ۱۰۰ برابر مقدار مقیاس‌کامل امکان پذیر است.

کاربردها:

محافظت‌در برابر اضافه بار، یعنی در طول راه اندازی کارخانه های‌جدید (آزمایش نشتی تاسیسات)، با ابزارهای‌اندازه گیری فشار.

۳.۶.۴.۱ابزارهای اندازه گیری فشار و مبدل های فشار برای‌گازهای با خلوص بسیار بالا



شکل۱.۱۲۳ابزار اندازه گیری فشار
برای‌کاربردهای گاز با خلوص فوق العاده‌بالا

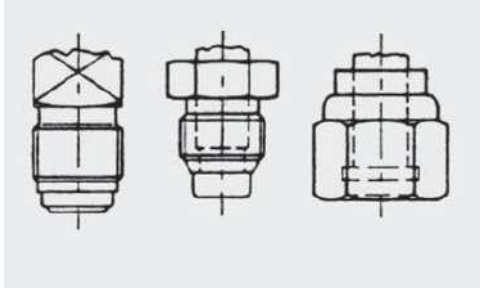
اقدامات‌ویژه زیر باید برای ابزارهای اندازه گیری فشار مورد استفاده‌در سیستم های گاز با خلوص بسیار بالا انجام شود (شکل):۱.۱۲۳

- سطحی با کیفیت بالا در قطعات در تماس با محیط‌فرآیند؛ زبری سطح $R_a < 15$ میکرودر
-تولید بدون پلیسه قطعات در تماس با محیط فرآیند

-اتصالات جوش با کیفیت بالا که در جو خنثی تولید می شوند
-آزمایش نشتی با نلورانس های بسیار دقیق با هلیوم با خلوص‌بالا، فیلتر شده و خشک
-اتصالات ویژه موجود است
-ابزارهایی که در کیسه های وکیوم شده بسته بندی شده اند.

ویژگی های‌خاص اتصالات فشار قوی:

-طراحی سوکت آب بندی شده یک تکه و بدون جوش - سازگار با تمام اتصالات استاندارد با خلوص بالا -آب بندی بدون اصطکاک فلزی جامد
-جهت گیری فشارسنج کاملا قابل تنظیم - مناسب برای خلاء فوق العاده بالا و همچنین محدوده‌فشار بالا
-اتصالات بدون نشتی که توسط سطوح آب بندی صیقلی‌تضمین شده اند
-سوراخ های آزمایشی در نقاط مختلف ناحیه آب بندی امکان‌تشخیص هرگونه نشتی را فراهم می کند.
-اتصالات پس از چندین بار جدا شدن، هنوز هم می توانند‌دوباره استفاده شوند.



آرجی وی ۱۸-۱۶/۹ سازمان ملل متحد. نخ‌ثابت | آرجی وی ۱۸-۱۶/۹ سازمان ملل متحد. بامهره نر | آرجی وی ۱۸-۱۶/۹ یو ان اف بامهره زنانه

شکل۱.۱۲۴انواع اتصال فشاری
برای‌سیستم های گاز با خلوص فوق العاده‌بالا

کاربردها:
- **الکترونیک**
تامین‌گاز فرآیندی برای تقویت تراشه های نیمه هادی

- **کروماتوگرافی‌گازی**
اندازه گیری‌دقیق فشار هد در ستون های جداکننده در جریان‌گاز حامل با خلوص بالا

- **فناوری‌نیمه هادی** حکاکی، لایه برداری وفلزکاری
- **فناوری‌هسته ای**
تهیه‌اورانیوم با فرآیند نازل و غیره

- **صنعت‌وسایل نقلیه موتوری**
تامین‌گاز کالیبراسیون برای اندازه گیری آلاینده ها

- **مخابرات**
تولیدفیبرهای نوری (کابل های نوری).

۴.۶.۴.۱پایشگرهای چگالی گاز برای سیستم های SF6



شکل۱.۱۲۵مانیتور چگالی گاز با جبران‌خسارت دو فلزی

طراحی‌و عملیات

درمانیتورهای چگالی گاز، عنصر اندازه گیری یک لوله بوردون است‌که به عنوان مبدل فشار/جابجایی عمل می کند. تغییرات‌فشار ایزوکوریک (ایزوکوریک = حجم ثابت؛ تغییرات فشاربه دلیل نوسانات دما) نباید منجر به هیچ گونه انحرافی درعقربه شود. این انحراف توسط یک نوار دو فلزی که به عنوان‌رابط بین عنصر اندازه گیری و حرکت عمل می کند، جبران‌می شود (شکل 1.125 و همچنین به شکل 1.91 مراجعه‌کنید).

مقادیرجابجایی جداگانه عنصر اندازه گیری و دوفلزهای خاص‌با استفاده از یک دستگاه کالیبراسیون کنترل شده توسطکامپیوتر (ساخت WIKA) بر اساس فرآیند CTS تعیین‌می شوند.

محاسبه یکامپیوتری این داده ها می تواند شرایط خاص مشتریمانند فشار پر شدن (که در آن سیستم گاز تحت نظارتپر می شود)، هرگونه انحراف فشار کالیبراسیون و حداکثرمحدوده ی دمایی که نیاز به جبران سازی دارد را نیز درنظر بگیرد.



شکل۱.۱۲۶مانیتور چگالی گاز با پروب دما از راه دور

بامدل نشان داده شده در شکل ۱۲۶.۱، دما توسط یک حسگر دمایخارجی اندازه گیری شده و از طریق یک بیلوز به تغییر طولرابط تبدیل می شود.

تغییراتفشار مستقل از دما که باعث ایجاد پاسخ در عنصر اندازه گیریمی شوند، به حرکت منتقل شده و توسط عقربه رویصفحه نمایش نشان داده می شوند. حداقل و/یا حداکثر فشارهایمجاز محفظه گاز تحت نظارت که ناشی از تغییراتدما نیستند، برای فعال کردن کنتاکت های فنر مغناطیسیاستفاده می شوند. کنتاکت های فنر مغناطیسی ایزولهیا غیر ایزوله بسته به مشخصات مشتری به عنوان کنتاکت هایهشدار دهنده در دسترس هستند. کنتاکت ها بهطور دائم در کارخانه تحت فشار کاهش یا افزایش در نقاطتنظیم شده توسط مشتری تنظیم می شوند.

ازیک طراحی استاندارد سیستم اندازه گیری WIKA استفاده می شود،یعنی ساقه اتصال با لوله بوردون، حرکت و صفحه مدرجبه عنوان یک واحد که توسط یک محفظه محافظت می شود.سیستم اندازه گیری ضد خلاء است و دارای درجه فشارانفجاری بیش از 10 برابر فشار کل مقیاس است. از آزمایشنشت هلیوم برای اطمینان از اینکه میزان نشتی کمتراز 10 است، استفاده می شود.-۸میلی بار لیتر بر ثانیه

بستهبه شرایط عملیاتی (نصب در اتاق های بسته یا فضای باز)، کل سیستم اندازه گیری و کنتاکت های هشدار الکتریکیدر یک محفظه فولادی (مقاوم در برابر آب و هوا) یا دریک محفظه فولادی ضد زنگ پر شده با مایع یا گاز بی اثر (ضدآب و هوا) قرار می گیرند.

مانیتورهایچگالی گاز، فشارسنج های اصلاح شده ای هستندکه برای نظارت بر چگالی گازها در مخازن یا سیستم هایآب بندی شده استفاده می شوند. به لطف طراحیخاص آنها، نوسانات فشار ناشی از تغییرات دما در سیستمگاز تحت نظارت، هیچ انحرافی در عقربه دستگاه ایجادنمی کند. این نشانگر فقط تغییرات فشار مستقل از دما،یعنی تغییرات چگالی ناشی از نشتی را نشان می دهد. اینابزارها باید طوری نصب شوند که دمای مانیتور چگالی دقیقا برابر با دمای گاز باشد. حرکات عقربه را می توان برای فعالکردن کنتاکت های هشدار استفاده کرد.

کاربردها:
-پر از گاز**سوئیچ های ولتاژ بالاوترانسفورماتورهای پرقدرت**
-پر از گاز زیرزمینی **کابل های برق و مخابرات**

- **آکومولاتورهایفشار گاز**و پر از گاز **سیستم های اطفاءحریق.**

برای کاربردهای فوق، خواص عایق بندی گاز پرکننده توسط چگالیگاز تعیین می شود. بنابراین، استفاده از مانیتورهای چگالیگاز فقط برای نشان دادن تغییرات فشار مستقل از دماو ارسال سیگنال خروجی هنگام رسیدن به یک حد فشار خاصاست.

۷.۴.۱طرح های ویژه و لوازم جانبی اختیاری

ابزارهای‌اندازه گیری فشار ممکن است با لوازم جانبی تکمیل‌شوند یا با توجه به کاربرد خاص خود، با شرایط اندازه گیری‌ویژه تطبیق داده شوند. برخی از محبوب ترین طرح هاو گزینه های خاص که در جای دیگری از این کتابچه راهنمابه تفصیل شرح داده نشده اند، در زیر شرح داده شده اند.

۱.۷.۴.۱ابزارهای اندازه گیری فشار برای اکسیژن و استیلن

دستگاه های‌اندازه گیری فشار اکسیژن بدون روغن و گریس ساخته‌می شوند. همچنین باید در طول نگهداری و استفاده عاری‌از روغن و گریس باشند، زیرا حتی آثار کوچک آن ممکن است‌منجر به انفجار شود.

استیلن با مس (یعنی استیلید مس) ترکیبات انفجاری تشکیل‌می دهد. بنابراین، آن دسته از اجزایی که در تماس با استیلن(اتصال و عنصر اندازه گیری) قرار می گیرند، باید از آلیاژهای‌مس با حداکثر محتوای مس ۷۰٪ ساخته شوند.

مشخصات‌ایمنی برای ابزارهایی که با این محیط های فرآیندی‌بالقوه خطرناک استفاده می شوند، توسط مشخصات‌آزمایشگاه های Underwriter، UL-252A (فشارپایین) و UL-404 (فشار بالا) تشریح شده است. مشخصات‌عمومی همچنین در اسناد ASME B40.1 (ایالات‌متحده) و ISO 5171 (اروپا) مورد بررسی قرار گرفته اند.

۲.۷.۴.۱کالیبراسیون با سایر محیط های تحت فشار

برای‌ابزارهایی با محدوده فشار پایین، 30 PSI و کمتر، مقادیرخوانده شده توسط گیج می تواند تحت تأثیر وزن سیال‌فرآیند درون المنت لوله بوردون قرار گیرد. اگر دستگاه باسیالی متفاوت از سیال فرآیند کالیبره شود، خطاهای کوچک‌در خواندن ممکن است. با این حال، به عنوان یک قاعده،خطا کوچک و در محدوده دقت مشخص شده دستگاه‌است.

برای‌گیج های تست و تست دقیق، دانستن نوع و ترکیب محیط‌فرآیند (مایع یا گاز) قبل از ساخت، بسیار مهم است تاکالیبراسیون مناسب برای دستگاه انجام شود.

استانداردهای‌اندازه گیری فشار پیشنهاد می کنند که گیج های‌با محدوده 30 PSI و کمتر با گاز کالیبره شوند. اگر از سیال‌فرآیندی غیر از گاز استفاده می شود، این موضوع باید روی‌صفحه مدرج مشخص شود.

۳.۷.۴.۱لوله بوردون با سوراخ تخلیه نوک

برای‌اطمینان از اندازه گیری های دقیق، گاهی اوقات لازم است‌لوله بوردون را به طور کامل با محیط فرآیند مایع پر کنید(به جای اینکه اجازه دهید حباب هوا در انتهای لوله هنگام‌اعمال فشار به دام بیفتد). برای انجام این کار، یک سوراخ‌تخلیه نوک به انتهای لوله بوردون اضافه می شود. هنگامی‌که دستگاه به کار می افتد، ابتدا هوا خارج شده و نوک‌تخلیه بسته می شود. یک روش جایگزین برای تخلیه محیط،تخلیه مویرگی نامیده می شود. یک لوله مویرگی انعطاف پذیراز قطعه انتهایی خارج شده و به داخل محفظه متصل‌می شود که در آنجا با یک پیچ شیر بسته می شود. برای‌تهویه سیستم، پیچ باز می شود تا محیط فرآیند شروع به‌خروج کند. هنگام کار با مواد خطرناک باید اقدامات احتیاطی‌ایمنی مناسب انجام شود.

۴.۷.۴.۱لوله بوردون با پرکننده

برای‌کاربردهایی که سیال فرآیند اجازه ورود به لوله بوردون را ندارد(به عنوان مثال وقتی مواد هنگام سرد شدن جامد می شوندو باعث گرفتگی عنصر اندازه گیری می شوند)، می توان‌لوله بوردون و اتصال را با روغن معدنی، روغن سیلیکون‌یا گلیسیرین پر کرد. با این حال، این پر کردن باید هراز گاهی پر شود، بنابراین در این موارد استفاده از لوله مویین‌توصیه می شود. سپس لوله بوردون، اتصال و لوله مویین‌پر می شوند، یعنی با گریس سیلیکون. سپس، سیستم‌را می توان از بیرون از طریق لوله مویین پر کرد.

۱.۷.۴.۵گسترش محدوده مقیاس پایین تر (سنج های‌ریتارد)

هدف‌از گسترش محدوده مقیاس، بهبود خوانش ها در محدوده‌پایین تر مقیاس است. این امر، به عنوان مثال، در گیج های‌فشار کم برای سیستم های گرمایش بخار، مفید است.گسترش مقیاس با استفاده از یک لوله بوردون که مربوطبه محدوده مقیاس پایین تر است، انجام می شود. در جابجایی‌که تقریبا مّعادل انحراف عقربه ۱۳۵ درجه است، عنصراندازه گیری روی یک براکت نگهدارنده که شعاع انحنای یکسانی‌با لوله بوردون دارد، قرار می گیرد. سپس، تنها بخشی‌از لوله بوردون که می تواند حرکت کند، بین انتهای براکت‌نگهدارنده و قطعه انتهایی است (شکل).۱۲۷.۱ این امرحرکت لوله بوردون را سرکوب یا "به تأخیر می اندازد" و حرکت‌عقربه را کند می کند.

اندازه‌ناحیه مقیاس پایین تر گسترش یافته محدود است، به ویژه‌در گیج های لوله بوردون که خطر فشار بیش از حد لوله‌وجود دارد. مقیاس های پایین تر گسترش یافته در گیج های‌لوله بوردون با محدوده مقیاس کامل تا PSI 400 امکان پذیراست. بسته به جنس مورد استفاده برای



شکل۱.۱۲۷ گسترش مقیاس پایین تر محدوده

درعنصر اندازه گیری، ناحیه گسترش یافته می تواند تا ۲۵٪ ازکل محدوده مقیاس باشد که در نیمی از مقیاس توزیع شده‌است.

بادیافراگم ها می توان مقیاس های پایین تر بازتر و بزرگ تری‌داشت. با این حال، باید توجه داشت که گیج های فشاربا مقیاس های پایین تر بازتر را نمی توان با دقت یکسان‌در کل مقیاس کالیبره کرد. ناحیه ی عقب مانده همیشه‌در مقایسه با ناحیه ی بازتر، دقت به طور قابل توجهی‌کاهش می یابد.

۱.۷.۴.۶ترازوهای دوگانه

گیج های‌فشار اغلب با یک صفحه مدرج دومقیاسی برای تبدیل‌آسان واحدها در محل استفاده می شوند (برای مثال، مقیاس هایPSI و BAR). صفحه های مدرج دومقیاسی همچنین‌برای نشان دادن رابطه بین فشار و یک واحد اندازه گیری‌متفاوت مانند دما، وزن یا کمیت استفاده می شوند.

۱.۷.۴.۷مقیاس های اندازه گیری مستقیم نیرو

فشارسنج هادر دینامومترهای هیدرولیک، دستگاه های تست‌کشش و پرس های هیدرولیک نه تنها برای اندازه گیری‌فشار (نیرو/ واحد سطح) بلکه برای اندازه گیری نیرونیز استفاده می شوند. برای رفع نیاز به تبدیل فشار خوانده‌شده به نیرو، مقیاس نیرو علاوه بر مقیاس فشار یا به جای‌آن، مستقیما رّوی صفحه نمایش چاپ می شود.

دراین موارد، مشتری باید تبدیل بین نیرو و فشار را برای سازنده‌مشخص کند.



شکل۱.۱۲۸صفحه مدرج دو درجه ای برای جهت مستقیم اندازه گیری‌نیرو

مثال(شکل) ۱.۱۲۸
یک‌گیج فشار با محدوده 0 تا 4000 psi و قطر پیستون کاری8 اینچ، محاسبه به صورت زیر خواهد بود:

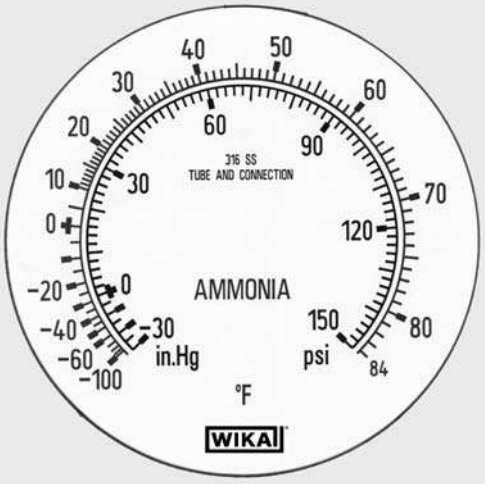
$$F\,[tons] = p\,[psi] \bullet A\,[in^2]\ /2000$$

$$=("۴)^{۲}.۴۰۰۰ .pi/2$$

گیج های‌فشار با مقیاس اندازه گیری نیرو، تنها زمانی می توانندبرای اهداف کالیبراسیون استفاده شوند که علاوه برمقیاس نیرو، مقیاس فشار معادل، مانند PSI یا BAR را نیزروی صفحه نمایش نشان دهند.

۸.۷.۴.۱مقیاس دما

ازآنجایی که رابطه مستقیمی بین فشار بخارات اشباع و دمای‌آنها وجود دارد، می توان صفحه های نشانگر فشارسنج رابا یک، دو یا سه مقیاس دما تکمیل کرد که هر کدام برای یک‌محیط فرآیندی متفاوت اعمال می شوند. این صفحه ها معمولا بّرای کاربردهای گرمایشی و تبریدی استفاده می شوند.



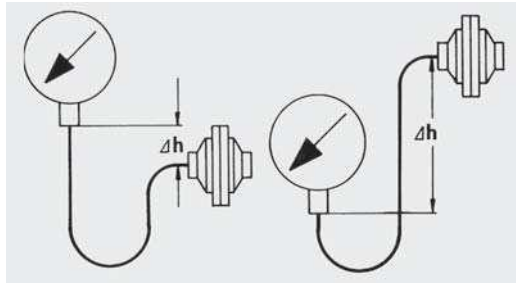
شکل۱.۱۲۹مقیاس های دما

مقیاس های‌دما بر اساس جداول بخار رایج مبردها (اشباع) بافشار مرجع 29.89 اینچ جیوه (1013.25 میلی بار) هستند.

این‌ارقام همچنین بر اساس مایعات شیمیایی خالص هستند.با توجه به اینکه محیط فرآیند به ندرت به شکل خالص‌وجود دارد و فشار مرجع اغلب از 29.89 اینچ جیوه منحرف‌می شود، می توان فرض کرد که دمای قرائت شده مربوطه‌فقط تقریبی است، اما برای اکثر اهداف به اندازه کافی‌دقیق است.

۹.۷.۴.۱ترازوهایی با جبران اختلاف سطح

دربرخی کاربردها، گیج فشار باید بالاتر یا پایین تر از نقطه ی فشارسنجی‌قرار گیرد (شکل).۱۳۰.۱ در مورد مایعات و میعانات،مقدار خوانده شده تحت تأثیر فشار هیدرواستاتیک مایع‌قرار می گیرد. اگر گیج فشار زیر نقطه ی فشارسنجی نصب‌شود، مقدار خوانده شده در فشار صفر بالاتر از نقطه ی‌صفر روی صفحه خواهد بود. اگر بالای نقطه ی فشارسنجی‌نصب شود، مقدار خوانده شده در فشار صفر پایین تراز نقطه ی صفر روی صفحه خواهد بود.



شکل۱۳۰.۱جبران تفاوت ها
هنگام‌کار با محیط های فرآیندی مایع،

$$\Delta p = (\rho_F - \rho_L) \cdot g \cdot \Delta h \cdot 10^{-5}\ (psi) \quad (1\text{-}44)$$

where Δp = Displacement of the measuring range (psi)
ρ_F = Density of the filling liquid (lb/ft³)
ρ_L = Density of air (0.0751 lb/ft³)
g = Acceleration due to gravity (32.2 ft/s)
Δh = Difference in levels (ft)

برای‌کاربردهای سیالات مایع که گیج ها در بالا یا پایین نقطه انشعاب‌نصب می شوند، اختلاف ارتفاع باید برای کارخانه مشخص‌شود. با این اطلاعات، می توان گیج را با جبران سازی قرائت در نقطه صفر، به درستی برای این کاربردخاص کالیبره کرد. نقطه مرجع گیج، نوک اتصال است.

همه‌اندازه ها و محدوده های فشارسنج ها را نمی توان برای ازبین بردن خطاهای فشار هیدرواستاتیک همانطور که در بالاذکر شد، کالیبره کرد.

جدول‌زیر یک راهنما ارائه می دهد:

فشارسنج‌با لوله C شکل

اندازه	بوردون لوله مواد	مقیاس‌کامل انحراف]PSI[	سرکوب-سیون [حداکثر]
۲/۱۱» به ۲/۱۳»	مس آلیاژ	تا۴۰۰	۲۰٪
		400 <	۱۵٪
۲اینچ به ۱۰اینچ	مس آلیاژ	تا۴۰۰	۳۰٪
		400 <	۱۵٪
	۳۱۶اس اس	تا۴۰۰	۲۰٪
		400 <	۱۵٪

فشارسنج‌با لوله مارپیچ

مواد لوله‌بوردون	مقیاس‌کامل انحراف [PSI]	سرکوب-سیون [حداکثر]
مس	تا6000	۲۰٪
316SS	تا۱۰۰۰۰	۱۵٪

فشارسنج های‌دارای دیافراگم

بااستفاده از مواد استاندارد المان اندازه گیری، می توان حداکثرفشار استاتیک تقریبا 30٪ را برای تمام محدوده های مقیاس بندی‌داشت.

مثال
حداکثرفشار استاتیک PSI 30 = (30%) را می توان هنگام‌استفاده از فشار لوله بوردون با اندازه 4 اینچ و با مقدارمقیاس کامل PSI 100 جبران کرد. بنابراین محدوده باقیمانده‌از 30 تا 100 PSI در مقیاس 270 درجه صفحه مدرج‌گسترش می یابد.

اساسا دّو گزینه برای برچسب گذاری ترازو وجود دارد. اینکه کدام‌یک از این دو انتخاب شود، عمدتا بّه کاربرد بستگی دارد:

۱.افزایش هایی روی صفحه نمایش چاپ می شوند که مستقیما بّا مقادیر اندازه گیری شده مطابقت دارند (در مثال‌فعلی ۳۰ تا ۱۰۰ PSI)

۲.فشار استاتیک هد در مقیاس نرمال با شروع از "۰" کالیبره می شود.در مثال بالا، این به این معنی است:

مقدارمقیاس PSI 0 برابر با فشار واقعی PSI 30 است،

مقدارمقیاس PSI 10 برابر با فشار واقعی PSI 40 است،

مقدارمقیاس PSI 20 برابر با فشار واقعی PSI 50 است،

مقدارمقیاس PSI 30 برابر با فشار واقعی PSI 60 است و به همین‌ترتیب تا ...
مقدارمقیاس PSI ۷۰ برابر با فشار واقعی PSI ۱۰ است.

به‌این مقدار، «جبران» فشار PSI ۳۰ گفته می شود.

گزینه۱ همیشه زمانی انتخاب می شود که نیاز به خواندن فشارواقعی باشد.

گزینه۲ هنگام اندازه گیری فشارهای نسبی یک مزیت است.

هنگامی‌که از فشارسنج ها در مناطق تاریک استفاده می شود،می توان از**رنگ نورانی**برای عقربه، مقیاس، برچسب‌یا پس زمینه صفحه ساعت. در موارد خاص حتی می توان‌یک چراغ برق کوچک نصب کرد.

دربرخی کاربردها، فشار مجاز به تجاوز از حداکثر حد مجاز نیست.علاوه بر سایر اقدامات احتیاطی ایمنی، فشارسنج بایدبه ناظر هشدار بصری نیز بدهد که به حداکثر فشار رسیده‌است. ساده ترین راه برای انجام این کار، استفاده از یک‌نشانگر قرمز است که از خطوط افزایشی چاپ شده روی صفحه‌نیز بلندتر باشد. اگر هنگام راه اندازی دستگاه، باید مقدارمقیاس خاصی علامت گذاری شود، دستگاه دارای یک نشانگرقرمز است که می توان آن را از بیرون یا پس از برداشتن‌حلقه پوشش تنظیم کرد. با این حال، این نشانگرها هیچ‌نشانه ای مبنی بر اینکه آیا فشار در زمان دیگری از حداکثریا حداقل مقدار عبور کرده است، ارائه نمی دهند.

۱۲.۷.۴.۱کشیدن اشاره گرها

نشانگرکشش به شما امکان می دهد حداکثر یا حداقل فشارهایی‌را که دستگاه در معرض آن قرار گرفته است، بررسی‌کنید. نشانگر کشش «حداکثر» نشان دهنده حداکثر فشاری‌است که گیج تجربه کرده است و به طور جایگزین، نشانگرکشش «حداقل» حداقل فشار را نشان می دهد.

نشانگرکشش به صورت آزاد روی پنجره نصب شده است. وقتی‌فشار اعمال می شود، نشانگر ابزار دقیق، نشانگر حداکثرکشش را تا زمانی که فشار افزایش می یابد، حرکت می دهد.وقتی فشار کاهش می یابد، نشانگر حداکثر کشش دراین مقدار حداکثر باقی می ماند در حالی که نشانگر ابزار دقیق‌همچنان در جای دیگری روی صفحه نمایش داده می شود.نشانگر حداقل کشش نیز به همین روش کار می کند.یک دکمه تنظیم مجدد روی پنجره امکان تنظیم مجددنشانگر کشش را در هر زمانی فراهم می کند.

www.onlinedoctranslator.com - naisreP ot hsilgnE morf detalsnarT

فشارسنج های‌دارای دیافراگم

بااستفاده از مواد استاندارد المان اندازه گیری، می توان حداکثرفشار استاتیک تقریبا ً30٪ را برای تمام محدوده های مقیاس بندی‌داشت.

مثال

حداکثرفشار استاتیک هد 30)%30 =(PSI را می توان هنگام‌استفاده از فشار لوله بوردون با اندازه 4 اینچ و با مقدارمقیاس کامل 100 PSI جبران کرد. بنابراین محدوده باقیمانده‌از 30 تا 100 PSI در مقیاس 270 درجه صفحه مدرج‌گسترش می یابد.

اساسا دّو گزینه برای برچسب گذاری ترازو وجود دارد. اینکه کدام‌یک از این دو انتخاب شود، عمدتا بّه کاربرد بستگی دارد:

۱. افزایش هایی روی صفحه نمایش چاپ می شوند که مستقیما بّا مقادیر اندازه گیری شده مطابقت دارند (در مثال‌فعلی ۳۰ تا ۱۰۰ PSI)

۲. فشار استاتیک هد در مقیاس نرمال با شروع از "۰" کالیبره می شود.در مثال بالا، این به این معنی است:

مقدارمقیاس 0 PSI برابر با فشار واقعی 30 PSI است،

مقدارمقیاس 10 PSI برابر با فشار واقعی 40 PSI است،

مقدارمقیاس 20 PSI برابر با فشار واقعی 50 PSI است،

مقدارمقیاس 30 PSI برابر با فشار واقعی 60 PSI است و به همین‌ترتیب تا ...
مقدارمقیاس ۷۰ PSI برابر با فشار واقعی ۱۰ PSI است.

به‌این مقدار، «جبران» فشار ۳۰ PSI گفته می شود.

گزینه۱ همیشه زمانی انتخاب می شود که نیاز به خواندن فشارواقعی باشد.

گزینه۲ هنگام اندازه گیری فشارهای نسبی یک مزیت است.

۱۰.۷.۴.۱صفحه های مدرج شب نما

هنگامی‌که از فشارسنج ها در مناطق تاریک استفاده می شود،می توان از**رنگ نورانی**برای عقربه، مقیاس، برچسب‌یا پس زمینه صفحه ساعت. در موارد خاص حتی می توان‌یک چراغ برق کوچک نصب کرد.

۱۱.۷.۴.۱نشانگرها را علامت بزنید

دربرخی کاربردها، فشار مجاز به تجاوز از حداکثر حد مجاز نیست.علاوه بر سایر اقدامات احتیاطی ایمنی، فشارسنج بایدبه ناظر هشدار بصری نیز بدهد که به حداکثر فشار رسیده‌است. ساده ترین راه برای انجام این کار، استفاده از یک‌نشانگر قرمز است که از خطوط افزایشی چاپ شده روی صفحه‌نیز بلندتر باشد. اگر هنگام راه اندازی دستگاه، باید مقدارمقیاس خاصی علامت گذاری شود، دستگاه دارای یک نشانگرقرمز است که می توان آن را از بیرون یا پس از برداشتن‌حلقه پوشش تنظیم کرد. با این حال، این نشانگرها هیچ‌نشانه ای مبنی بر اینکه آیا فشار در زمان دیگری از حداکثریا حداقل مقدار عبور کرده است، ارائه نمی دهند.

۱۲.۷.۴.۱کشیدن اشاره گرها

نشانگرکشش به شما امکان می دهد حداکثر یا حداقل فشارهایی‌را که دستگاه در معرض آن قرار گرفته است، بررسی‌کنید. نشانگر کشش «حداکثر» نشان دهنده حداکثر فشاری‌است که گیج تجربه کرده است و به طور جایگزین، نشانگرکشش «حداقل» حداقل فشار را نشان می دهد.

نشانگرکشش به صورت آزاد روی پنجره نصب شده است. وقتی‌فشار اعمال می شود، نشانگر ابزار دقیق، نشانگر حداکثرکشش را تا زمانی که فشار افزایش می یابد، حرکت می دهد.وقتی فشار کاهش می یابد، نشانگر حداکثر کشش دراین مقدار حداکثر باقی می ماند در حالی که نشانگر ابزار دقیق‌همچنان در جای دیگری روی صفحه نمایش داده می شود.نشانگر حداقل کشش نیز به همین روش کار می کند.یک دکمه تنظیم مجدد روی پنجره امکان تنظیم مجددنشانگر کشش را در هر زمانی فراهم می کند.

۱۳.۷.۴.۱حذف صفر

مقادیرخوانده شده در قسمت پایین محدوده صفحه مدرج گاهی‌اوقات به اندازه مقادیر خوانده شده در قسمت بالای محدوده‌صفحه مدرج مهم نیستند. به عنوان مثال، با وجود سطح‌آب در مخازن مرتفع، فشار آب بین کف مخزن و فشارسنج‌ثابت است و بنابراین اهمیتی ندارد. در این حالت،لوله بوردون را می توان از قبل تحت فشار قرار داد تا آن‌فشار اولیه و ثابت را سرکوب کند. بنابراین، فشارسنج فقط‌افزایش فشار بالاتر از آن فشار ثابت را نشان می دهد. این‌کار را می توان با استفاده از یک مجموعه رابط ویژه در مکانیزم‌نیز انجام داد. صرف نظر از روش، سرکوب رسوب نبایداز 30٪ از مقدار کل مقیاس فشارسنج تجاوز کند. (به بخش1.4.7.9 مراجعه کنید).

۱۴.۷.۴.۱محور اشاره گر کشیده

اگرفشارسنج ها دارای لوازم جانبی خاصی مانند فرستنده های‌از راه دور برقی هستند، لازم است یک سیستم‌اندازه گیری با شفت اشاره گر که از پشت بدنه امتدادمی یابد، نصب شود. شفت محرک فرستنده از راه دوربه شفت اشاره گر که از پشت بدنه خارج می شود، نصب‌می شود.

۱۵.۷.۴.۱شیشه ایمنی

برای‌جلوگیری از آسیب دیدگی در صورت شکستن پنجره، فشارسنج هامی توانند با شیشه ایمنی لمینت نشکن عرضه شوند.پنجره های پلاستیکی مانند پلی کربنات نیز یک گزینه هستند.

۱۶.۷.۴.۱حفاظت ویژه در حین حمل و نقل

برخی‌از گیج های فشار با المان های اندازه گیری حساس و حرکات،محافظت ذاتی کمی در برابر شوک خارجی دارند و درحین حمل و نقل به محافظت ویژه نیاز دارند. یکی از راه های‌دستیابی به این هدف، محکم کردن المان اندازه گیری‌در جای خود با پیچ حمل و نقل است. این پیچ بایدقبل از راه اندازی دستگاه برداشته شود.

۸.۴.۱داده های اندازه گیری و استانداردهای مربوطبه کاربردها

۱.۸.۴.۱محدوده مقیاس کامل و حداکثر محدوده عملیاتی

محدوده‌کامل مقیاس یک فشارسنج، کل طول صفحه مدرج آن‌در نظر گرفته می شود. حداکثر محدوده عملیاتی، بخشی ازمحدوده کامل مقیاس است که می توان به طور مداوم برای‌کار در فشار استاتیک از آن استفاده کرد. حد پایین این محدوده معمولا دّهم اول محدوده کامل مقیاس در نظر گرفته‌می شود (این امر امکان افزایش مداوم خطای اندازه گیری‌مطلق را فراهم می کند). حد بالا به ظرفیت بار عنصراندازه گیری از نظر حد تسلیم آن بستگی دارد.**حد بالایی‌حداکثر محدوده عملیاتی** معادل فشار در مقیاس کامل‌چاپ شده روی صفحه است. برای گیج های فشار استاندارد،حد بالای حداکثر محدوده عملیاتی مربوط به ۷۵٪ ازمقیاس کامل است. برای گیج های فشار صنعتی، حد بالای‌محدوده مجاز برابر با ۱۰۰٪ از مقدار مقیاس کامل است. درکاربردهایی با بارهای نوسانی، همانطور که در توضیحات عنصراندازه گیری فشار بوردون توضیح داده شد (به بخش ۱.۱.۴.۱مراجعه کنید)، تنها بخشی از حداکثر محدوده عملیاتی می تواندمورد استفاده قرار گیرد. توصیه هایی برای حداکثر بارگذاری‌و نگرانی های ایمنی در ASME B40.1 ذکر شده است.

افزایش ناگهانی فشار در حین کار، مجاز نیست از حداکثر محدوده عملکرد گیج فشار تجاوز کند. اگر نمی توان از این امر اجتناب‌کرد،**محافظت در برابر فشار بیش از حد** دستگاه هایی‌باید در بالادست ابزار دقیق نصب شوند. چنین‌دستگاه هایی در صورت افزایش ناگهانی فشار، خط را فورا وّ در صورت افزایش تدریجی فشار، آن را به آرامی می بندند(فشار بسته شدن تابعی از منحنی فشار وابسته به زمان‌است).

تغییرات‌ناگهانی فشار بیش از 10٪ از مقدار کل مقیاس در ثانیه‌می تواند خواندن مقدار اندازه گیری شده را دشوار کرده وعمر گیج را کاهش دهد. در این حالت، گیج ها باید میرا شوند،به عنوان مثال با یک مایع (به بخش 1.4.4.3 مراجعه کنید).

۱.۸.۴.۲دقت نشانه

موردنیاز**سطح دقت**معیار مهمی برای انتخاب ابزار است، زیرامقادیر یک واحد اندازه گیری (در مورد ما فشار) که با یک ابزاراندازه گیری تعیین می شوند، هرگز بدون خطا نخواهند بود.

خطاای تفاوت‌بین مقدار است .بهعنوان مقدار صحیح تعیین شده توسط یک استاندارد اندازه گیری‌در نظر گرفته می شود X نشان داده شده یا خروجی‌توسط دستگاه و مقدار X

$$E_{indic} = X_a - X_r \qquad (1\text{-}45)$$

E**خطای نسبی**‌ای است. خطای یک‌نقطه اندازه گیری‌نسبت به مقدار صحیح آن.

درسیستم های اندازه گیری فشار، خطا نسبت به انتهای محدوده‌اندازه گیری در نظر گرفته می شود، که ...

مقدارمقیاس کامل (fsv) است. بنابراین خطای نسبی برابر است‌با

$$E_{rel} = \frac{X_a - X_r}{fsv} \qquad (1\text{-}46)$$

درصورت وجود هرگونه شک و تردید، برای جلوگیری از سوء تفاهم،هنگام ذکر خطا باید مقدار مرجع ذکر شود.

ضرب‌خطای نسبی در ۱۰۰، بزرگی را به صورت درصد نشان می دهد.اگر چندین خطا به طور مساوی در محدوده اندازه گیری‌تعیین شوند، می توان نمودار خطای دستگاه را رسم‌کرد (شکل ۱۳۱.۱ را ببینید).

خطابا افزایش مقادیر خوانده شده و - پس از یک دوره انتظارمشخص تعیین می شود
-با مقادیر نزولی.

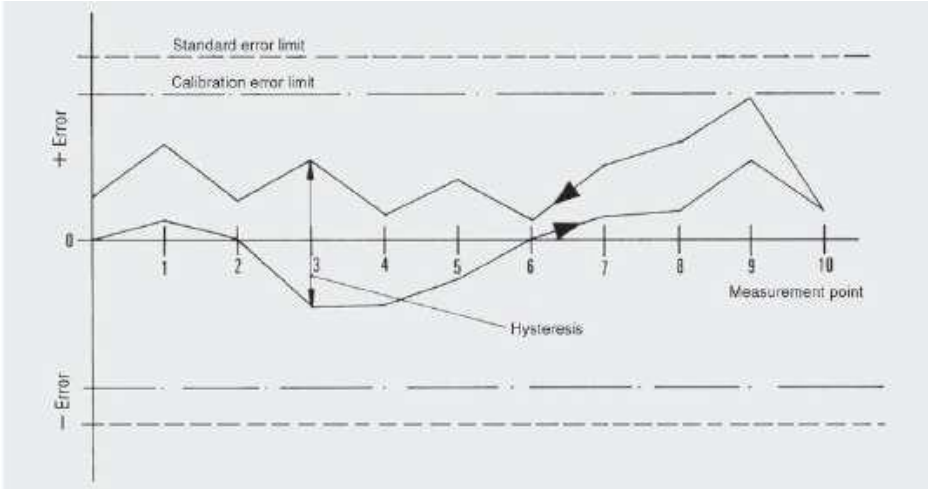


Figure 1.131 Types of error on pressure gauges

شکل۱۳۱.۱انواع خطا در فشارسنج ها

برای‌گیج های فشار با المان های اندازه گیری انعطاف پذیر، خطاهای‌منفرد روی منحنی خطا در یک درجه دقت خاص تعریف‌شده توسط ASME B40.1 مجاز به تجاوز از حداکثر خطابرای درجه دقت نیستند.

این‌باند خطا دو حد دارد:حد خطای کالیبر اسیون‌وحد خطای‌استاندارد(شکل ۱۳۱.۱ را ببینید).

حدخطای کالیبراسیون، حداکثر خطای عملیاتی دستگاه جدیدرا نشان می دهد، در حالی که حد خطای استاندارد پس ازقرار گرفتن دستگاه در معرض تعداد مشخصی از بارهای دینامیکی‌و پیوسته (شرایط عملیاتی) اعمال می شود.

نمرات دقت‌ومحدودیت های خطادر جدول زیر فهرست‌شده اند.

دقت درجه	پایین تر ۴/۱ مقیاس	میانه نصف‌مقیاس	پایین تر ۴/۱ مقیاس
	درصدطول		
4A	±۰.۱	±۰.۱	±۰.۱
۳A	±۰.۲۵	±۰.۲۵	±۰.۲۵
2A	±۰.۵۰	±۰.۵۰	±۰.۵۰
1A	±۱.۰	±۱.۰	±۱.۰
A	±۲.۰	±۱.۰	±۲.۰
B	±۳.۰	±۲.۰	±۳.۰
C	±۴.۰	±۳.۰	±۴.۰
D	±۵.۰	±۵.۰	±۵.۰

هیسترزیس از مقدار قرائت در جهت نزولی منهای مقدارقرائت در جهت صعودی تعیین می شود. مقدار قرائت‌مجاز نیست از مقادیر حدی ذکر شده در جدول بالا تجاوزکند.

مقادیرحدی مثبت هستند و به بزرگی مقدار مقیاس شروع وپایان تحت خلاء یا فشار مثبت مربوط می شوند، یعنی به محدوده‌اندازه گیری (محدوده کامل مقیاس) تحت خلاء و فشارمثبت مربوط می شوند.

این‌آزمایش به عنوان یک تجهیزات استاندارد، به یک فشارسنج‌با خطایی کمتر از 25٪ از حد خطای کالیبراسیون دستگاه‌مورد آزمایش نیاز دارد. خواندن فشارسنج پس از 3 ضربه‌آرام به بدنه فشارسنج انجام می شود.**حداقل تعداد نقاط‌اندازه گیری**به طور مساوی در محدوده توزیع شده باشدباید:

دقت ASME B40.1	حداقل‌تعداد نقاط‌اندازه گیری
B، A 1یا A ASME Grades C & D	۱۰
2A، 3A 4 یا ASME Grades	۵
ASME Grades	۴

ابتداو انتهای محدوده به عنوان نقاط اندازه گیری در نظر گرفته‌می شوند.

لیست‌زیر کاربردهای گیج ها را با هر درجه دقت بر اساس نوع‌کاربرد نشان می دهد.

گریدهای3A، 2A ASME و 4A:برای اندازه گیری های دقیق‌در آزمایشگاه ها و کارگاه ها **گریدهای A و 1A استانداردASME:**برای اندازه گیری فشار صنعتی در ماشین آلات‌و خطوط تولید. **استانداردهای ASME شامل گریدهای C ،B و D می شود:**برای کاربردهای نظارتی ساده بدون‌الزامات دقیق.

۳.۸.۴.۱سیالات فرآیندی

خواص‌فیزیکی و شیمیایی محیط های فرآیندی مایع یا گازی می تواندبسیار متفاوت باشد. بدیهی است که مواد مختلف مورداستفاده در گیج های فشار، واکنش های متفاوتی با سیالات‌فرآیندی مختلف نشان می دهند. برخی از فلزات توسط گازهای خورنده از بین می روند و نیاز به محافظت در برابرسیال فرآیند دارند. این کار اغلب با اعمال یک پوشش محافظیا با استفاده از یک آب بند شیمیایی انجام می شود. درموارد خاص، واکنش سیال فرآیندی با سایر مواد (اکسیژن باروغن، استیلن با مس و آلیاژهای مس حاوی بیش از 70٪ مس) ممکن است منجر به انفجار شود.

موادی‌که برای قطعات در تماس با سیال فرآیند استفاده می شوند،که به آنها **قطعات خیس شده‌گفته** می شود.

بایدبه درستی انتخاب شوند. معمولا تّولیدکننده و کاربر نهایی‌با هم همکاری می کنند تا مناسب ترین مواد را برای استفاده‌در قطعات خیس شده تعیین کنند.

برای‌سیالات فرآیند مایع، به دلیل دریچه فشار نسبتا بّاریک، ویسکوزیته‌باید در نظر گرفته شود. مایعات چسبناک برای گیج های‌فشار لوله بوردون مشکلاتی ایجاد می کنند، زیرا سیالات‌فرآیند چسبناک ممکن است در ورود به لوله بوردون مشکل‌داشته باشند، اگر اصلا مَشکلی وجود داشته باشد. سیستم های‌دیافراگمی، به ویژه با فلنج فرآیند (شکل 1.71 رابببنید)، راه حل بهتری هستند.

جزئیات‌تأثیر سیالات فرآیند بر مواد را می توان در جداول مقاومت‌شیمیایی یافت (به بخش 4.2 مراجعه کنید).

اگردما در نقطه اندازه گیری بیشتر از حداکثر دمای عملیاتی گیج‌فشار باشد، باید یک خط اندازه گیری بلند، سیفون یا آب بندشیمیایی با یک خط مویین در بالادست ابزار اندازه گیری‌متصل شود. خطای ناشی از اختلاف دما بین کالیبراسیون‌و عملکرد باید در نظر گرفته شود.

وقتی‌گازها و مایعات تحت فشار بالا هستند، انرژی ذخیره شده‌در المان اندازه گیری، خطر قابل توجهی را برای پرسنل عملیاتی‌ایجاد می کند. هر شخصی که در لحظه پارگی قطعات‌تحت فشار، جلوی ابزار اندازه گیری باشد، می تواند دراثر ترکش های پنجره یا نشت سیال فرآیند آسیب ببیند.

برای‌از بین بردن چنین خطراتی باید از گیج های فشار با طراحی‌ایمنی (جلوی توپر) استفاده شود. این گیج ها برای گیج های‌فشار پر شده با مایع اکیدا تّوصیه می شوند.

هنگام‌اندازه گیری فشار با مواد خطرناکی مانند استیلن، اکسیژن،مواد قابل احتراق یا سمی، باید مقررات مربوط به پیشگیری‌از حوادث رعایت شود. گزیده ای از مقررات، مشخصات‌و دستورالعمل های اصلی مربوط به ایمنی را می توانیددر پیوست بیابید.

۴.۸.۴.۱شرایط محیطی

اگرنتوان از انتقال شوک به دستگاه اندازه گیری جلوگیری کرد،باید از دستگاه هایی با حرکت میرا یا پر شده با مایع استفاده‌شود.

درجه‌دقت (که گاهی اوقات روی صفحه نمایش نشان داده می شود) برای‌دمای محیط ۶۸ درجه سانتیگراد اعمال می شود.درجه‌ف± ۵.۳درجه‌اف (20)درجه‌سی۲±درجه‌ج) دماهای دیگر باعث خطاهای‌اضافی می شوند که اندازه آنها به نوع ابزار بستگی دارد.

درابزارهای پر شده با مایع، ویسکوزیته مایع پرکننده در دماهای‌پایین محیط افزایش می یابد. این امر باعث افزایش میرایی‌و زمان پاسخ دهی کندتر عقربه می شود.

گیج های‌فشار نصب شده در فضای باز باید به اندازه کافی در برابرآب محافظت شوند تا از یخ زدگی در دماهای زیر ۳۲ درجه سانتیگرادجلوگیری شود.

پوشش هایا محفظه های مخصوص ساخته شده از مواد مقاوم، در برابرحمله ی هوای خورنده ی محیط مقاومت می کنند.

آنالوگ و دیجیتال
فرستنده های فشار
و مبدل ها.

۱.۵مبدل های فشار، فرستنده های فشار اندازه گیری‌فشار با آنالوگ و دیجیتال

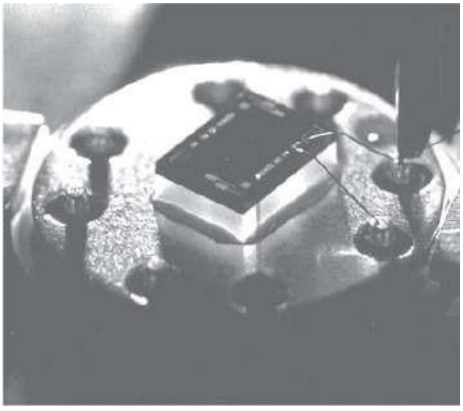
رایج ترین‌انواع ابزارهای اندازه گیری فشار الکتریکی که امروزه‌استفاده می شوند، در بخش ۲.۲.۳.۱ به تفصیل شرح داده‌شده اند. اکنون بخش ۵.۱ اطلاعات دقیق تری در مورد نحوه‌پردازش اندازه گیری های فشار ارائه می دهد و به مشکلات‌معمول موجود در کاربردهای رایج مانند تأثیرات دماو سایر متغیرها می پردازد.

۱.۵.۱تعریف مبدل فشار

مبدل های‌فشار نوع پیشرفته ای از المان حسگر فشار هستند.ساده ترین شکل یک سیستم اندازه گیری فشار الکتریکی،حسگر فشار است. این حسگر فشار است که متغیرفیزیکی "فشار" را به کمیتی تبدیل می کند که می تواندبه صورت الکتریکی پردازش شود. یک مبدل فشار، سطح‌بعدی پیچیدگی است. در یک مبدل فشار، المان حسگرو محفظه در تماس الکتریکی هستند و یک اتصال فشاردارند.



شکل۱.۱۳۲الف فشارلایه نازک مبدل ها

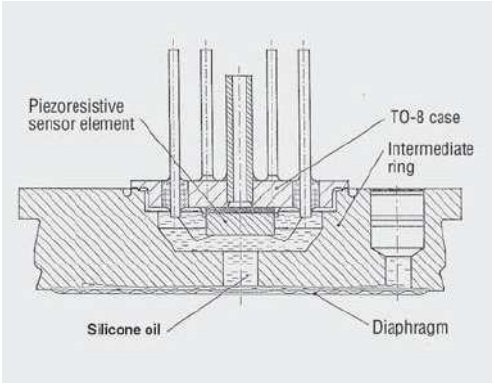


شکل۱.۱۳۲ب یکتراشه با سیم های اتصال روی یک حامل8-TO

سیگنال های‌خروجی معمول از مبدل های فشار، بسته به نوع‌حسگر، بین ۱۰ میلی ولت تا حدود ۱۰۰ میلی ولت هستند. بااین حال، این سیگنال ها استاندارد نشده اند و جبران سازی‌هم نمی شوند. در مبدل های فشار از نوع لایه نازک،معمولا فقط عنصر حسگر به اتصال فشار جوش داده می شودو سپس به صورت الکتریکی متصل می شود. از سوی‌دیگر، مبدل های فشار پیزومقاومتی به مراحل تولید بسیاربیشتری نیاز دارند، زیرا عنصر حسگر نیمه هادی باید توسطیک آب بندی شیمیایی از اثرات محیط های مختلف محافظت‌شود. تولید مبدل های فشار پیزومقاومتی شامل مراحل‌زیر است.

۱.سنسور ابتدایی به حامل متصل می شود. محفظه های 8-TO با ۸ پین تماسی و یک بوش شیشه ای عایق اغلب به عنوان‌حامل استفاده می شوند. تراشه ها بسته به سازنده، یابه حامل چسبانده می شوند یا لحیم می شوند.

۲.سپس تراشه 8-TO با جوشکاری، گیره یا لحیم کاری به یکمحفظه تحت فشار متصل می شود.



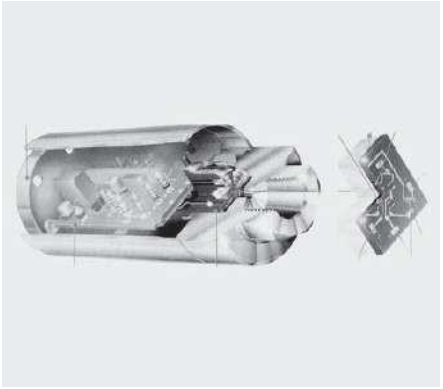
شکل۱.۱۳۳ یک‌حسگر پیزومقاومتی در یک حلقه‌میانی

۳.سپس محفظه به یک دیافراگم جلویی جوش داده می شود.این دیافراگم معمولا با چین خوردگی هایی طراحی می شودو تقریبا.۱۰ میلی متر ضخامت دارد. امروزه برخی از مبدل های‌فشار به دیافراگم های پلاستیکی مجهز شده اند (شکل).۱.۱۳۴ اگرچه این ماده مقرون به صرفه است، اما با همه‌محیط های فرآیند سازگار نیست. در بیشتر موارد، دیافراگم‌از فولاد ضد زنگ ساخته شده است.



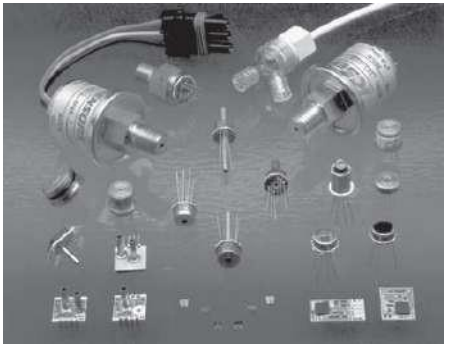
شکل۱.۱۳۴ یک حسگر پیزومقاومتی با دیافراگم‌پلاستیکی

۴.سپس مبدل فشار با یک مایع انتقال دهنده فشار (روغن سیلیکون) پر می شود. برای انجام این کار، مبدل فشار در یک‌ظرف دربسته قرار می گیرد که سپس تخلیه می شود. پس‌از رسیدن به خلاء لازم، روغن سیلیکون به داخل کشیده می شودو سیستم را بدون هیچ گونه حباب هوای محبوس شده،کاملا پُر می کند.



شکل۱.۱۳۵ مبدل‌اندازه گیری فشار پیزومقاومتی

۵.در نهایت مبدل فشار آب بندی می شود.



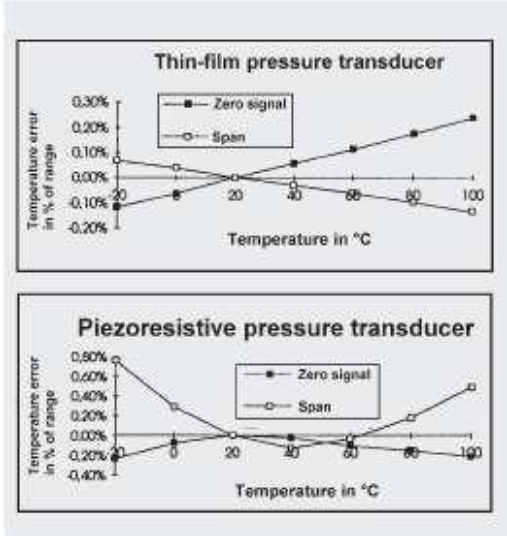
شکل۱.۱۳۶ مبدل های‌فشار پیزومقاومتی

۱.۱.۵.۱مبدل های فشار و مشخصات آنها

سیگنال‌خروجی
مبدل های‌فشار هیچ قطعه الکترونیکی فعالی ندارند و بنابراین‌هیچ قطعه ای که ولتاژ تغذیه را تثبیت کند، ندارند. این‌بدان معناست که سیگنال خروجی همیشه متناسب با ولتاژتغذیه است. سیگنال های خروجی معمول، به عنوان مثال،۳ میلی ولت بر ولت با مبدل های فشار لایه نازک و ۱۰۰ میلی ولت‌بر ولت با مبدل های فشار پیزومقاومتی هستند. سیگنال‌خروجی متناسب با ولتاژ تغذیه است.

خطای‌دما
هرمبدل فشار نه تنها یک سیگنال خروجی مخصوص به حسگردارد، بلکه یک خطای دمایی نیز دارد که برای نوع خاص‌حسگر معمول است. نمودار زیر منحنی های مشخصه معمول‌برای خطاهای دمایی را نشان می دهد:

الف) مبدل های فشار لایه نازک
ب) مبدل های فشار پیزومقاومتی



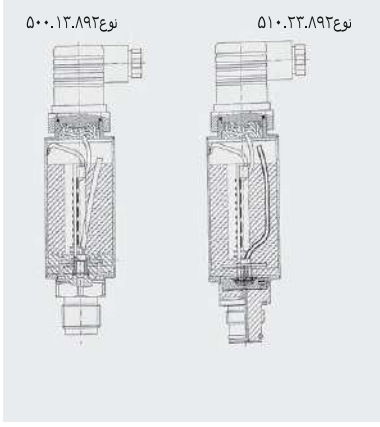
شکل۱.۱۳۷ خطاهای دمایی لایه نازک ومبدل های فشار پیزومقاومتی

همانطورکه این نمودار نشان می دهد، مبدل های فشار لایه نازک‌دارای منحنی مشخصه ای هستند که جبران آن بسیار آسان تراز سنسورهای فشار ساخته شده از مواد نیمه هادی است.

خطی‌بودن
ارقام‌خطی بودن، مقدار حداکثر انحراف منحنی مشخصه از خطماکزیمم تا صفر و نقطه پایانی را مشخص می کنند.

۲.۱.۵.۱مبدل های اندازه گیری فشار

مبدل های‌اندازه گیری فشار، سطح بعدی مونتاژ ابزارهای اندازه گیری‌فشار را نشان می دهند. آن ها سیگنال های خروجی‌استانداردی دارند که می توانند مستقیما بّه واحدهای‌کنترل بعدی، مثلا خَروجی ۴ تا ۲۰ میلی آمپر، منتقل‌شوند.



شکل۱.۱۳۸ اندازه گیری‌فشار

مبدل های‌آنها عبارتند از:
-یک حسگر
-اتصال فشاری
-پردازش سیگنال های الکترونیکی
-کرنش سنج لایه‌نازک
- پایه پیزو
- اتصال‌الکتریکی

باتوجه به تعداد زیاد کاربردهای مختلف، هیچ استانداردی برای‌هیچ نوع طراحی وجود ندارد. با این حال، روندهای خاصی مشاهده شده است.

مشخصات و تعاریف داده های مشخصه برای سیستم های اندازه گیری‌فشار الکتریکی توسط هیچ سازمان رسمی شناخته‌شده ای در ایالات متحده مستند نشده است، بنابراین‌مقایسه محصولات یک تولیدکننده با تولیدکننده دیگردشوار است.

۳.۱.۵.۱داده های فنی و تعریف آنها

مرسوم است که اطلاعات زیر در توضیحات فنی سنسورهای فشار،مبدل های فشار و مبدل های اندازه گیری فشار ذکر شود.

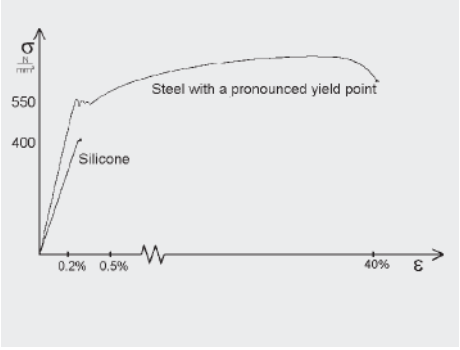
محدوده‌اندازه گیری / پهنای اندازه گیری

محدوده‌اندازه گیری، فاصله بین شروع و پایان اندازه گیری هااست. محدودیت های خطای ذکر شده در برگه‌اطلاعات، در این محدوده اندازه گیری اعمال می شوند. نوع‌فشار، به عنوان مثال فشار مثبت، فشار خلاء، فشار مطلق‌یا فشار تفاضلی، نیز برای تعریف محدوده اندازه گیری مشخص‌می شود.

حداکثرمحدوده فشار

حداکثرفشار، فشارهایی را تعریف می کند که در آنها یک مبدل‌اندازه گیری فشار می تواند بدون آسیب دائمی، یعنی انحراف‌نقطه صفر، در معرض آن قرار گیرد. مبدل اندازه گیری‌فشار مجاز است در ناحیه بین محدوده مقیاس کامل‌و حد فشار اضافه بار، از داده های فنی مشخص شده خودمنحرف شود. حداکثر حد فشار معمولا توسط نوع حسگرتعیین می شود.

درمبدل های اندازه گیری فشار پیزومقاومتی، حداکثر فشار با فشار ترکیدن یکسان است. از سوی دیگر، در مبدل های اندازه گیری‌فشار لایه نازک، تفاوت های قابل توجهی بین حداکثرفشار و فشار ترکیدن وجود دارد. این به دلیل حسگر سیلیکون‌و فولاد ضد زنگ است. در حالی که فولادها وقتی ازمحدوده انعطاف پذیری خود فراتر می روند، وارد فاز جریان می شوند،مواد شکننده تا نقطه ترکیدن دارای مشخصه خطی‌هستند.



شکل۱.۱۳۹منحنی تنش-کرنش فولاد ضد زنگ فولاد / سیلیکون

فشارپشت سر هم

فشارانفجاری، محدوده فشاری را تعریف می کند که در صورت‌تجاوز از آن، می تواند منجر به تخریب کامل مبدل اندازه گیری‌فشار و در نتیجه از دست رفتن سیال فرآیند شود.

منبع تغذیه

برای‌کار کردن مبدل های فشار و مبدل های اندازه گیری فشار،به یک منبع تغذیه نیاز است. رایج ترین منبع تغذیه، جریان‌مستقیم ۲۴ ولت است. به دلیل اجزای تثبیت کننده ولتاژ،مبدل های اندازه گیری فشار معمولا محدوده ولتاژ تغذیه‌بزرگتری، یعنی ۱۰ تا ۳۰ ولت DC، دارند. بین این محدوده،نباید هیچ تأثیری ناشی از تغییرات ولتاژ تغذیه وجودداشته باشد.

اگر مبدل در واقع فقط با ۱۲ ولت DC کار کند، نبایدهیچ تغییری در دقت وجود داشته باشد. اثرات تغییر ولتاژتغذیه معمولا نباید از ۰.۱٪ در هر ۱۰ ولت تجاوز کند.

سیگنال‌خروجی (آنالوگ، دیجیتال)

سیگنال های‌جریان و ولتاژ به عنوان محبوب ترین سیگنال های‌خروجی شناخته شده اند. اینکه دقیقا کدام سیگنال‌خروجی انتخاب شود، عمدتا به دستگاه های نشانگر وکنترلی بستگی دارد که مبدل های اندازه گیری فشار، سیگنال‌خروجی خود را به آنها ارسال می کنند. به عنوان یک قاعده‌کلی می توان گفت که سیگنال های جریان در طول انتقال‌نسبت به سیگنال های ولتاژ کمتر در معرض تداخل هستند.

سیستم هایی‌با فناوری دو سیمه با جریان ۴ تا ۲۰ میلی آمپر، به‌طور فزاینده ای در کارخانه های صنعتی محبوب می شوند.مزیت اصلی این فناوری این است که منبع تغذیه وسیگنال اندازه گیری هر دو از طریق خطوط اتصال یکسانی منتقل‌می شوند که برای تأسیسات بزرگ، صرفه جویی قابل توجهی‌در هزینه های سیم کشی ارائه می دهد.

درعین حال، نقطه صفر بالاتر ۴(میلی آمپر) امکان نظارت بر نقطه‌اندازه گیری برای مدارهای باز و خرابی دستگاه را فراهم می کند،زیرا در این موارد، جریان عبوری به زیر ۴ میلی آمپر کاهش‌می یابد. این تغییر می تواند در واحدهای نظارتی، یعنی‌برای فعال کردن آلارم، مورد استفاده قرار گیرد.

همچنین‌از سوی صنعت خودرو، تقاضای فزاینده ای برای سیگنال های‌ولتاژ به اصطلاح نسبت سنجی وجود دارد. این بدان‌معناست که، برای مثال، محدوده ولتاژ تغذیه به صورت 5 ولت+/- 10% تعریف می شود و سیگنال خروجی به صورت 0.5تا 4.5 ولت 10% -/+ DC مشخص می شود. اگر ولتاژ تغذیه،به عنوان مثال، 4.5 ولت (-10% از محدوده مقیاس کامل) باشد، سیگنال خروجی برابر با 4.0 ولت (4.5 ولت منهای 10%) خواهد بود. این سیگنال خروجی باعث صرفه جویی در چندین‌قطعه الکترونیکی می شود و امکان ساخت مبدل های اندازه گیری‌فشار ارزان تر را فراهم می کند.

درخروجی های جریانی، علاوه بر مقدار خروجی، حداکثر بار نیزمشخص می شود. این بار، حداکثر امپدانس بار مجاز نامیده‌می شود.

$$R_A\,[\text{Ohm}] = (U_B\,[\text{V}] - U_B\,\text{min})/0.02\,[\text{A}] \quad (1\text{-}49)$$

R_A = Load impedance in ohms
U_B = Actual supply voltage in volts
$U_B$min = Minimum allowable supply voltage specified in the data sheet

درکاربردهای عملی، بار واقعی مورد استفاده باید بسیار کمتراز حداکثر بار مجاز باشد تا خطاهای اندازه گیری ناشی از مقاومت های‌تماسی بسیار بالا از بین برود.

همچنین‌تقاضای خاصی برای خروجی های فرکانسی در کاربردهای‌خاص، به عنوان مثال، معدنکاری، وجود دارد.

نوع‌دیگری از سیگنال که اکنون اهمیت پیدا می کند، سیگنال‌خروجی دیجیتال است که با نرم افزار مناسب می توان‌آن را مستقیما به سیستم های مبتنی بر ریزپردازنده واردکرد.

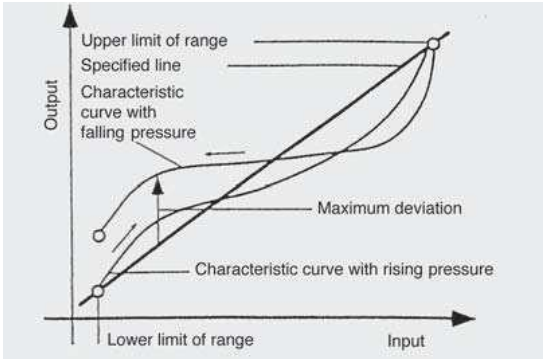
زمان‌پاسخ

زمان‌پاسخ، مدت زمانی را که سیگنال خروجی هنگام تغییر ناگهانی‌فشار نیاز دارد، تعریف می کند. این زمان معمولا در محدوده۱۰٪ تا ۹۰٪ از محدوده اندازه گیری ذکر می شود.

درانواع حسگرهای مدرن، زمان پاسخ به دلیل جابجایی کم دیافراگم هابسیار کوتاه است. هنگام تعیین زمان پاسخ، کاربرباید در نظر بگیرد که آیا به سیگنال پیوسته نیاز دارد یا مثلا آیا باید بتواند با سرعت بالا اندازه گیری کند تا هرگونه پیک فشار را تشخیص دهد. معمولا می‌ایی لازم سیگنال توسط قطعات الکترونیکی تقویت کننده انجام می شود.

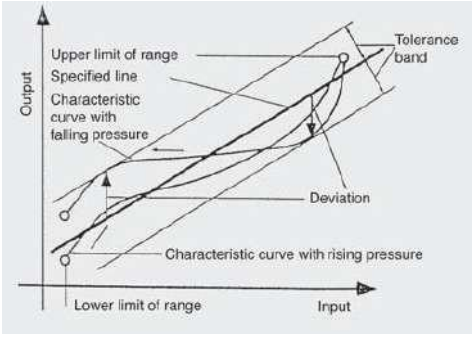
خطای‌دقت و انطباق

دقت‌به صورت درصدی از انحراف در مقیاس کامل بیان می شودو معمولا حّداکثر انحراف منحنی مشخصه اندازه گیری‌شده از خط ایده آل بین شروع و پایان اندازه گیری‌را مشخص می کند. این روش معمولا بّه عنوان **کالیبراسیون مبتنی بر ترمینال**شناخته می شود. ودر اروپا رایج است زیرا استانداردهای اروپایی بیان می کنند که‌فقط حداکثر خطای منفرد حاصل از خطی بودن، تکرارپذیری‌و هیسترزیس برای تعیین خطای انطباق استفاده می شود.با سیستم های حسگر مدرن، هیسترزیس و تکرارپذیری‌ناچیز هستند.



شکل۱.۱۴۰کالیبراسیون مبتنی بر ترمینال

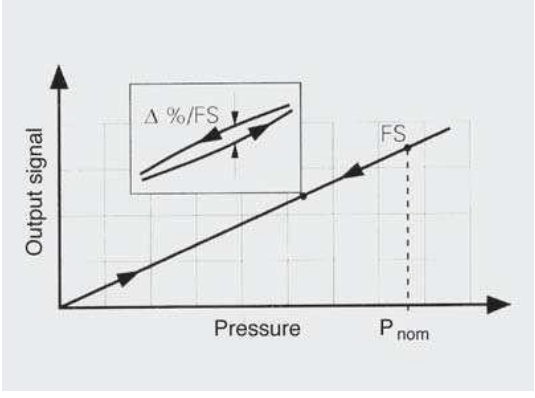
درایالات متحده، روش استاندارد برای تعیین دقت، BFSL (بهترین‌خط مستقیم برازش) است. روش BFSL خطوط اولیه‌را محاسبه می کند که سپس به مقادیر اندازه گیری شده‌واقعی اعمال می شوند تا انحرافات تا حد امکان کوچک نگه‌داشته شوند. به عنوان یک قاعده کلی، اختلاف دقت بین کالیبراسیون‌مبتنی بر ترمینال و کالیبراسیون BFSL با ضریب۲ است ۱(٪ با کالیبراسیون مبتنی بر ترمینال تقریبا ً برابربا ۰.۵٪ با کالیبراسیون BFSL است).



شکل۱.۱۴۱کالیبراسیون BFSL

هیسترزیس

هیسترزیس‌اختلاف سیگنال های خروجی در یک فشار معین‌بین زمانی است که فشار اعمال شده در حال افزایش وکاهش است.



شکل۱.۱۴۲منحنی هیسترزیس

باانحراف دیافراگم درمیکرودر محدوده m، فناوری های حسگرامروزی معمولا مّقادیر هیسترزیس به طور قابل توجهی‌کمتر از 0.1٪ دارند.

محدوده‌دما

دمای‌سیال فرآیند (رسانه)

دمای‌سیال فرآیند، محدوده دمایی را تعریف می کند که سیال‌فرآیند اجازه دارد به آن برسد، بدون اینکه باعث شود مبدل‌فشار از مشخصات استاندارد خارج شود. مبدل های اندازه گیری‌فشار با یک عنصر خنک کننده داخلی در صورتی استفاده‌می شوند که دمای سیال فرآیند بالا باشد، یعنی تا 300درجه Fشکل 1.143). برای دمای سیال فرآیندتا 750 درجه سانتیگراد، باید از آب بندهای شیمیایی استفاد ه‌شود. (به بخش ۶.۱ مراجعه کنید)

.

دمای‌محیط

دمای‌محیط، محدوده ای را تعریف می کند که مبدل فشار می تواندر آن قرار گیرد، بدون اینکه باعث شود مبدل فشار ازمشخصات استاندارد خارج شود یا به بدنه یا اتصال الکتریکی‌آن آسیبی وارد شود.

محدوده‌دمای جبران شده

مهمترین‌نکته در مورد محدودیت دمایی، محدوده دمای جبران‌شده است. مشخصات محدوده خطای دمایی فقط برای‌محدوده دمای جبران شده اعمال می شود. خطاهای خارج‌از این محدوده بیشتر هستند.

خطای‌دما باید به خطاهایی که به دلیل خطی بودن، هیسترزیس‌و تکرارپذیری رخ می دهند، اضافه شود. خطای کل‌عمدتا بّه سیستم های حسگر مورد استفاده بستگی دارد ومشروط به نوع جبران داخلی است.

داده های‌جبران سازی خاص برای هر مبدل فشار خاص را می توان‌با یک آرایش مدار آنالوگ-دیجیتال تعیین و در حافظه‌یکپارچه ذخیره کرد. این نوع مبدل های فشار جبران سازی شده‌هیچ خطای دمایی اضافی در یک محدوده دمایی‌خاص تعریف شده ندارند.

انواع‌اتصالات الکتریکی

دربین اتصالات الکتریکی، روند مداومی به سمت استفاده ازدوشاخه های زاویه قائ‌مه ۴ قطبی (طبق مشخصات اروپایی43650 DIN) وجود دارد. امروزه محبوب ترین انتخاب‌برای مبدل های فشار ارزان قیمت، دوشاخه های لوازم‌خانگی MMT 1-6-4A هستند. نصب و تعویض با هر دوی‌این سیستم های دوشاخه آسان تر از مثلا سّیم های معلق‌است.

اگرکانکتورهای پلاگ نتوانند الزامات حفاظتی مورد نظر را برآورده‌کنند، که تقریبا هّمیشه در مورد پروب های چاه یا پروب های‌سطح صادق است، به کابل های هدایتی نیاز است.در این کاربردها، نیاز به آب بندی در عمق غوطه وری تا850 فوت (250 متر) تنها با استفاده از کابل های هدایتی طراحی شده ی‌ویژه قابل برآورده شدن است.



شکل۱.۱۴۳مبدل فشار با
عنصرخنک کننده داخلی

۴.۱.۵.۱فرستنده های فشار

ترانسمیترهای فشار، زیرگروهی از مبدل های فشار، دارای گزینه های‌تنظیم مجدد و کالیبراسیون اضافی هستند. برای مثال،در برخی از انواع سنسورها، می توان محدوده اندازه گیری‌را در محدوده های بزرگ دوباره تنظیم کرد. این گزینه‌کالیبراسیون معمولا بّا اصطلاحاتی مانند "کاهش مقیاس"، "تنظیم مجدد محدوده" یا "کاهش" شناخته می شود.به عنوان مثال، یک ترانسمیتر

با محدوده اندازه گیری ۰ تا ۴۰۰ PSI و تنظیم مجدد محدوده /۱۰ ۱،می توان آن را در محدوده اندازه گیری ۰ تا ۴۰ PSI کالیبره کردو در عین حال سیگنال خروجی کامل (مثلا ۴ تا ۲۰ میلی آمپر) را ارائه داد.

همچنین‌می توان نقطه صفر را در یک محدوده وسیع تغییر دادو میرایی سیگنال خروجی را بین ۰ تا ۳۲ ثانیه کالیبره کرد. فرستنده های‌هوشمند مانند هارت®که قابلیت ثبت وقایع رانیز دارند، می توانند از طریق میز کنترل یا ترمینال های دستی‌کالیبره، آزمایش و تنظیم مجدد شوند.

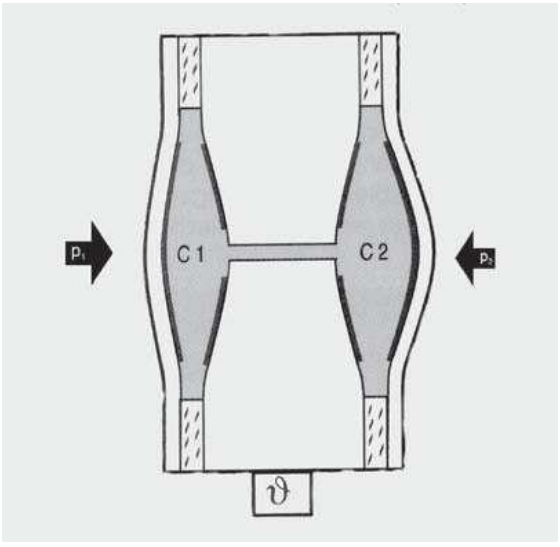
ترانسمیترهااغلب در کاربردهای فرآیندی استفاده می شوند که‌در آن ها می توان آن ها را با آب بندهای شیمیایی مختلف‌ترکیب کرد.



شکل۱.۱۴۴فرستنده هایی با مواد شیمیایی

۵.۱.۵.۱فرستنده فشار تفاضلی

دراندازه گیری های فشار تفاضلی، دو فشار P_1 و P_2 با یکدیگر مقایسه‌می شوندو اختلاف فشار به صورت فشار تفاضلی نشان‌داده می شود. این اندازه گیری ها معمولا بًا استفاده از سلول های‌فشار تفاضلی خازنی مخصوص انجام می شوند.



شکل۱.۱۴۵ یکسرامیک خازنی سلول‌اندازه گیری

سلول‌اندازه گیری سرامیکی از یک بدنه میکروفون اصلی‌با دو دیافراگم روبروی هم تشکیل شده است که بایک لوله مویین به هم متصل شده اند. هر طرف این‌دستگاه به صورت یک حسگر خازنی طراحی شده است. درفشارهای P و P ۱ عمال شده،۲نمودارها منحرف می شوند. اگرP بزرگتر از P باشد، یکی از ن۱مودارها به سمت داخل۲تغییر مکان‌می دهد در حالی که دیگری به سمت خارج حرکت می کند.فشار تفاضلی را می توان ازانحراف حاصل محاسبه کرد.

.



شکل۱.۱۴۶ طراحیفرستنده فشار تفاضلی

بااستفاده از ترانسمیترهای فشار تفاضلی سرامیکی خازنی، می توان‌اندازه گیری های فشار تفاضلی را برای فشار و خلاء درگازها، بخارات و مایعات انجام داد.

آب بندهای شیمیایی
دیافراگم، کپسول و
مهرو موم درون خطی طرح ها

۱.۶آب بندهای دیافراگمی

دیافراگم‌سیل ها فشار فرآیند را از سیال فرآیند به ابزار فشار منتقل‌می کنند. آن ها هر زمان که نباید هیچ تماسی بین ابزاراندازه گیری و سیال فرآیند وجود داشته باشد، استفاده می شوند.

دیافراگم‌سیل و ابزار فشار، یک سیستم اندازه گیری پیچیده راتشکیل می دهند که دقت آن به پارامترهای زیادی بستگی دارد.برای دستیابی به پیکربندی بهینه مجموعه دیافراگم سیل/گیج، داشتن دانش دقیق از شرایط عملیاتی ضروری است.این فصل مشکلات مختلف مربوط به استفاده از دیافراگم‌سیل ها را بررسی کرده و مقدمه ای کلی بر کاربردهای‌احتمالی آنها ارائه می دهد.

این‌اطلاعات جایگزین مشاوره عمیق با تولیدکنندگان نیست.هدف از ارائه این اطلاعات، کمک به آماده سازی و تکمیل‌این بحث ها است.

کاربردها

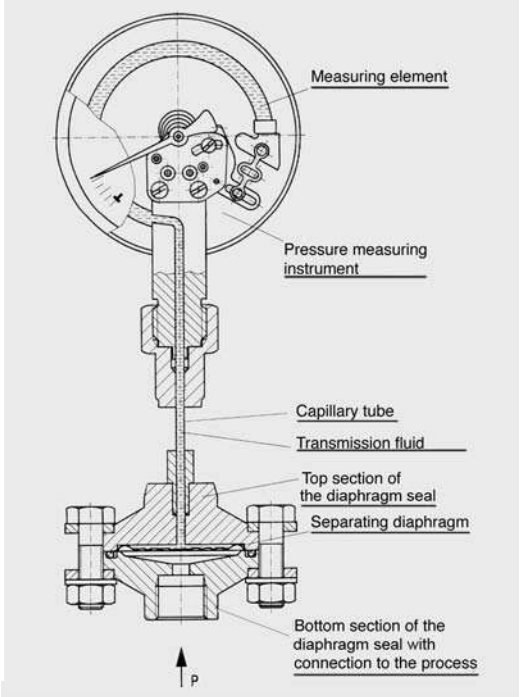
دلایل‌زیادی وجود دارد که چرا یک سیال فرآیند باید از یک ابزاراندازه گیری جدا شود:

-سیال فرآیند بسیار خورنده است. المان های اندازه گیری، مانندلوله های بوردون، نمی توانند در برابر حمله شیمیایی مقاومت‌کنند.
-سیال اندازه گیری بسیار چسبناک است. فضاهای مرده اجتناب ناپذیردر گیج یا فرستنده باعث مشکلات اندازه گیری‌می شوند.
-سیال فرآیند، به خصوص در فضاهای مرده، تمایل به کریستالیزه‌شدن دارد.
-سیال فرآیند تمایل به پلیمریزه شدن دارد. این می تواند باعث‌گرفتگی خطوط اتصال شود.
-سیال فرآیند دوغاب است. احتمال تجزیه و رسوب در فضاهای‌مرده وجود دارد.
-سیال فرآیند بسیار داغ است. این می تواند باعث شود دمای‌داخل گیج یا ترانسمیتر به سطح غیرقابل قبولی افزایش‌یابد.
-فرآیند در محل نصب دشواری قرار دارد. نصب یا خواندن گیج‌یا ترانس میتردشوار است. در این حالت، دستگاه توسط یک لوله مویین‌به دیافراگم سیل متصل می شود و امکان نصب آن‌در مکانی راحت تر را فراهم می کند.

-مقررات بهداشتی باید برای سیال فرآیند رعایت شود. کشت های‌باکتریایی می توانند در نقاطی که تمیز کردن آنهادشوار است، تشکیل شوند.
-نشت سیال فرآیند به جو یا محیط زیست به دلایل ایمنی، حفاظت‌از محیط زیست یا خطر آلودگی رادیواکتیو ممنوع است.باید اقدامات کافی برای از بین بردن نشتی ها انجام شود.

-اگر سیستمی به محافظت در برابر فشار بیش از حد بالا نیاز داشته باشد،می توان از یک دیافراگم سیل با ایمنی بالا در برابر فشار بیش‌از حد استفاده کرد.

اصول‌عملکرد دیافراگم سیل در شکل ۱۴۷.۱ نشان داده شده است.



شکل۱.۱۴۷دیافراگم مهرو موم با الف فشارسنج‌متصل

فشارسیال فرآیند به صورت هیدرولیکی به گیج فشار، سوئیچ‌یا فرستنده منتقل می شود. سمت فرآیند آب بند توسط یک دیافراگم انعطاف پذیر آب بندی شده است. محفظه بین این دیافراگم و ابزار اندازه گیری فشار کاملا پُر شده‌است. **مایع پرکننده سیستم**فشار سیال فرآیند توسطدیافراگم الاستیک به سیال پرکننده سیستم و از آنجا به‌ابزار اندازه گیری فشار یا ترانسمیتر منتقل می شود.

اگرنشتی در دیافراگم ایجاد شود، مایع پرکننده سیستم می تواند وارد محیط فرآیند شود. بنابراین، اگر در کاربردهای فرآوری‌مواد غذایی استفاده می شود، مایع پرکننده سیستم بایدغیرسمی باشد. مایع پرکننده سیستم همچنین باید تعدادی‌از الزامات دیگر مانند محدوده دما، ویسکوزیته، فشاربخار و غیره را برآورده کند.

ازدیافراگم سیل می توان برای ابزارهای فشار «گیج» و همچنین‌فشار مطلق، فشار تفاضلی، سوئیچ ها، فرستنده وغیره استفاده کرد.

گاهی‌اوقات یک لوله مویین، دیافراگم سیل را به ابزار اندازه گیری‌فشار متصل می کند تا از ایجاد خطاهای مرتبط بادما در ابزار توسط سیالات فرآیندی داغ جلوگیری شود.

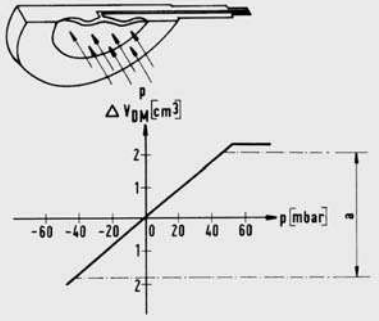
عملکردیک دیافراگم سیل مستقیما تَحت تأثیر تعدادی از پارامترهای‌متغیر قرار دارد. این پارامترها باید هنگام انتخاب دیافراگم‌سیل در نظر گرفته شوند تا از خطاهای اندازه گیری بیش‌از حد جلوگیری شود. با این حال، انتخاب صحیح تنها درصورتی امکان پذیر است که ویژگی های دیافراگم سیل و وابستگی‌آنها به پارامترهای تأثیرگذار شناخته شده باشد.

زمان‌پاسخ سیستم به طور کلی تحت تأثیر لوله مویین قرار دارد.این مشکل و سایر عوامل مؤثر بعدا مَورد بحث قرار خواهندگرفت.

دیافراگم‌و فلنج اتصال آن، بخش هایی از سیستم هستند که درتماس با سیال فرآیند (بخش های مرطوب) قرار دارند. بنابراین،آنها باید از ماده ای ساخته شوند که بتواند الزامات کاربردرا از نظر دما و مقاومت در برابر خوردگی برآورده کند. جدول‌مقاومت شیمیایی (به بخش 4.2 مراجعه کنید) اطلاعاتی‌در مورد ویژگی های خوردگی برخی از مواد ارائه می دهد.

۱.۶.۱مشخصه آب بند دیافراگمی

انحراف‌دیافراگم انعطاف پذیر در نتیجه فشار خارجی در بالا توضیح‌داده شد. این انحراف باعث تغییر حجم محفظه آب بنددیافراگمی بالای دیافراگم می شود. اگر آب بند دیافراگمی‌و لوله مویین به ابزار اندازه گیری فشار متصل نبودند،معادل حجم مایع از انتهای باز لوله مویین نشت می کرد.



شکل۱.۱۴۸مشخصه آب بند دیافراگمی

حجم جابجایینیروی اعمال شده توسط دیافراگم سیل برای‌انحراف عنصر اندازه گیری و جبران تغییر حجم در ابزار اندازه گیری‌فشار مورد نیاز است. به عنوان مثال، در یک گیج‌فشار لوله بوردون، حجم لوله با افزایش شعاع کمی افزایش‌می یابد. رابطه بین این تغییرات حجم در بخش بعدی‌بررسی خواهد شد.

ابتدابه ویژگی های خود دیافراگم سیل می پردازیم.

رابطه‌کلی بین فشار و تغییر در دیافراگم سیل در مشخصه حجم‌جابجایی نشان داده شده در شکل 1.148 آشکار است.

منحنی‌مشخصه، یک محدوده خطی را نشان می دهد که توسط محدوده الاستیسیته دیافراگم تعریف می شود. با بارگذاری‌بیشتر فراتر از محدوده الاستیسیته، دیافراگم دچار تغییرشکل دائمی می شود که با انحرافات خطی و جابجایی های‌صفر دائمی با خطاهای اندازه گیری مربوطه همراه‌است. بنابراین، هر دیافراگم سیل به یک محدوده عملیاتی‌خاص محدود می شود و یک حد بالایی برای حجم کاری‌موجود آن تعیین می شود.

منحنی مشخصه همچنین می تواند به سوال طول عمر پاسخ‌دهد. اگر یک دیافراگم سیل به طور مداوم در معرض چرخه های‌تنش تا حد الاستیسیته خود قرار گیرد، یعنی اگر لازم‌باشد حداکثر حجم جابجایی خود را همیشه تأمین کند، عمرکاری آن کوتاه می شود (نمودار چرخه تنش ووهلر). بنابراین،منطقی است که دیافراگم سیلی انتخاب شود که به طورمداوم تا حد الاستیسیته خود بارگذاری نشود.

۲.۶.۱حجم جابجایی و حجم کنترل

دیافراگم‌آب بند دیافراگمی انعطاف پذیر، حجم جابجایی را ایجادمی کند. این حجم توسط مشخصه دیافراگم آب بند تعریف‌می شود.

درعین حال، هر ابزار اندازه گیری فشار برای ایجاد یک واکنش‌قابل اندازه گیری توسط عنصر اندازه گیری، به یک حجم‌کنترل نیاز دارد. به عنوان مثال، هنگامی که یک لوله بوردون‌در معرض فشار فرآیند قرار می گیرد، خم می شود و بازمی شود و حجم آن همزمان تغییر می کند. این تغییر حجم‌لوله باید توسط یک حجم کنترل که باید از یک منبع خارجی‌به دستگاه اندازه گیری تأمین شود، جبران شود.

اگرابزار اندازه گیری فشار مستقیما بّه سیال فرآیند متصل شود،این سیال حجم کنترل لازم را فراهم می کند. از طرف دیگر،در مورد یک دیافراگم سیل میانی، حجم‌جابجایی باید حجم کنترل را فراهم کند.

بنابراین،اگر می خواهید یک دیافراگم سیل با حجم جابجایی به‌اندازه کافی بزرگ برای یک ابزار اندازه گیری فشار انتخاب شده‌برای یک مسئله اندازه گیری خاص، انتخاب کنید، باید مشخصات‌دیافراگم سیل مشخص باشد.

۳.۶.۱کاربردهای عملی

حجم‌جابجایی دیافراگم سیل در مقایسه با حجم ابزار اندازه گیری(گیج یا ترانسمیتر) در کاربردهای عملی تحت تأثیرمتغیرهای دیگری قرار می گیرد. همچنین باید برای تغییرات‌حجم سیال پرکننده سیستم ناشی از انبساط حرارتی‌و تراکم پذیری، مقادیری در نظر گرفته شود. برای اطمینان‌از سازگاری کامل بین دیافراگم سیل، خط مویین و ابزاراندازه گیری فشار، حجم جابجایی دیافراگم سیل باید همیشه‌بزرگتر از مجموع حداکثر حجم کنترل برای ابزار و تغییرحجم سیال پرکننده سیستم باشد.

۴.۶.۱زمان پاسخ

زمان‌پاسخ یک سیستم اندازه گیری متشکل از دیافراگم سیل،لوله مویین و ابزار اندازه گیری فشار، به عنوان زمان موردنیاز عقربه ابزار اندازه گیری برای نشان دادن ۹۰٪ مقدار تغییرناگهانی فشار تعریف می شود. این زمان پاسخ به زمان موردنیاز برای تغییر حجم سیال پرکننده سیستم، تغییر حجم عنصراندازه گیری و عبور حجم مایع از بخش مویین بستگی دارد.

ازآنجایی که تغییرات حجم سیال پرکننده سیستم متناسب باحجم کل است، می توان با کاهش حجم سیال پرکننده سیستم،زمان پاسخ را بهبود بخشید. به عنوان یک قاعده کلی،بهینه سازی حجم عنصر اندازه گیری، طول و سطح مقطع‌آن مهم است.

ازمویرگی و حجم مایع موجود در آب بند دیافراگمی.

علاوه‌بر داده های ابعادی سیستم اندازه گیری، ویسکوزیته مرتبطبا دما در سیال پرکننده سیستم نیز بر زمان پاسخ تأثیرمی گذارد. بنابراین، یک سیال پرکننده سیستم با ویسکوزیته‌پایین، زمان پاسخ را کاهش می دهد.

۱.۶.۵انتخاب نرم افزاری آب بندهای دیافراگمی

کیفیت‌یک سیستم اندازه گیری آب بندی شیمیایی (آب بندی‌دیافراگمی، لوله موبین و ابزار اندازه گیری) تا حد زیادی‌به ترکیبی از پارامترهای مختلف بستگی دارد. این پارامترهاشامل حجم جابجایی، حجم کنترل، تغییرات مرتبط بادما و فشار در حجم سیال پرکننده سیستم، داده های ابعادی‌سیستم اندازه گیری و ویژگی های مایع تحت شرایط عملیاتی‌مختلف می شود.

علاوه‌بر این پارامترهای پیچیده و وابستگی آنها به یکدیگر، سه‌سوال اساسی باید همیشه پاسخ داده شوند:

-آیا حجم جابجایی دیافراگم سیل کافی است؟

-خطای اندازه گیری ناشی از تغییرات دما و فشار چیست؟

-زمان پاسخگویی چقدر است؟

این‌سؤالات را می توان با استفاده از مجموعه ای ساده از پارامترهای‌تعیین شده، با روش «آزمون و خطا» پاسخ داد. شهودمبتنی بر تجربه حتی ممکن است گاهی اوقات پاسخ های‌مفیدی ارائه دهد، اما این رویکرد را نمی توان قابل‌اعتماد دانست. پیکربندی بهینه برای یک کاربرد خاص تنهابا تغییر سیستماتیک تمام پارامترهای تأثیرگذار قابل تعیین‌است. حل تکراری معادلات برای این پارامترها، یک کارایده آل برای یک نرم افزار است.

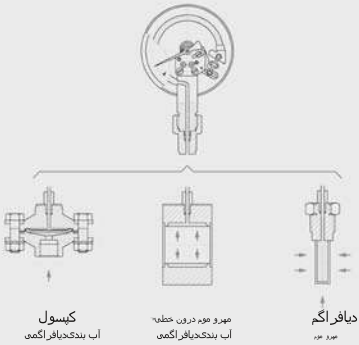
راه‌حل WIKA توسعه برنامه نرم افزاری مخصوص به خود برای‌پیکربندی بهینه سیستم های دیافراگم سیل بود. داده های‌تقریبا ۴۰ سیال پرکننده سیستم، بیش از ۵۰ مدل دیافراگم‌سیل و تمام گیج های فشار، مبدل های فشار و فرستنده های‌محبوب در این برنامه ذخیره می شوند.

مقادیرمحاسبه شده توسط نرم افزار زمانی بیشترین قابلیت اطمینان‌را دارند که داده های دقیق شرایط عملیاتی به سیستم‌وارد شوند. بنابراین، پرسشنامه ای برای جمع آوری داده های‌خاص کاربرد، مانند محدوده اندازه گیری، دمای محیطو حداکثر زمان پاسخ قابل قبول، ایجاد شد.

این‌داده های ورودی که از کاربردی به کاربرد دیگر متفاوت است،با پارامترهای بیشتری تکمیل می شود. نرم افزار WIKA همچنین پارامترهایی مانند چگالی، ویسکوزیته، ضریب‌انبساط حرارتی، ضریب تراکم پذیری و مقادیر فشار بخارسیالات پرکننده سیستم، به علاوه منحنی های مشخصه‌آب بندهای دیافراگمی و شکل، قطر، اختلاف ارتفاع‌دیافراگم و غیره را در نظر می گیرد.

تعدادزیاد پارامترها و اثرات مختلف آنها، تنوع زیادی در پیکربندی‌سیستم دیافراگم سیل ایجاد می کند. بنابراین، در اینجاهیچ تلاشی برای نشان دادن گرافیکی این اثرات صورت‌نگرفته است.

1.6.6سیستم های آب بندی دیافراگمی WIKA

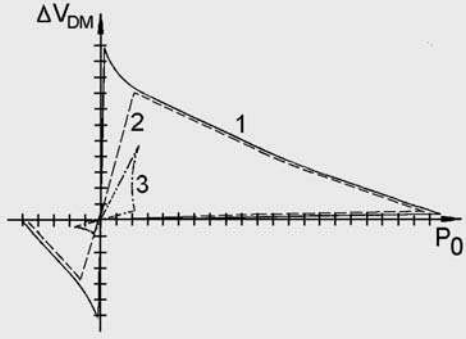


شکل۱.۱۴۹سیستم های آب بندی دیافراگمی

ازآنجایی که دیافراگم سیل باید الزامات مختلفی را برآورده کند،بیش از یک طرح لازم است. چندین طرح مزایای خاصی رابرای کاربردهای خاص نشان داده اند. امروزه سه نوع اساسیوجود دارد:

)۱ آب بندهای دیافراگمی
2) مهر و موم درون خطی™آب بندهای دیافراگمی
)۳ آب بندهای دیافراگمی کپسولی.

تصمیمبه استفاده از نوع خاصی از دیافراگم سیل به داده هایفنی، شرایط نصب و الزامات کاربرد اندازه گیری خاصبستگی دارد.



شکل۱.۱۵۰ مشخصات معمول دیافراگم
میدان هایتیک سیستم های
مختلفدیافراگم سیل

تفاوتدر ویژگی ها را می توان در شکل ۱.۱۵۰ مشاهده کرد، کهدر آن منحنی های مشخصه یک نماینده معمول از هر سه گروه(دیافراگم)، مهر و موم درون خطیو کپسولدیافراگم سیل) نشان داده شده است.

اینویژگی ها، یک مرور سریع برای انتخاب نوع خاصی از دیافراگمسیل ارائه می دهند.

بااین حال، تصمیم نهایی باید بر اساس دانش مربوط به کاربردخاص باشد. از آنجایی که کاربردهای بسیار زیادی وجوددارد، تهیه فهرستی از معیارهای انتخاب شماتیک غیرممکناست. بنابراین، انتخاب دیافراگم سیل صحیح باید بامتخصصی که سال ها تجربه دارد، مورد بحث قرار گیرد.

۱.۶.۶.۱آب بندهای دیافراگمی

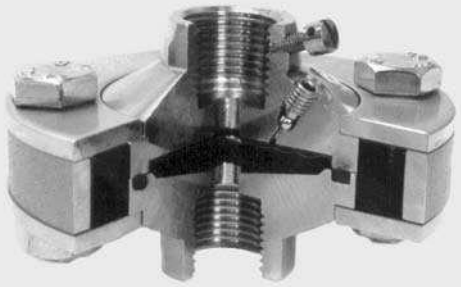
اتصالاترزوه ای

طراحیاستاندارد دیافراگم سیل با رزوه ماده یا نر برای تطبیقبا پورت های رزوه دار موجود انجام می شود.

نسخه هاییبا فلنج اتصال باز در عرض های مختلف برای جفتشدن با تمام فلنج های استاندارد ANSI و DIN موجوداست. مزیت آنها این است که سیال فرآیند می تواند برروی ناحیه بزرگتری از دیافراگم عمل کند و از "فضاهای مرده" نامطلوب جلوگیری می شود.



شکل۱.۱۵۱یک دیافراگم سیل متصل شده است
بهیک فشارسنج



شکل۱.۱۵۲ آب بندی دیافراگمی

اتصالات‌فلنجی

نوعی‌از نسخه استاندارد، دیافراگم سیل با فلنج است. این مدل‌اساسا آز یک فلنج تشکیل شده است که ابعاد اتصال آن‌مطابق با الگوهای استاندارد فلنج ساخته شده است. در مرکزفلنج، دیافراگم دیافراگم سیل قرار دارد که به صورت توکاردر قسمت آب بند نصب شده است. دیافراگم سیل از نوع‌فلنجی به جای فلنج کور نصب می شود تا اندازه گیری های‌فشار را انجام دهد.

اتصالات‌پنکیک

نوع‌دیگری از دیافراگم سیل، دیافراگم سیل پنکیک است. این‌نوع دیافراگم سیل از یک صفحه استوانه ای تشکیل شده است‌که قطر آن با سطح مقطع آب بندی فلنج های استانداردمربوطه تطبیق داده شده است. دیافراگم سیل دیافراگمی‌در مرکز با عرض آن تطبیق داده شده و با قسمت جلویی‌هم سطح قرار می گیرد.

آب بنددیافراگمی پنکیکی به همراه یک فلنج پشتی به فلنج ضربه گیرمتصل می شود.

دیافراگمی‌با دیافراگم توسعه یافته

آب بندهای‌دیافراگمی در خطوط تولید با دیواره ضخیم و/یا عایق،دیواره های کانتینر و غیره کاربرد دارند. طراحی آنها شبیه‌آب بندهای دیافراگمی فلنجی و پنکیکی است و ... به‌روشی مشابه نصب می شوند. تفاوت آنها در این است که‌دیافراگم روی یک لوله قرار گرفته است که طول آن با ضخامت‌محفظه، عایق و دیوارها متفاوت است. بنابراین دیافراگم‌با دیواره داخلی ظرف هم سطح است.

ازدیافراگم سیل ها می توان برای پایش فشارهای تا PSI۹۰۰۰ استفاده‌کرد. محدودیت دمایی آنها تقریبا ۷۵۰+ درجه سانتیگراد۴۰۰(+ درجه سانتیگراد) است.

۲.۶.۶.۱ آب بندی درون خطی آب بندهای دیافراگمی

مهرو موم درون خطی دیافراگم سیل برای استفاده با سیالات‌فرآیندی روان و با ویسکوزیته بالا ایده آل است. از آنجایی‌که دیافراگم سیل درون خطی کاملا بّا خط فرآیند یکپارچه‌شده است، هرگونه تلاطم، گوشه ها، فضاهای مرده یاسایر موانع در جهت جریان به حداقل می رسد و بر اندازه گیری هاتأثیری نمی گذارد. سیال فرآیند آزادانه جریان می یابدو محفظه اندازه گیری را به طور خودکار تمیز می کند.

این‌نوع دیافراگم سیل از یک لوله جدار نازک با سطح مقطع دایره ای‌تشکیل شده است که در یک محفظه استوانه ای جوش‌داده شده است.

مهرو موم درون خطی دیافراگم سیل مستقیما دّر خط لوله بین‌دو فلنج نصب می شود. بنابراین، نیازی به ایجاد اتصالات‌خاص برای اندازه گیری ها نیست. عرض های استانداردمتنوع، امکان تطبیق با مقطع خط لوله خاص را فراهم‌می کند.

حداکثرمحدوده فشار PSI ۶۰۰۰ است. محدودیت دما تقریبا + ۷۵۰درجه فارنهایت ۴۰۰(+ درجه سانتیگراد) است.



شکل۱.۱۵ مهر و موم درون خطی™آب بندی دیافراگمی

۳.۶.۶.۱آب بندهای دیافراگمی کپسولی

آب بندکپسولی به ویژه برای سیالات فرآیند دوغابی و روان مناسب‌است زیرا مستقیما دَر محیط قرار می گیرد. در مقایسه‌با سایر آب بندهای دیافراگمی، به فضای بسیار کمی نیازدارد. اندازه گیری فشار در یک نقطه خاص در لوله کشی انجام‌می شود. آب بند کپسولی شامل یک لوله بیضی شکل است‌که از یک طرف بسته شده و به عنوان حسگر فشار عمل‌می کند و یک رابط که به لوله جوش داده شده است. یک‌تکیه گاه در سنسور تعبیه شده است تا به آن استحکام ببخشد.از رزوه های داخلی یا خارجی برای رزوه کردن آب بند دیافراگمی‌به لوله کشی فرآیندی استفاده می شود. حداکثر محدوده‌فشار تا 20000 psi و حد دمای معمولی حدود 752 درجه‌فارنهایت (+400 درجه سانتیگراد) است.



شکل

دوام‌و دقت ابزارهای اندازه گیری فشار با دیافراگم سیل تا حدزیادی به انتخاب ماده مناسب برای دیافراگم و استفاده ازسیال پرکننده مناسب سیستم بستگی دارد.

انواع‌زیادی از مواد دیافراگم روکش دار، آستردار و فلزی برای سازگاری‌با تقریبا هَر محیط فرآیندی موجود است.

خاصیت‌ارتجاعی و در نتیجه دوام آن تا حد زیادی به شکل دیافراگم‌بستگی دارد.

سازگاری‌سیال پرکننده سیستم با کاربرد خاص برای دستیابی‌به سطح بالایی از دقت اندازه گیری مهم است. در اینجانیز WIKA طیف وسیعی از سیالات پرکننده سیستم را برای‌انتخاب ارائه می دهد.

۷.۶.۱خلاصه

بسیاری‌از کاربردهای اندازه گیری فشار بدون استفاده از دیافراگم‌سیل قابل حل نیستند. دیافراگم سیل و گیج فشار، سوئیچ‌یا فرستنده یک سیستم اندازه گیری پیچیده را تشکیل‌می دهند که دقت آن تحت تأثیر عوامل زیادی قرار می گیرد.

برای‌طراحی بهترین دیافراگم سیل ممکن برای حل یک کاربرداندازه گیری خاص، انتخاب یک شریک قابل اعتماد با امکانات‌لازم و حتی مهم تر از آن، با قابلیت های فنی مناسب،بسیار حیاتی است.



شکل۱.۱۵۵دیافراگم ها و مایعات پرکننده

۱.۷انتخاب، نصب و بهره برداری اولیه

۱.۷.۱چک لیست انتخاب ابزار اندازه گیری فشار

۱.فشار

نوع‌فشار
- فشار مطلق
- اختلاف فشار / فشار استاتیک
- فشار سنج
- واحدهای فشار

سطح‌فشار
- اصل اندازه گیری
- محدوده های اندازه گیری
- قابلیت بارگیری
- فشار بیش از حد
- فشار ترکیدن

پاسخ‌زمانی
- استاتیک
- پویا
- پیک های فشار

میرایی‌و عمر مفید
- فرکانس طبیعی و رزونانس
- خط اندازه گیری
- محدود کننده
- پر کردن پرونده

۲.خروجی نتایج اندازه گیری

شاخص
- شماره گیری / اشاره گر
- اشاره گر علامت گذاری
- اشاره گر را بکشید
- نشانگر آنالوگ
- نشانگر دیجیتال

منبع‌تغذیه
- منبع تغذیه (تثبیت شده/تثبیت نشده)
- منبع تغذیه فعلی (تثبیت شده/تثبیت نشده)

لوازم‌جانبی برقی
- تماس های هشدار دهنده با کمک مغناطیسی
- سوئیچ های مجاورتی القایی
- لوازم جانبی اختیاری

خروجی های‌آنالوگ الکتریکی و انواع سیگنال
- مقاومت متغیر
- خروجی ولتاژ
- خروجی فعلی
- خروجی فرکانس
- خروجی دیجیتال

۳.هدف اندازه گیری

کاربرد
- ابزار پایش (شاخص)
- ابزار اندازه گیری صنعتی
- ابزار دقیق اندازه گیری

محدودیت های‌دقت/خطا
- محدودیت های خطا
- پسماند
- تکرارپذیری
- پایداری بلندمدت

مقادیر اسمی
- حساسیت
- فاصله خواندن

عوامل‌موثر
- اثر دما
- تغییر به دلیل موقعیت
- تأثیر فرکانس/شکل موج نشانگر

- چگالی سیال فرآیند
- تهویه محفظه اندازه گیری
- پر کردن سیستم
- تابش الکترومغناطیسی (EMC)

۴.نوع سیال فرآیند

حالت‌متوسط
- گازی
- مایع
- قابل تغییر، جامد - مایع
- ذرات معلق (ساینده)

خواص‌شیمیایی
- خوردگی
- واکنش پذیر (مثلا آکسیژن)
- سمی، خطرناک
- رادیواکتیو
- الزامات بهداشتی (نظافت، استریلیزاسیون)

انتشار
- شکنندگی مواد
- خوردگی زیرسطحی
- افزایش فشار در محفظه های اندازه گیری پر شده

دما
- دمای سیال فرآیند
- فناوری و مواد اتصال
- ضرایب دما

الزامات‌ایمنی
- طراحی جلویی یکپارچه
- محافظت شده برای استفاده در محیط های‌انفجاری

۵. شرایط نصب و راه اندازی

نوع‌اتصال
- اتصال از نوع رزوه ای
- اتصال از نوع فلنجی

موقعیت‌اتصال
- پایه پایینی
- پایه پشتی
- موقعیت های ویژه

موقعیت‌نصب
- عمودی
- معلق
- افقی

انواع‌نصب
- اتصال مستقیم (اتصال از نوع لوله ای)
- نصب پنل
- نصب دیواری

۶. شرایط عملیاتی

آب‌و هوا
- دما
- محافظت در برابر آب/گرد و غبار
- رطوبت
- فشار اتمسفر
- خوردگی

لرزش،شوک
- در حال حمل و نقل
- در حال استفاده

تابش
- تابش حرارتی
- تابش فرابنفش
- تشعشعات رادیواکتیو
- تابش الکترومغناطیسی (EMC)

۷. دستورالعمل ها، مقررات، گواهینامه ها

مقررات‌مربوط به ایمنی
- مقررات ایمنی دولتی
- دستورالعمل های پیشگیری از حوادث
- سایر قوانین ایمنی

گزارش های‌آزمایش و گواهی ها

درمورد:	خواص‌مواد
	مقاومت‌در برابر فشار وتحمل ها
	دقت
صادرشده توسط:	کارشناسان‌شرکت یا کارشناسان‌مستقل

گواهی‌انطباق

گواهی‌کالیبراسیون

گواهی‌مواد

۱.۷.۲دستورالعمل نصب و راه اندازی ابزارهای اندازه گیری‌فشار

ابزارهای‌اندازه گیری فشار باید به گونه ای نصب شوند که تحت‌تأثیر ارتعاشات قرار نگیرند و مقادیر آنها به راحتی قابل مشاهده‌باشد.

توصیه‌می شود بین نقطه اندازه گیری فشار و ابزار اندازه گیری‌فشار، یک وسیله قطع و وصل وجود داشته باشدتا بتوان ابزار اندازه گیری را تعویض کرد و در حین کار سیستم،بررسی های صفر را انجام داد.

۱.۲.۷.۱لوازم جانبی برای نقطه اندازه گیری و ملحقات مربوطبه ابزارهای اندازه گیری فشار

دربسیاری از موارد، لوازم جانبی گیج های فشار برای نصب صحیح‌و ایمن ابزار اندازه گیری فشار ضروری هستند.

به‌دلیل اهمیت روزافزون آن و به دلیل اینکه استفاده از آن فقطبه ابزارهای اندازه گیری فشار با یک عنصر اندازه گیری انعطاف پذیرمحدود نمی شود، توجه ویژه ای به آب بند شیمیایی‌می شود. این وسیله در کنار فرستنده های فشار و اختلاف‌فشار، به یک وسیله محافظ ضروری برای کاربردهای اندازه گیری‌فشار در صنعت فرآیند تبدیل شده است.



شکل۱.۱۵۶لوازم جانبی برای ابزارهای اندازه گیری فشار

۲.۲.۷.۱دستگاه های قطع کننده

برای‌برخی از کاربردها، نصب شیرهای قطع و وصل یا شیرهای‌قطع و وصل در بالادست ابزار اندازه گیری فشار رایج‌است.

شیرهای‌برقی سه حالت تنظیم دارند:

تهویه	خط تغذیه بسته است و سیستم اندازه گیری به‌اتمسفر متصل است. نقطه صفر را می توان‌بررسی کرد.
عملیات	خط تغذیه باز است. سیستم اندازه گیری تحت‌فشار است.
انفجار	خط تغذیه باز است. سیال فرآیند به اتمسفر نشت می کند. سیستم اندازه گیری در حال کارنیست.

شیرهای قطع و وصل دارای یک پیچ تهویه بین نشیمنگاه شیرو اتصال ابزار دقیق فشار هستند. سوراخ های تهویه بایددر جایی قرار گیرند که کارکنان در معرض خطر نشت موادفرآیندی نباشند. باید از آلودگی محیط زیست جلوگیری شود.

برای‌کاربردهای خاص، مانند دیگ های بخار، دستگاه های قطع‌جریان باید دارای یک اتصال آزمایشی باشند تا امکان بررسی‌دستگاه اندازه گیری فشار بدون باز کردن آن فراهم شود.

۳.۲.۷.۱نصب ابزار اندازه گیری در موقعیت مناسب

اگرخط اتصال به دستگاه اندازه گیری از ارتعاش ایزوله نباشد،لازم است از یک براکت مخصوص دستگاه یا بست های‌اضافی در اطراف لبه محفظه استفاده شود.

۴.۲.۷.۱میرایی سیستم اندازه گیری

اگرجداسازی دستگاه از ارتعاشات با اتصالات مخصوص امکان پذیرنباشد، باید از دستگاه با پرکننده مایع استفاده شود.

۵.۲.۷.۱ملاحظات دمایی

ابزارهای‌اندازه گیری فشار باید طوری نصب شوند که در محدوده‌دمای عملیاتی طراحی شده خود، شامل اثرات همرفت‌و تابش حرارتی، قرار گیرند. برای محافظت از ابزار اندازه گیری‌فشار و شیر قطع و وصل یا فلکه، باید از خطوط یاسیفون های اندازه گیری به اندازه کافی بلند استفاده شود.

دمابر دقت قرائت ابزارهای اندازه گیری فشار تأثیر دارد و این‌تأثیرات باید در نظر گرفته شوند.

۶.۲.۷.۱آب بندهای شیمیایی/ بافرهای محافظ

هنگام‌کار با محیط های فرآیندی خورنده، داغ، بسیار چسبناک،آلوده یا در حال تبلور که نمی توانند وارد سیستم اندازه گیری‌شوند، باید از آب بندهای شیمیایی به عنوان ضربه گیرهای‌محافظ استفاده شود. سپس فشار توسط یک مایع‌خنثی به سیستم اندازه گیری منتقل می شود که باید با درنظر گرفتن محدوده اندازه گیری خاص، دما و سازگاری با سیال‌فرآیند انتخاب شود. اتصال بین ابزار اندازه گیری فشار وآب بند شیمیایی هرگز نباید از هم جدا شود.

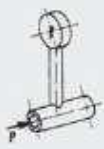
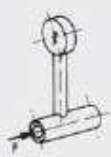
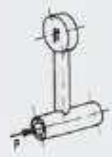
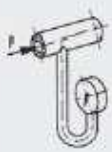
۷.۲.۷.۱وسایل حفاظتی

اگرسیال فرآیند در معرض تغییرات سریع فشار باشد یا احتمال‌افزایش ناگهانی فشار وجود داشته باشد، نباید اجازه دادکه این تغییرات مستقیما بّر سیستم اندازه گیری تأثیر بگذارند.برای کاهش تأثیر این تغییرات، باید از دستگاه های تنظیم‌فشار مناسب، مانند یک خط تنظیم فشار داخلی یا یک‌محدودکننده بالادستی قابل تنظیم، استفاده شود.

اگربه دلایل عملیاتی، محدوده نشانگر نیاز به کوچکتر بودن از حداکثرفشار سیستم داشته باشد، می توان با اتصال یک وسیله‌محافظت در برابر فشار بیش از حد بالادست، از ابزار فشاردر برابر آسیب محافظت کرد.

دستگاه‌محافظت در برابر فشار بیش از حد، در صورت افزایش‌ناگهانی فشار، فورا وّ در صورت افزایش آهسته فشار،به تدریج بسته می شود. بنابراین، فشار واقعی بسته شدن‌به مشخصه فشار وابسته به زمان بستگی دارد.

۸.۲.۷.۱ترتیبات اندازه گیری

	liquid process fluids			gaseous process fluids		
Filling of the measuring line	liquid	partly gaseous	completely evaporated	gaseous	partly condensed (moist)	completely condensed
Examples	condensate	boiling liquids	liquid gases	dry air	moist air flue gases	water vapor
Pressure measuring instrument above tapping leg						
Pressure measuring instrument below tapping leg						

شکل۱.۱۵۷پیکربندی های نصب توصیه شده برای انواع مختلف سیال

پایه‌فشارسنج باید سوراخی به اندازه کافی بزرگ (حداقل ¼ اینچ) داشته باشد و در صورت امکان، دارای شیر قطع و وصل‌یا شیر قطع و وصل باشد تا اندازه گیری فشار توسط جریان های‌موجود در سیال فرآیند مختل نشود. قطر داخلی خط‌اندازه گیری بین پایه فشارسنج و ابزار اندازه گیری فشار بایدبه اندازه کافی بزرگ باشد تا گرفتگی و تأخیر در انتقال فشاراز بین برود. نباید خمیدگی های تیز داشته باشد و با شیب‌توصیه شده تقریباً 1:15 نصب شود.

خط‌اندازه گیری باید طوری طراحی و نصب شود که بتواند بارهای‌ناشی از کرنش، ارتعاشات و گرما را جذب کند.

وقتی‌گازها محیط فرآیند هستند، باید یک سوراخ تخلیه (سوراخ‌تخلیه) در پایین ترین نقطه وجود داشته باشد. برای محیط فرآیند مایع، باید یک دریچه هوا در بالاترین نقطه وجودداشته باشد.

اگرمحیط گاز یا مایع حاوی ذرات جامد باشد، خط اندازه گیری‌باید حاوی تله هایی باشد که بتوان آنها را توسط شیرهای‌قطع و وصل از بقیه سیستم جدا کرد و در حین کار تخلیه نمود.

اگرابزار اندازه گیری باید بالاتر یا پایین تر از نقطه ی انشعاب نصب‌شود، اگر سیال فرآیند در خط اندازه گیری چگالی یکسانی‌با هوای محیط نداشته باشد، تغییر در محدوده ی اندازه گیری‌رخ خواهد داد.

اگردستگاه اندازه گیری فشار در سطح بالاتری نصب شود، مقدار خوانده‌شده کاهش می یابد و اگر در سطح پایین تری نسبت به نقطه‌اندازه گیری فشار نصب شود، مقدار خوانده شده افزایش می یابد(به بخش ۹.۷.۴.۱ مراجعه کنید).

دستگاه‌اندازه گیری فشار باید در حالت عمودی نصب شود تاخوانایی آن آسان باشد.

۹.۲.۷.۱نصب و راه اندازی

دستگاه‌اندازه گیری فشار باید طوری نصب شود که رزوه های‌اتصال کاملا بّه هم متصل باشند.

استفاده از نوار تفلون برای رزوه های NPT توصیه می شود و واشرهای آب بندی برای رزوه های مستقیم‌متریک ضروری هستند.

ابزارهای‌اندازه گیری فشار باید با استفاده از آچارهای تخت روی‌سوکت، رزوه دار یا بدون رزوه شوند. هرگز برای نصب ابزارها،گشتاور را به بدنه اعمال نکنید.

اگردستگاه اندازه گیری فشار در موقعیت پایین تری نسبت به‌پایه فشارسنج قرار دارد، قبل از اتصال، خط اندازه گیری بایدکاملا شَسته شود تا هرگونه جسم خارجی از آن خارج شود.

فشارمورد استفاده برای تخلیه خطوط لوله یا مخازن نباید باربیشتری نسبت به فشار نامی گیج به دستگاه اندازه گیری فشاروارد کند. اگر فشار خیلی زیاد باشد، دستگاه اندازه گیری‌فشار باید خاموش یا برداشته شود.

دردستگاه های اندازه گیری فشار دیافراگمی یا کپسولی، پیچ های‌بست روی فلنج بالا و پایین نباید باز شوند.

بقایای‌سیال تحت فشار در دستگاه های اندازه گیری فشار که‌از سرویس خارج شده اند، می توانند منبع خطر برای پرسنل،محیط زیست و تجهیزات باشند. انجام اقدامات احتیاطی‌مناسب ضروری است.

ابزارهای‌اندازه گیری فشار با سیستم اندازه گیری پر از آب یا مخلوط‌آب باید از یخ زدگی محافظت شوند.

۱۰.۲.۷.۱عملیات

برای‌جلوگیری از افزایش ناگهانی فشار، دستگاه های قطع و وصل‌باید به آرامی باز شوند.

دستگاه‌اندازه گیری فشار نباید در معرض فشارهایی بالاتر از فشارنامی خود قرار گیرد که معمولا دّو سوم فشار مقیاس کامل‌آن برای بارهای استاتیک و ۷۵٪ فشار مقیاس کامل آن برای‌بارهای متناوب است.

دستگاه‌قطع کن باید بسته شود و سیستم اندازه گیری برای بررسی‌صفر در حین کار، هواگیری شود. سپس عقربه باید داخل‌جعبه صفر یا در صورت وجود، روی پین توقف قرار گیرد.
اگرعقربه خارج از کادر صفر یا بالای پین توقف قرار گیرد، معمولا مّی توان فرض کرد که عنصر اندازه گیری دچار تغییر شکل‌دائمی شده است. عنصر اندازه گیری باید به دقت بررسی‌شود تا خطاهای اندازه گیری یا حوادث از بین بروند.

برای‌بررسی مقادیر اندازه گیری شده در حین کار، دستگاه اندازه گیری‌فشار باید با استفاده از یک وسیله قطع کن با اتصال‌تست، ایزوله شده و سپس با فشار تست بارگذاری شود.

۱۱.۲.۷.۱ذخیره سازی

برای‌جلوگیری از آسیب دیدن ابزارهای اندازه گیری فشار در حین‌انبارداری قبل از نصب، نکات زیر باید رعایت شود:

-ابزارهای اندازه گیری فشار را در بسته بندی اصلی خود بگذارید.

-اگر ابزارهای اندازه گیری به طور موقت (مثلا بّرای بازرسی) برداشته‌شوند، باید دوباره در بسته بندی اصلی خود قرار داده‌شوند.

-به محدودیت های دمای نگهداری ذکر شده در برگه های اطلاعات‌مربوطه توجه کنید. دمای نگهداری ممکن است برای‌انواع مختلف ابزار اندازه گیری متفاوت باشد. برای اطلاع‌از محدوده دمایی قابل قبول، به برگه اطلاعات مربوطه‌مراجعه کنید.

-محافظت از وسایل اندازه گیری در برابر رطوبت و گرد و غبار.

۱۲.۲.۷.۱سیالات فرآیندی خطرناک

مقررات‌خاص مربوط به سیالات فرآیندی خطرناک مانند

اکسیژن،
استیلن،
موادقابل احتراق یا مواد سمی

وبرای سیستم های تبرید، کمپرسورها و غیره علاوه بر مقررات‌عمومی باید رعایت شود.

۳.۷.۱صدور گواهینامه و آزمایش

۱.۳.۷.۱صدور گواهینامه آزمایش های مواد

ابزارهای‌اندازه گیری فشار برای کاربردهای ویژه (به ویژه تأسیسات‌هسته ای) باید الزامات سختگیرانه ای را برآورده کنند:آزمایش های ویژه ای باید روی اجزای مرطوب آنها انجام‌شود، مقررات خاص تولید باید رعایت شود و سوابق دقیقی‌از خواص شیمیایی و فیزیکی مواد آنها باید مستند شود.نتایج این آزمایش ها را می توان در یک سند صدور گواهینامه‌مواد ویژه قرار داد.

دونوع گواهی مواد موجود است.

نوع۲ - آزمایش مواد که توسط کارخانه تولید یا فرآوری انجام ومستندسازی می شود.

نوع۳ - آزمایش مواد توسط یک آژانس مستقل از کارخانه تولیدیا فرآوری انجام و مستند می شود

علاوه‌بر گواهی های مواد، آزمایش های دیگری نیز، مانند تأیید سایر خواص معمول که با آزمایش قابل تعیین هستند (یعنی تلرانس ها یا مقاومت های فشاری)، در دسترس هستند.

جدول‌زیر فهرستی از گواهینامه های استاندارد و کاربرد آنها در WIKA را نشان می دهد.

۱.۷.۳.۲کالیبراسیون

باتوجه به اهمیت روزافزون کالیبراسیون ابزار دقیق، به ویژه درارتباط با سیستم های تضمین کیفیت گواهی شده مطابقبا استاندارد DIN ISO 9001، در بخش 3.2 به این موضوعتوجه ویژه خواهیم داشت.

انواعگواهینامه های WIKA

Certificate	Issued by	Content
Certificate of Compliance	WIKA Quality Assurance	Certifies that the order complies with the data sheet specifications current at the time of ordering.
Certificate of Inspection	WIKA Quality Assurance	Inspection certificate showing the instrument has been tested at a pre-set number of calibration points and met the accuracy standards listed on the data sheet current at the time of ordering.
Material Certificate (DIN 3.1B)	WIKA Quality Assurance	Certifies that the material composition of the wetted parts of the instrument have been tested to ensure they meet or exceed the data sheet specifications current at the time of ordering.
Material Certificate (DIN 3.1C)	Independent testing laboratory	Certifies that the material composition of the wetted parts of the instrument have been tested by representatives independent from the factory to ensure they meet or exceed the data sheet specifications current at the time of ordering.



WIKA

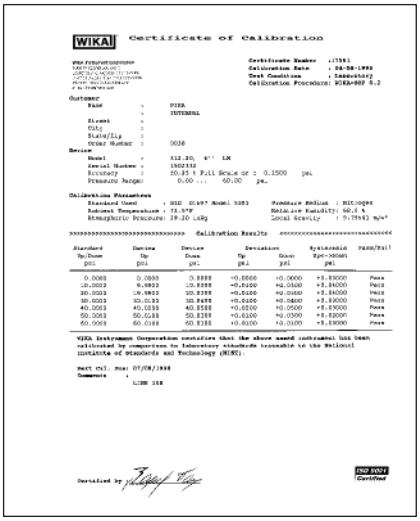
CERTIFICATE OF COMPLIANCE

WIKA Instrument Corporation certifies that the products specified herein have been manufactured in accordance with established technical standards, and comply with the requirements of ASME B40.1.

CUSTOMER: GENERAL WIDGET MANUFACTURING

CUSTOMER P.O. NO.:	123456
ORDER NO.:	654ABC
ORDER DATE:	3/30/96
CUSTOMER P/N:	ABC123-4
WIKA P/N:	9798115
DESCRIPTION:	213.40.2.5" LM
GAUGE RANGE(S):	3000 PSI
QUANTITY:	500
AUTHORIZED SIGNATURE:	
DATE:	4/15/96

گواهی



WIKA Certificate of Calibration

Certificate Number : 17591
Calibration Date : 04-08-1998
Test Condition : As delivered
Calibration Procedure: WIKA-807 8.2

Customer
Name : PIER
: INTERNAL
Street :
City :
State/Zip :
Order Number : 0038

Device
Model : 332.30, 6" LM
Serial Number : 1902332
Accuracy : 10.25 % F.S. Scale or : 0.1500 psi
Pressure Range: 0.00 ... 60.00 psi

Calibration Parameters
Standard Used : DH DW97 Model 5201 Ambient Relat : 50.00%
Ambient Temperature : 73.5°F Relative Humidity: 50.0 %
Atmospheric Pressure: 29.20 inHg Local Gravity : 9.7943 m/s²

Calibration Results

Standard Up/Down psi	Device Up psi	Device Down psi	Deviation Up psi	Deviation Down psi	Systematic Hys-Model psi	Pass/Fail
0.0003	0.0000	0.0000	+0.0000	+0.0000	+0.03000	Pass
10.0003	9.9903	10.0398	+0.0100	+0.0500	+0.04000	Pass
30.0003	29.9803	30.0398	+0.0100	+0.0400	+0.03000	Pass
50.0003	50.0103	50.0498	+0.0100	+0.0400	+0.03000	Pass
40.0003	40.0203	40.0598	+0.0200	+0.0500	+0.03000	Pass
50.0003	50.0198	50.0598	+0.0100	+0.0300	+0.02000	Pass
60.0003	60.0198	60.0598	+0.0100	+0.0300	+0.03000	Pass

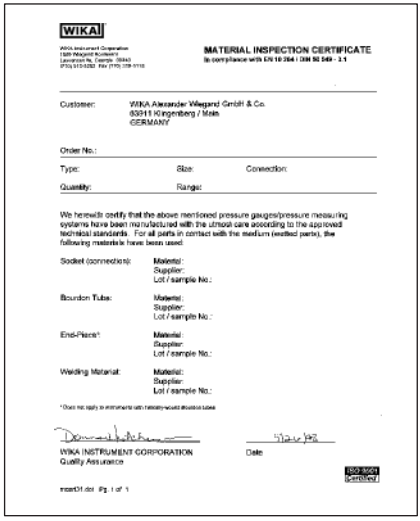
WIKA Instrument Corporation certifies that the above named instrument has been calibrated by comparison to laboratory standards traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST).

Next Cal. Due: 07/08/1998
Comments :
LIMN 338

Certified by

ISO 9001 Certified

گواهیکالیبر اسیون



WIKA

MATERIAL INSPECTION CERTIFICATE
In compliance with EN 10 204 / DIN 50 049 - 3.1

Customer: WIKA Alexander Wiegand GmbH & Co.
63911 Klingenberg / Main
GERMANY

Order No.:

Type: Size: Connection:

Quantity: Range:

We herewith certify that the above mentioned pressure gauges/pressure measuring systems have been manufactured with the utmost care according to the approved technical standards. For all parts in contact with the medium (wetted parts), the following materials have been used:

Socket (connection): Material: Supplier: Lot / sample No.:

Bourdon Tube: Material: Supplier: Lot / sample No.:

End-Piece*: Material: Supplier: Lot / sample No.:

Welding Material: Material: Supplier: Lot / sample No.:

* Does not apply to instruments with radially-welded double tubes

WIKA INSTRUMENT CORPORATION
Quality Assurance

Date

ISO 9001 Certified

insert3.dot Pg. 1 of 1

گواهیبازرسی مواد
(۳.۱ ب)

اندازه گیری‌دما
ابزاردقیق، فرستنده های دمای
آنالوگ‌و دیجیتال الکترونیکی

WIKA®

۲.۱مقدمه ای بر دماسنجی

همانطورکه پسر بچه ای که با یک کاغذ بازی می کند (شکل ۲.۱) ناخودآگاه در مورد کمیت فیزیکی "فشار" یاد می گیرد، دماکمیتی است که به راحتی توسط حواس انسان، از طریق تماس‌با پوست یا از طریق بینایی با چشم قابل درک است. مفاهیم"گرم"، "سرد"، "یخ سرد" یا در دماهای بالا "قرمز داغ" یا "سفید داغ" برای همه آشنا هستند. انسان ها در درک تفاوت های‌دما، چه چیزی سردتر یا گرمتر از ماده یا شیء دیگری‌باشد، بسیار خوب هستند. با این حال، تعیین دمای دقیق‌خارج از توانایی های انسان است. در اندازه گیری های فنی،دما را می توان با خواص ماده ای وابسته به آن تعیین کرد.مجددا لازم است برای ارزیابی کمی آن، به مقایسه تغییرحرارتی شناسایی شده در تجهیزات اندازه گیری با یک نقطه‌مرجع شناخته شده، یعنی دمای ذوب یخ، تکیه کنیم. اساساً،تمام خواصی که می توانند تحت تأثیر دما قرار گیرند، مانندرفتار انبساطی گازها، مایعات و مواد جامد، مقاومت الکتریکی‌رساناهای فلزی، جریان عبوری از رساناهای فلزی، جریان‌عبوری از یک نیمه رسانا، چگالی تابش مواد درخشان، فرکانس‌رزونانس یک کریستال نوسانی و غیره، می توانند برای‌اندازه گیری دما استفاده شوند.

دمانقش مهمی در تکرارپذیری کیفیت محصول، سودآوری فرآیندهای‌تولید و قابلیت اطمینان عملیاتی تأسیسات و تجهیزات‌صنعتی ایفا می کند. در کنار فشار، دما رایج ترین کمیت‌فیزیکی اندازه گیری شده در فناوری است. در فرآیندهای‌تولید صنعتی، دماهایی که معمولا آندازه گیری می شوندمعمولا بَین 450- و ۶۰۰۰درجه فارنهایت هستند. می توانددر فرآیندهای خاص به محدوده های بسیار بالاتری برسد دما حتی بالاتر از ۱۰۰ میلیون‌درجه فارنهایت‌در پلاسما رخ می دهد.

تجهیزات‌یا ابزارهای اندازه گیری که در آنها کمیت ورودی دماو سیگنال خروجی متناسب با دما است، دماسنج نامیده می شوند. یک حسگر دما را می توان دماسنج‌نیز در نظر گرفت اگر یک واحد مستقل باشد و یک سیگنال‌خروجی وابسته به دما ارائه دهد که سپس می تواندتوسط سایر ابزارهای اندازه گیری پردازش شود.) بسیاری‌از روش ها و تجهیزات اندازه گیری دما (دماسنج ها برای‌متنوع ترین وظایف اندازه گیری در تحقیقات و فناوری بادر نظر گرفتن زمینه کاربرد مورد نیاز، دقت اندازه گیری موردنیاز و شرایط خاص نصب و فرآیند توسعه یافته اند.

این‌روش ها اساسا مّی توانند به روش های اندازه گیری دما به‌صورت تماسی و غیر تماسی تقسیم شوند. در روش های اندازه گیری‌دما به صورت تماسی، دماسنج و به ویژه قسمتی‌که حاوی حسگر حساس به دما است، در محل نصب،در تماس حرارتی با محیط اندازه گیری قرار می گیرد. تبادل‌انرژی بین دماسنج و محیط اندازه گیری شده عمدتا آز طریق‌رسانایی حرارتی انجام می شود. هر دو باید در زمان اندازه گیری‌دما در تعادل حرارتی باشند. مهم ترین روش های‌اندازه گیری دما به صورت تماسی، انواع دماسنج صنعتی‌و کاربردهای معمول این ابزارهای اندازه گیری در زیر شرح‌داده شده است.

روش های‌اندازه گیری دمای غیرتماسی از تبادل انرژی بین جسم‌مورد اندازه گیری و دماسنج از طریق تابش گرما استفاده‌می کنند. این روش ها در اینجا با جزئیات بیشتری توضیح‌داده نشده اند. برای اطلاعات بیشتر در مورد این زمینه‌از دماسنجی صنعتی، به منابع موجود مراجعه کنید.

الزامات‌صنعتی در مورد دماسنج به دلیل تنوع فرآیندهایی که‌در آنها استفاده می شود، بسیار متفاوت است. دماسنج بایدبا توجه به زمینه کاربرد، محدوده اندازه گیری و پاسخ زمانی‌خود، الزامات فرآیند خاص را برآورده کند. کاربران صنعتی‌انتظار تکرارپذیری نتایج اندازه گیری با دقت اندازه گیری‌بالا را دارند. آنها به راه حل های فنی مقاوم، با کاربردآسان و با هزینه های نصب و بهره برداری پایین نیاز دارند.

برای‌بسیاری از کاربران شعار «نصب کن و فراموش کن» به این‌معنی است که انتظار می رود عمر دماسنج نصب شده باعمر کل قطعه مطابقت داشته باشد.

اتوماسیون‌فرآیند، تقاضای زیادی برای دماسنج هایی ایجاد می کندکه سیگنال خروجی با قابلیت انتقال در فواصل طولانی‌را فراهم می کنند. پیش نیاز، قابلیت مقایسه ملی یا بین المللی‌نتایج اندازه گیری است تا کیفیت تولید یکسانی صرف‌نظر از مکان، امکان پذیر باشد.

نرخ‌خرابی پایین و قابلیت اطمینان بالای فرآیند، طراحی دماسنج هارا مطابق با استانداردها و مشخصات معتبر برای‌سازگاری الکترومغناطیسی، محافظت در برابر انفجار، نوع‌محافظت، بهداشت و حفاظت در برابر آتش و سازگاری بامحیط زیست ایجاب می کند.

۱.۱.۲توسعه تاریخی دماسنج

تاریخچه‌اندازه گیری دما به آغاز توسعه مدرن علوم طبیعی برمی گردد.اولین دماسنج فیزیکی، ترموسکوپ، توسط گالیله‌در پایان قرن شانزدهم مورد استفاده قرار گرفت. او یکلوله شیشه ای را که از یک طرف بسته بود، در ظرفی پر ازآب یا الکل فرو برد. ارتفاع مایع در لوله شیشه ای به دمای هوای‌محبوس شده بستگی داشت. اما فشار اتمسفر بر این ابزاراندازه گیری تأثیر منفی می گذاشت.

اولین‌دماسنج های شیشه مایع مستقل از فشار اتمسفر در اوایل‌قرن هفدهم توسط گراند دوک فردیناند دوم از توسکانی‌معرفی شدند. این دماسنج های شیشه ای پر از الکل،دوره ای از توسعه سریع را آغاز کردند.

مقیاس های‌به اصطلاح "دماسنج های فلورانسی" با مقایسه‌با یکدیگر تطبیق داده شدند. دمای سردترین برف 20درجه فارنهایت‌در نظر گرفته شد. و بالاترین دمای تابستان۸۰ درجه‌فارنهایت.

درسال ۱۶۶۴، رابرت هوک اولین تلاش خود را برای ایجاد یک مقیاس‌دمایی معتبر عمومی با کمک دماسنج شیشه مایع انجام داد. دماسنج های مختلفی در برابر یک دماسنج استانداردکالیبره شدند.

رنالدینی‌ایتالیایی که دماسنج را بر اساس نقطه انجماد و جوش‌آب کالیبره کرد، و به ویژه فارنهایت دمنده شیشه ای دانزیگ)۱۷۲۴(، که موفق به تولید دماسنج های بسیار دقیقی‌به شکلی که هنوز هم با جیوه به عنوان مایع دماسنجی‌استفاده می شود، شد، به ایجاد مفهوم مقیاس دامستقل از دماسنج مرجع کمک کردند.

اولین‌پیشرفت های دماسنج فنری به سال ۱۸۷۹ برمی گردد، زمانی‌که اف. ویسک دماسنج فنر گازی با فنر صفحه ای و لوله ای،پی. گرودلباخ دماسنج فنر جیوه ای و جی. دبلیو کلینگ هامردماسنج فنری فشار بخار را ساختند. دماسنج فنرمایع با لوله موبین که هنوز هم مورد استفاده قرار می گیرد،در سال ۱۸۸۲ طراحی شد. اولین دماسنج های دوفلزی‌ساده توسط ای. ال. برگوئت در حدود سال ۱۸۰۰ ساخته‌شدند.

محدوده‌دمای قابل اندازه گیری دماسنج های شیشه مایع با توسعه‌دماسنج های الکتریکی گسترش یافت. وابستگی مقاومت‌الکتریکی فلزات خالص به دما توسط سر ویلیام زیمنس‌در سال ۱۸۷۱ برای دماسنج پلاتینی خود مورد استفاده‌قرار گرفت که ۱۴ سال بعد توسط اچ ال کالندر با افزودن‌اقدامات حفاظتی ویژه به یک دماسنج دقیق برای دماهای‌بالاتر تبدیل شد.

بر اساس پدیده ترموالاستیسیته که توسط سیبک در سال ۱۸۲۱توصیف شده بود، ترموکوپل های مناسب برای اندازه گیری‌دما در مرحله ای نسبتا دیرهنگام در سال ۱۸۸۷ توسطاچ. لوشاتلیه و در سال ۱۸۸۹ توسط سی. باروس توسعه‌یافتند.
باتوسعه دماسنج های تابشی، گسترش مهمی در محدوده دمای قابل اندازه گیری به سمت دماهای بسیار بالاتر ایجاد شد.اولین آذرسنج های طیفی قابل استفاده توسط اچ. لوشاتلیه‌در سال ۱۸۹۲ ساخته شدند و

چندسال بعد توسط اچ. فری بهبود یافت. در آغاز قرن، اچ. وانردماسنجی را بر اساس اصل نورسنج قطبش معرفی کرد.توسعه آذرسنج رشته ناپدید شونده، که با آن امکان مشاهده‌مستقیم جسم اندازه گیری شده وجود داشت، به ال.هولبورن و اف. کورلبام نسبت داده می شود. آذرسنج آینه‌مقعر با یک گیرنده تابش دو فلزی نیز توسط چ. فری توسعه‌یافت. یک آذرسنج که در آن عنصر حسگر از سیم های‌نازک (بولومتر) تشکیل شده بود که مقاومت الکتریکی‌خود را با تابش تغییر می دادند، توسط هیرشسون-براون‌طراحی شد. یک آذرسنج لنزی که نشانگر دمای آن تا حدزیادی مستقل از فاصله بین جسم اندازه گیری شده و گیرنده‌تابش بود، سرانجام با آردومتر زیمنس و هالسکه به دست‌آمد.

هشت‌سال بعد، هموطنش، اشترومر،«مقیاس سلسیوس»را با نسبت فعلی C °۰معرفی کرد. 0°C تا نقطه انجماد و ۱۰۰ °Cتا نقطه جوش.

لردکلوین در سال ۱۸۵۲ با مقیاس دمای ترمودینامیکی، مقیاسی‌به راحتی قابل تکرار، مستقل از تمام خواص ماده و سطح‌دما، ایجاد کرد. این مقیاس دما که بر اساس قانون دوم‌ترمودینامیک است، برای تعریف کمیت فیزیکی "دما" و واحدآن، کلوین، از اهمیت اساسی برخوردار است. این مقیاس‌با جزئیات بیشتر در بخش ۱.۲.۳ توضیح داده شده است.

ازآنجایی که روش های اندازه گیری دماسنج گازی که عموما برای‌تعیین دمای ترمودینامیکی استفاده می شوند، بسیار دشوارو از نظر فنی پیچیده هستند، یک مقیاس دمای کاربردی‌بر اساس توافق نامه های بین المللی ایجاد شد.

۲.۱.۲توسعه تاریخی مقیاس های دما

نیازبه مقیاس های دمایی قابل اعتماد به عنوان پیش نیازی برای‌نتایج اندازه گیری واضح، در مراحل اولیه توسعه دماسنج هاتشخیص داده شده بود. بنابراین تلاش هایی برای‌کالیبره کردن دماسنج ها بر روی نقاط مرجع با تکرارپذیری‌خوب انجام شد. از آنجایی که تعیین نقطه انجماد ونقطه جوش آب در آن زمان آسان بود، این نقاط مرجع به سرعت‌برای این اهداف مورد استفاده قرار گرفتند (رنالدینی ۱۶۹۴).

درمقیاس دمایی خود، فارنهایت مقدار 0° F را تعیین کرد دمای محلول انجماد نمک-آمونیاک. ۳۲درجه فارنهایت تا تا دمای ذوب یخ و ۹۲+درجه‌فارنهایت به دمای بدن‌یک فرد سالم.

این‌مقیاس بین المللی دما (ITS) بر اساس تعدادی انتخاب شده‌از دماهای تعادل فیزیکی که به راحتی قابل تکرارهستند، به اصطلاح نقاط مرجع، بنا شده است که مقادیرتعریف شده بر اساس اندازه گیری های بسیار دقیق به‌آنها اختصاص داده می شود. فرمول های درون یابی و برون یابی‌برای دماسنج های الکتریکی، که رابطه بین دمای نقاطمرجع و نشان دهی این ابزارها را، در صورتی که در نقاطمرجع مربوطه کالیبره شده باشند، بازتولید می کنند، برای‌محدوده بین این نقاط مرجع تنظیم شده اند. مقیاس بین المللی‌دما توسط "کمیته بین المللی دما و دما" در اروپا مشخص‌شده است. این مقیاس جایگزین مقیاس دمای ترمودینامیکی‌نمی شود، اما به بهترین شکل ممکن با توجه به‌وضعیت دماسنجی تحت ملاحظات عملی، به آن نزدیک می شود.

درسال ۱۹۲۷، مقیاس ITS-27 به عنوان اولین مقیاس بین المللیدما معرفی شد که مبنای مشترکی برای اندازه گیری های‌دمای علمی و صنعتی فراهم می کرد. این مقیاس‌در سال ۱۹۴۸ با IPTS-48 (مقیاس بین المللی دمای کاربردی) جایگزین شد و در سال ۱۹۶۰ بهبود بیشتری یافت. اندازه گیری های‌دقیق تر دماسنج گازی، گاهی اوقات انحرافات‌قابل توجهی را بین مقادیر مقیاس تعیین شده در IPTS-48 و دمای ترمودینامیکی نشان می داد. علاوه بر این، مقیاس‌دمای معتبر با کمک دماسنج ها و روش های اندازه گیری‌بهبود یافته، به سمت دماهای پایین تر گسترش یافت.بنابراین، کمیته بین المللی اروپایی اوزان و مقادیر، مقیاس‌بین المللی دمای کاربردی را با عنوان IPTS-68 در سال۱۹۶۸ تدوین کرد. این IPTS-68 بر اساس ۱۳ نقطه مرجع بود.این مقیاس دما را تا ۱.۱۳ کلوین (K)گسترش داد. تمام‌نقاط مرجع با اندازه گیری های دقیق دماسنج گازی تعیین‌شدند. IPTS-68 به عنوان یک پیشرفت مهم تلقی می شد.

۲.۲اصول و تعاریف اندازه گیری دما

ازدیدگاه فیزیکی، دما را می توان به عنوان معیاری از انرژی ذاتی‌یک جسم توصیف کرد که از حرکت نامنظم اتم ها یا مولکول های‌آن ناشی می شود. دما یک متغیر حالت است که‌همراه با کمیت هایی مانند جرم، ظرفیت گرمایی و سایر موارد،محتوای انرژی یک جسم یا سیستم را توصیف می کند.بنابراین، دما را می توان مستقیما بَر حسب واحدهای‌انرژی اندازه گیری کرد. با این حال، سنت تعیین دمابر حسب درجه، خیلی زودتر معرفی شده بود و در فیزیک به‌خوبی جا افتاده بود، به طوری که به دلایل عملی، قطع استفاده‌از درجه منطقی نبود.

اگرجسمی دیگر انرژی گرمایی نداشته باشد، مولکول های آن درحالت سکون قرار می گیرند. این حالت که در واقعیت نمی تواندوجود داشته باشد، صفر مطلق نامیده می شود. از آنجایی‌که هیچ حالتی با انرژی پایین تر وجود ندارد، مقدار 0K (کلوین) به آن نسبت داده می شود.

طبق‌این قرارداد، دما همیشه یک کمیت مثبت است.

برای‌اندازه گیری دمای یک جسم، به مقیاسی نیاز است که بتوان‌آن را با یک روش اندازه گیری تکرارپذیر و مستقل از خواص‌ماده دماسنجی مورد استفاده تعریف کرد. خواص فیزیکی‌مایعات و جامدات معمولا بَسیار پیچیده هستند، به صورت‌خطی به دما وابسته نیستند و فقط در یک محدوده دمایی‌باریک قابل استفاده هستند. بنابراین، اولین مقیاس های‌دما (به بند ۲.۱.۳ مراجعه کنید) فقط تا حد محدودی‌قابل استفاده بودند.

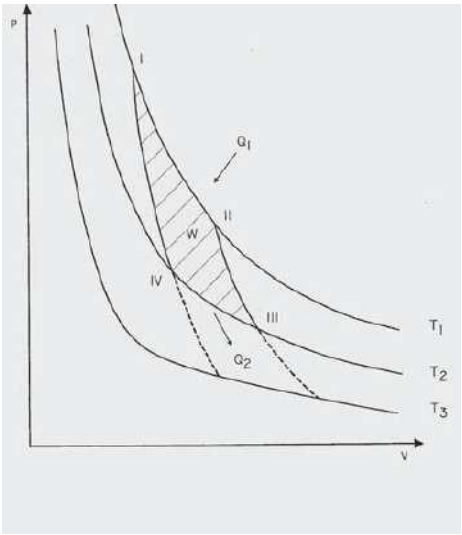
درمقابل، نظریه قانون گاز ایده آل رابطه بسیار ساده ای بین دما،فشار و حجم نشان می دهد.

$$T = \frac{p \cdot V}{\text{const.}} \qquad (2\text{-}1)$$

مقیاس‌هیدروژن، که در سال ۱۸۸۷ به صورت بین المللی موردتوافق قرار گرفت، بر اساس این رابطه بود. محدودیت های‌این مقیاس در نتیجه رفتار گاز واقعی هیدروژن‌و هلیوم مورد استفاده، به ویژه در دماهای بسیار پایین،آشکار شد. تعریف دقیق فیزیکی از مقیاس دما در کل محدوده‌دما، ابتدا توسط مقیاس دمای ترمودینامیکی ارائه شد.

۱.۲.۲مقیاس دمای ترمودینامیکی

تعریف‌مقیاس دمای ترمودینامیکی، که با نام "مقیاس کلوین" نیز شناخته می شود، از قانون دوم ترمودینامیک ناشی‌می شود. این تعریف برای اولین بار با کمک چرخه حرارتی‌ارائه شده توسط کارنو به طور دقیق تعریف شد. در این‌چرخه (شکل 2.1) کار توسط یک موتور حرارتی که تحت شرایط‌ایده آل و برگشت پذیر بین دو مخزن گرما در دماهای مختلف‌کار می کند، انجام می شود. با شروع از دمای بالاتر T_1 (شرط p،V I) کمیت گرمای Q_1به صورت ایزوترمال، یعنی دردمای ثابت، به محیط داده می شود.



شکل۲.۱ چرخه‌کارنو

درنمودار p،V شرط II حاصل شده است. محیط متعاقبا بّه صورت‌آدیاباتیک، یعنی بدون تبادل گرما با محیط، با انجام کار،به حالت III تبدیل می شود. دما به T کاهش می یابد. اکنون‌کمیت گرمای Q دوباره در دمای ثابت از محیط خارج شده‌و به مخزن گرمای دوم $_{۲}$منتقل می شود. سیستم در نهایت‌با فشرده سازی آدیاباتیک به شرایط اولیه بازگردانده می شود.کار انجام شده در این چرخه با اختلاف بین دو کمیت‌گرما داده می شود.

$$W = Q_1 - Q_2 \qquad (2\text{-}2)$$

راندمان‌حرارتی موتور حرارتی مستقل از محیط انتخاب شده استو در نهایت تنها تابعی از دو دمای $T_{۱}$ و $T_{۲}$است.

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \qquad (2\text{-}3)$$

$$1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \qquad (2\text{-}4)$$

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{Q_2}{Q_1} \qquad (2\text{-}5)$$

۱

دماو بنابراین مقیاس دما به وضوح از نظر تئوری توسط این‌معادله در حالت اول تعیین می شود. این دما، دمای «ترمودینامیکی»یا همچنین دمای «مطلق» نامیده می شود.

برای‌محاسبه عملی دمای ترمودینامیکی، کمیت های حرارتی‌متعلق به دماهای $T_{۱}$و $T_{۲}$باید به صورت تجربی تعیین‌شود. این روش پیچیده است و علاوه بر این، به اندازه کافی‌دقیق نیست. با توجه به این دانش که دماهای ترمودینامیکی‌اساسا مّی توانند با هر روش اندازه گیری اندازه گیری‌شوند، که می توان آن را از رابطه 2 استخراج کرد،می توان گفت که‌طبق قانون ترمودینامیک، دماهای ترمودینامیکی‌در حال حاضر با دماسنج گازی، آذرسنج طیفی،آذرسنج تابش کل یا سایر ابزارهای اندازه گیری مناسب‌در عمل هواشناسی اندازه گیری می شوند. جدول 2.1روش های اندازه گیری را نشان می دهد که به دلیل عدم قطعیت های‌اندازه گیری کوچک، برای تعیین مقیاس دما استفاده می شوند.

روش	اصل‌فیزیکی	اندازه گیری محدوده[K]	عدم‌قطعیت
دماسنج‌گازی	رفتارگاز ایده آل	۴.۲تا ۷۰۰	۰.۳تا ۱۵
دماسنج‌آکوستیک	سرعت‌صوت در گاز ایده آل	۲تا ۳۰	۰.۳تا ۱
نویزحرارتی دماسنج	نویزمقاومت الکتریکی	۳تا ۱۱۰۰	۰.۳تا ۱۰۰
آذرسنج‌طیفی	جگالی‌تابش طیفی یک رادیاتور حفره ای	۷۰۰تا ۲۵۰۰	۱۰تا ۲۰۰۰
تابش‌کل پیرومتر	تابش‌کل یک رادیاتور حفره ای	۲۳۰تا ۴۳۰	۰.۵تا ۲

جدول۱.۲ روش های اندازه گیری برای اندازه گیری دماهای ترمودینامیکی

۲.۲.۲دما و واحدهای آن

ازآنجایی که نقطه صفر مقیاس دمای ترمودینامیکی از قبل به‌صورت فیزیکی مشخص شده است، کافی است واحد دمارا به عنوان بخش خاصی از یک دمای ترمودینامیکی مشخص‌تعریف کنیم.

واحدکمیت اساسی فیزیکی «دمای ترمودینامیکی» که با T نشان‌داده می شود، کلوین با نماد K است که به صورت ۱۶.۲۷۳ امدمای ترمودینامیکی نقطه سه گانه آب تعریف می شود.

$$1\ K = T_{tr}/273{,}16 \rightarrow T_{tr} = 273.16\ K \qquad (2\text{-}6)$$

این‌تعریف در سیزدهمین کنفرانس عمومی اوزان و مقیاس ها)۶۸/۱۹۶۷(تصویب شد. پیشوند «پایه» دما را به عنوان‌یکی از هفت کمیت اساسی سیستم بین المللی واحدها(SI) توصیف می کند. «ترمودینامیک» در این مورد، دمارا به عنوان یک کمیت اساسی در فیزیک نشان می دهد. همانطورکه قبلا دّر بخش ۱.۲ ذکر شد، علاوه بر دمای «ترمودینامیک»،یک مقیاس دمای توافق شده بین المللی نیزوجود دارد. در بخش ۳.۲.۲ به آن به عنوان مقیاس دمای بین المللی۱۹۹۰ (ITS-90) پرداخته شده است.

نقطه‌سه گانه آب تنها حالت ترمودینامیکی است که در آن سه‌فاز آب، مایع، بخار و جامد، در تعادل هستند. تا زمانی که‌هر سه فاز وجود داشته باشند، فشار و دما ثابت می مانند.اکنون می توان این نقطه سه گانه را با عدم قطعیت های‌اندازه گیری بسیار کوچک تعیین کرد. مقدار عددی۱۶.۲۷۳ کلوین به صورت توافقی به این نقطه مرجع اختصاص‌داده می شود.

تعیین‌خودسرانه ی این مقدار عددی، دلیلی تاریخی دارد که به‌سال ۱۹۵۴ برمی گردد. واحد دمای تازه تعریف شده بیشترین‌تطابق را با دمای کلوین (K) که قبلا مّعتبر بود، داشت.این واحد به عنوان صدمین بخش اختلاف دمای بین نقطه‌جوش ۱۵.۲۷۳(کلوین) و نقطه ذوب آب ۱۵.۲۷۳(کلوین) تعریف می شد.

دمای‌سلسیوس که با علامت "t" مشخص می شود، با معادله زیر تعریف‌می شود:

$$t = T - 273.15\ K \qquad (2\text{-}7)$$

یعنی‌از طریق اختلاف دما. واحدآن عبارت است از درجه‌سانتیگراد.از نظر بزرگی‌با واحد کلوین یکسان است.

www.onlinedoctranslator.com - naisreP ot hsilgnE morf detalsnarT

روش	اصل‌فیزیکی	اندازه گیری محدوده[K]	عدم‌قطعیت [ام کی]
دماسنج‌گازی	رفتارگاز ایده آل	۴.۲تا ۷۰۰	۰.۳تا ۱۵
دماسنج‌آکوستیک	سرعت‌صوت در گاز ایده آل	۳تا ۳۰	۰.۳تا ۱
نویزحرارتی دماسنج	نویزمقاومت الکتریکی	۳تا ۱۱۰۰	۰.۳تا ۱۰۰
آذرسنج‌طیفی	چگالی‌تابش طیفی یک رادیاتور حفره ای	۷۰۰تا ۲۵۰۰	۱۰تا ۲۰۰۰
تابش‌کل پیرومتر	تابش‌کل یک رادیاتور حفره ای	۲۳۰تا ۴۳۰	۰.۵تا ۲

جدول۱.۲ روش های اندازه گیری برای اندازه گیری دماهای ترمودینامیکی

۲.۲.۲دما و واحدهای آن

ازآنجایی که نقطه صفر مقیاس دمای ترمودینامیکی از قبل به‌صورت فیزیکی مشخص شده است، کافی است واحد دمارا به عنوان بخش خاصی از یک دمای ترمودینامیکی مشخص‌تعریف کنیم.

واحدکمیت اساسی فیزیکی «دمای ترمودینامیکی» که با T نشان‌داده می شود، کلوین با نماد K است که به صورت ۱/۲۷۳.۱۶ امدمای ترمودینامیکی نقطه سه گانه آب تعریف می شود.

$$1\ K = T_{tr}/273{,}16 \rightarrow T_{tr} = 273.16\ K \qquad (2\text{-}6)$$

این‌تعریف در سیزدهمین کنفرانس عمومی اوزان و مقیاس ها)۶۸/۱۹۶۷(تصویب شد. پیشوند «پایه» دما را به عنوان‌یکی از هفت کمیت اساسی سیستم بین المللی واحدها(SI) توصیف می کند. «ترمودینامیک» در این مورد، دمارا به عنوان یک کمیت اساسی در فیزیک نشان می دهد. همانطورکه قبلا دّر بخش ۱.۲ ذکر شد، علاوه بر دمای «ترمودینامیک»،یک مقیاس دمای توافق شده بین المللی نیزوجود دارد. در بخش ۳.۲.۲ به آن به عنوان مقیاس دمای بین المللی۱۹۹۰ (ITS-90) پرداخته شده است.

نقطه‌سه گانه آب تنها حالت ترمودینامیکی است که در آن سه‌فاز آب، مایع، بخار و جامد، در تعادل هستند. تا زمانی که‌هر سه فاز وجود داشته باشند، فشار و دما ثابت می مانند.اکنون می توان این نقطه سه گانه را با عدم قطعیت های‌اندازه گیری بسیار کوچک تعیین کرد. مقدار عددی۱۶.۲۷۳ کلوین به صورت توافقی به این نقطه مرجع اختصاص‌داده می شود.

تعیین‌خودسرانه ی این مقدار عددی، دلیلی تاریخی دارد که به‌سال ۱۹۵۴ برمی گردد. واحد دمای تازه تعریف شده بیشترین‌تطابق را با دمای کلوین (K) که قبلا مُعتبر بود، داشت.این واحد به عنوان صدمین بخش اختلاف دمای بین نقطه‌جوش ۱۵.۲۷۳(کلوین) و نقطه ذوب آب ۱۵.۲۷۳(کلوین) تعریف می شد.

دمای‌سلسیوس که با علامت "t" مشخص می شود، با معادله زیر تعریف‌می شود:

$$t = T - 273.15\ K \qquad (2\text{-}7)$$

یعنی‌از طریق اختلاف دما. واحدآن عبارت است از درجه‌سانتیگراد تعیین شده توسطدرجه‌ج. واحددرجه.از نظر بزرگی‌با واحد کلوین یکسان است C

نقطه‌صفر مقیاس سلسیوس، طبق توافق، 0.01 کلوین پایین تراز نقطه سه گانه آب است. در مقیاس سلسیوس، دماهای‌بالاتر از 273.15 کلوین با علامت مثبت مشخص می شوند.به جای نماد "t"، می توان از حرف "ϑ" استفاده کرد،زمانی که خطر اشتباه گرفته شدن با کمیت اصلی "زمان " وجود دارد. اختلاف دماها را می توان در ... مشخص کرد. درجه‌سی یا کی.

درایالات متحده، دما بر حسب درجه فارنهایت (F°) مشخص‌می شود. مقادیر دما در مقیاس دمای ترمودینامیکی‌مربوط به درجه فارنهایت، بر حسب درجه رانکین‌بیان می شوند (درجهR).

رابطه‌بین واحدهای دما را می توان به صورت زیر مشخص کرد:

$$1\ \mathrm{K} \triangleq 1^{\circ}\mathrm{C} = \frac{9}{5}\ ^{\circ}\mathrm{F} \qquad (2\text{-}8)$$

معادلات‌زیر برای تبدیل مقادیر عددی دما در مقیاس های سلسیوس(c)، کلوین (T)، فارنهایت (f) و رانکین (T) اعمال می شوند:

$$T_K = 273.15 + t_C = \frac{5}{9}\ T_R \qquad (2\text{-}9)$$

$$t_C = \frac{5}{9}\ (t_F - 32) = T_K - 273.15 \qquad (2\text{-}10)$$

$$T_R = 459.67 + t_F = 1.8\ T_K \qquad (2\text{-}11)$$

$$t_F = 1.8\ t_C + 32 = T_R - 459.67 \qquad (2\text{-}12)$$

۳.۲.۲مقیاس بین المللی دما -ITS) ۹۰(

مقیاس‌بین المللی دما، که به اختصار ITS-90 نامیده می شود،مقیاس دمایی است که از اول ژانویه ۱۹۹۰ به صورت‌قانونی در اروپا وضع شده است. این مقیاس بر اساس‌توافق نامه های بین المللی تدوین شده و شامل آخرین‌یافته های علمی و تحقیقاتی است. ITS-90 از ۰.۶۵ کلوین‌تا بالاترین دماهای قابل اندازه گیری فعلی بر اساس قانون‌تابش پلانک را شامل می شود.

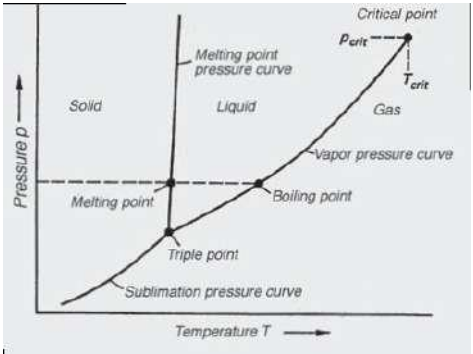
در مقایسه با ITS-68 که تا ۳۱ دسامبر ۱۹۸۹ معتبر بود، به دلیل کاهش عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری مدرن، این استاندارد تطابق قابل توجهی با دماهای ترمودینامیکی دارد. به عنوان مثال، ترموکوپل پلاتین-رودیوم (۱۰٪ رودیوم)/پلاتین به عنوان تجهیزات استاندارد، برای محدوده دمایی بین ۹۰۴ کلوین (۶۳۱ درجه سانتیگراد) و ۱۲۳۴٫۹۳ کلوین (۹۶۱٫۷۸ درجه سانتیگراد) با دماسنج مقاومت پلاتین جایگزین شد. بنابراین عدم قطعیت‌های اندازه‌گیری قابل دستیابی از ۲۰۰ میلی‌کلوین به ۱۰ میلی‌کلوین کاهش یافت. محدوده آذرسنج تابشی از نقطه انجماد نقره (۹۶۱٫۷۸ درجه سانتیگراد) شروع می‌شود. این دستگاه جایگزین ترموکوپل به عنوان تجهیزات استاندارد بین ۹۶۱٫۷۸ درجه سانتیگراد و ۱۰۶۴٫۱۸ درجه سانتیگراد (نقطه انجماد طلا) می‌شود. مزیتی که بیش از همه برای کاربرد عملی ITS-90 اهمیت دارد، از مشخص کردن تعاریف جایگزین در محدوده‌های دمایی خاص ناشی می‌شود. استفاده غالب از نقاط سه‌گانه و نقاط انجماد به عنوان نقاط مرجع تعریف‌کننده مقیاس دما منجر به بهبود آشکار در تکرارپذیری آن شد.

حالت‌تعادل	T_{90} in K	t_{90} in °F
فشاربخار	۳ تا ۵	۴۵۴.۲۷- تا 450.67-
هیدروژن‌نقطه تعادل سه گانه *)	۱۳.۸۰۳۳	۴۳۴.۸۲۴۱-
فشاربخار هیدروژن‌تعادلی *)	۱۷∪ ۳۰.۳∪	۴۲۹.۰۷- ∪ ۴۲۳.۱۳- ∪
نقطه‌سه گانه نئون	۲۴.۵۵۶۱	۴۱۵.۴۶۹۰-
نقطه‌سه گانه اکسیژن	۵۴.۳۵۸۴	۳۶۱.۸۲۴۹-
نقطه‌سه گانه آرگون	۸۳.۸۰۵۸	308.8196-
نقطه‌سه گانه جیوه	۲۳۴.۳۱۵۶	۳۷.۹۰۱۹-
نقطه‌سه گانه آب	**۲۷۳.۱۶**	**۳۲.۰۱۸**
نقطه‌ذوب گالیم	۳۰۲.۹۱۴۶	۸۵.۵۷۶۳
نقطه‌انجماد ایندیم	۴۲۹.۷۴۸۵	۳۱۳.۸۷۷۳
نقطه‌انجماد قلع	۵۰۵.۰۷۸	۴۴۹.۴۷۰
نقطه‌انجماد روی	۶۹۳.۶۷۷	۷۸۷.۱۴۹
نقطه‌انجماد آلومینیوم	۹۳۳.۴۷۳	۱۲۲۰.۵۸
نقطه‌انجماد نقره	۱۲۳۴.۹۳	۱۷۶۲.۲۰
نقطه‌انجماد طلا	۱۳۳۷.۳۳	۱۹۴۷.۵۲
نقطه‌انجماد مس	۱۳۵۷.۷۷	۱۹۸۴.۳۲

*) هیدروژن در دو نوع مولکولی وجود دارد که با پیشوندهای "ارتو" و "پارا" مشخص‌می شوند. ترکیب مخلوط ارتو-پارا که در حالت تعادل غالب است،وابسته به دما است. اصطلاح "هیدروژن تعادلی" به این معنی است که‌هیدروژن ترکیب تعادلی ارتو-پارا خود را در دمای مربوطه دارد.

جدول۲.۲ تعریف‌نقاط مرجع ITS-90

نقاط مرجع(جدول 2.2) : مواد خلوص‌بالا با تعادل فازی هستند. آنها را می توان با کمک نمودار PT که رفتارانبساط یک ماده را توصیف می کند (شکل 2.2) به وضوح‌نشان داد. میدان های حالت جامد، مایع و گاز بر اساس فشار و دما وجود دارند.



شکل۲.۲ نمایش شماتیک از رفتارانبساطی یک ماده در نمودار pT

خطوط جداکننده بین این نواحی توسط منحنی فشار نقطه ذوب،منحنی فشار بخار و منحنی موسوم به فشار تصعید تشکیل‌می شوند. منحنی فشار بخار در دمای بحرانی به پایان می رسد. در دماهای بالاتر، دیگر هیچ حد قابل تعریفی بین‌فاز مایع و بخار وجود ندارد. بنابراین، مایعات و گازها نیز تحت‌عنوان سیالات گنجانده می شوند. نقطه سه گانه، نقطه تقاطع هر سه منحنی را تشکیل می دهد. فاز جامد، مایع‌و گازی ماده مورد بررسی در این نقطه در تعادل ترمودینامیکی‌هستند.

تمام‌حالت های تعادل دیگر بر اساس منحنی فشار بخار مربوط به گذار از مایع به گاز و بر اساس منحنی فشار نقطه ذوب‌از مایع به جامد قرار دارند.

اکنون‌از حالت های تعادل فلزات با خلوص بالا، آب و سیالات‌منتخب برای نمایش دماهای مقیاس بین المللی دمااستفاده می شود. به جز چند مورد استثنا، برای تحقق تکرارپذیرنقاط ثابت تعریف شده و تعیین دقیق دما، به ورودی‌فنی بالایی نیاز است.

دماهای‌بین نقاط ثابت توسط تجهیزات استاندارد اندازه گیری‌می شوند که در نقاط ثابت مربوطه کالیبره شده اند.

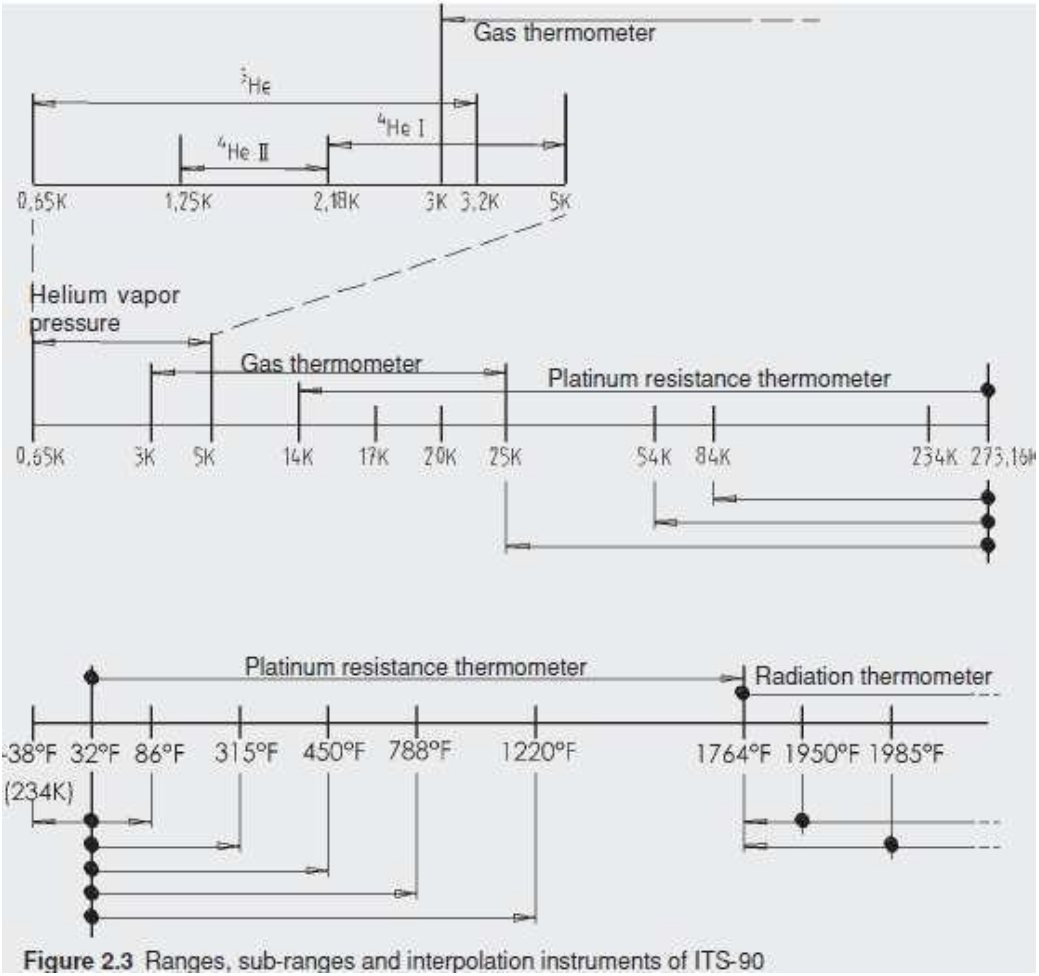


Figure 2.3 Ranges, sub-ranges and interpolation instruments of ITS-90

شکل۲.۳بردها، زیربردها و ابزارهای درون یابی ITS-90

مقادیردما را می توان از روی نشانه های این تجهیزات استانداردبا کمک معادلات تعریف مشخص شده برای محدودهدمایی مربوطه محاسبه کرد. ITS-90 شامل محدوده هایجزئی و زیر محدوده هایی است که برای آنها نقاطمرجع تعریف کننده، تجهیزات استاندارد و معادلات درون یابی مشخص شده اند (شکل 2.3). به دلیل همپوشانیبرخی از محدوده های جزئی، می توان از چندین روشاندازه گیری یا ابزار استاندارد برای تعیین دما استفاده کرد.

براساس نوع تجهیزات استاندارد از پیش تعیین شده، 90-ITS محدوده دمایی را مشخص می کند.

-از 0.65 کلوین تا 24.5561 کلوین
-از ۸.۱۳ کلوین تا ۹۳.۱۲۳۴ کلوین
-بالاتر از نقطه انجماد نقره (961.78درجهج) چندین تعریفمعادل از 0.65 کلوین تا 24.5561 کلوین وجود دارد.دمای T۹۰با کمک دماسنج فشار بخار هلیوم، بین 0.65تا 5 کلوین اندازه گیری می شود۴.هلیوم به عنوان گاز اندازه گیریبرای محدوده جزئی از 0.65 کلوین تا 3.2 کلویناستفاده می شود۴.هلیوم برای دماهای از ۲۵.۱

تا۵ کلوین. معادلات فشار بخار مورد نیاز برای محاسبه دما برای‌محدوده دمایی مربوطه و گاز اندازه گیری مورد استفاده مشخص‌شده اند.

یک‌دماسنج فشار گاز که به طور ویژه برای تعیین T طراحی شده‌است، که به همین ترتیب از ... نیز استفاده می کند. ۳هلیوم یا۴هلیوم با توجه به محدوده اندازه گیری، از ۰.۳ کلوین‌تا ۵۵۶۱.۲۴ کلوین استفاده می شود.

دماسنج های‌مقاومتی پلاتینی به عنوان تجهیزات استاندارد درمحدوده دمایی ۸.۱۳ کلوین تا ۹۳.۱۲۳۴ کلوین استفاده می شوند.دما از نسبت مقاومت های اندازه گیری شده (R)T() محاسبه می شود.

دمای‌نقطه سه گانه آب T. ودما Tدر دمای))T(R ، (۹۰ ۹۰ تر

$$W(T_{90}) = R(T_{90})/R(273.16) \qquad (2\text{-}13)$$

استفاده‌از نقطه سه گانه آب برای تعریف نسبت مقاومت)W(T در مقایسه با تعریف مق.۹۰پاس های قبلی که دمای مرجع‌را در نقطه انجماد (273.15 کلوین) مشخص می کردند،یک نوآوری قابل توجه است.

برای‌امکان پذیر ساختن تعیین صریح دما، یک تابع مرجع، که وابستگی‌دمایی نسبت مقاومت)W(T یک دماسنج ایده آل مقاومت‌پلاتینی به عنوان دماسنج مرجع را توصیف می ک.نند،برای محدوده های دمایی ۸۰۳۳.۱۳ کلوین تا ۱۶.۲۷۸ کلوین‌و ۱۵.۲۷۳ کلوین تا ۹۳.۱۲۳۴ کلوین تعریف شده است. تابع‌انحراف فردی W(-W)T

برای‌هر دماسنج. ضرایب توابع انحراف از مقادیر اندازه گیری شده‌مقاومت در نقاط ثابتی که باید تعریف شوند، تعیین می شوند.سپس می توان مقادیر دما بین نقاط ثابت را با کمک‌تابع انحراف و تابع مرجع تعیین کرد. ۹۰ ۹۰) اکنون باید تعیین شود

دماسنج های‌مقاومتی پلاتینی که مطابق با ITS-90 استفاده می شوند،باید الزامات اندازه گیری بسیار بالایی را برآورده کنند.در حال حاضر هیچ دماسنج مقاومت پلاتینی وجود نداردکه این الزامات را در محدوده دمایی کامل از ۱۳ کلوین تا۱۲۳۵ کلوین برآورده کند.

دماسنج های‌مقاومتی که در حال حاضر استفاده می شوند رامی توان به سه گروه زیر تقسیم کرد:

دماسنج های‌کپسولی به دلیل ساختار جمع وجورشان به راحتی‌می توانند در کرایوستات ها نصب شوند. به ویژه از آن هابرای اندازه گیری دماهای پایین استفاده می شود. محدوده‌کاربرد آن ها تا حدود ۴۰۰ درجه سانتی گراد است. درجه‌و. مقدار مقاومت در نقطه سه گانه آب ۲۵ اهم است.

دماسنج های‌مقاومتی مجهز به شیشه کوارتز یا ساقه های فولادی‌مرغوب با طول حدود ۲۳ اینچ از دمای -۳۱۰ درجه سانتیگراداستفاده می شوند.درجه‌تا ۱۰۰۰ Fدرجه‌و. ساختار مقاومت‌اندازه گیری داخلی عموما مَشابه دماسنج کپسول دار است.

دماسنج های‌مخصوص برای دماهای بالاتر بین ۱۰۰۰ درجه سانتی گراداستفاده می شوند.درجه‌اف و ۳.۱۷۶۳درجه‌و. ساقه های‌مورد استفاده منحصرا آز شیشه کوارتز تشکیل شده اند.برای دستیابی به پایداری بهتر مقاومت اندازه گیری دردماهای بالا، از سیم پلاتین ضخیم تری استفاده می شود. درنتیجه، مقاومت آن در نقطه سه گانه آب 0.25 اهم است.

برای‌دماهای بالاتر از ۳.۱۷۶۳درجه.یک ماده در تعادل ترمودینامیکی(مثلا نّقطه انجماد نقره) در همان طول موج و دمای‌نقطه ثابت انتخاب شده مرتبط است. دما در این محدوده‌با معادله 2-14 تعریف می شود)λ, T(L باچگالی۹۰ تابش‌طیفی λ و طول موج T یک جسم به اصطلاح سیاه در ۹۰ دمای)λ, T(L دماهای مقیاس بین المللی دما توسط آذرسنج های‌طیفی اندازه گیر ی‌رجع‌می شوند. چگالی تابش طیفی)نقطه انجماد نقره(F

عملا تّمام مقادیر دما با مقادیر IPTS-68 در نتیجه تعاریف جدیددر ITS-90 متفاوت هستند. توابع تبدیل و جداول برای اصلاح‌انحرافات موجود بین دماهای اندازه گیری شده طبق IPTS-68 و مقادیر طبق ITS-90 در دسترس قرار گرفته اند، به‌طوری که از کالیبراسیون مجدد دماسنج های کاربردی می توان‌اجتناب کرد.

$$\frac{L_\lambda(T_{90})}{L_\lambda(T_{90}(\text{Reference}))} = \frac{\exp(c_2[\lambda T_{90}(\text{Reference})]^{-1})-1}{\exp(c_2[\lambda T_{90}]^{-1})-1} \qquad (2\text{-}14)$$

L_λ = spectral radiation density of a black body with temperature T_{90}

λ = wavelength referred to the vacuum

c_2 = 2nd Planck's constant with the specified value $c_2 = 0.014388\ m \cdot K$

T_{90} = reference temperature, optionally silver (1234.93 K), gold (1337.33 K) or copper solidification point (1357.77 K)

باقی‌مانده**اندازه گیری عدم قطعیت های ITS-90**با توجه به‌پایداری تجهیزات استاندارد و تکرارپذیری نقاط مرجع تعیین‌شده در محدوده دمایی مربوطه تعیین می شوند. مقادیرزیر به عنوان مقادیر راهنما مشخص شده اند:

اندازه گیری‌عدم قطعیت ها در دماسنج مقاومتی

۸.۱۳کیلوبایت	±	۱میلی کلوبات
۹۳۳ک)۱۲۲۰(درجه‌و)	±	۵میلی کلوبات
۱۳۳۵کلوین)۱۷۶۰(درجه‌و)	±	۱۰میلی کلوین

عدم‌قطعیت های اندازه گیری در آذرسنج طیفی:

۱۳۳۵کلوین	±	۰۱.۰کلوین
۳۵۰۰کلوین	±	۲ ک

دماسنج هایی‌که تاکنون شرح داده شده اند، برای تعیین دمای‌ترمودینامیکی طبق مفاد ITS-90 استفاده می شوند. درمحدوده ۸.۱۳ کلوین تا حدود ۹۰۳ کلوین، این دماسنج ها می توانندمانند گذشته برای انتقال دماهای تعریف شده نیز استفاده‌شوند. دماسنج های فشار بخار و فشار گاز و همچنین‌دماسنج های مقاومتی برای دماهای بالا، برای استفاده‌عملی کمتر مناسب هستند. بنابراین دمابا به اصطلاح منتقل می شود**دماسنج های ثانویه**در محدوده‌اندازه گیری این تجهیزات استاندارد.

این‌دماسنج ها با مقایسه با تجهیزات استاندارد مشخص شده‌کالیبره می شوند. برای محدوده دمایی 0.65 کلوین تا 20کلوین، دماسنج مقاومت آهن-رودیوم یا با الزامات کمتر درعدم قطعیت اندازه گیری، دماسنج مقاومت ژرمانیوم برای‌این اهداف استفاده می شود. ترموکوپل پلاتین-رودیوم (10٪رودیوم)/پلاتین هنوز برای محدوده دمایی از 1168 استفاده‌می شود.درجه‌اف تا ۱۹۴۷درجه‌ف)۶۳۱(درجه‌سی تا ۱۰۶۴درجه‌ج) با عدم قطعیت های اندازه گیری نسبتا بزرگ از 0.2کلوین تا 0.5 کلوین. با این حال، باید با مقایسه با دماسنج‌مقاومت پلاتین یا آذرسنج تابش جزئی کالیبره شود.ترموکوپل طلا/پلاتین که به تازگی توسعه یافته است با عدم‌قطعیت اندازه گیری کمتر از 0.1 کلوین، به عنوان دماسنج‌ثانویه برای دماهای تا 1700 نیز تایید شده است. درجه‌ف (930)درجه‌ج) در این محدوده. انتقال دماهای بالاتر از۹۳۰ کلوین توسط لامپ های تنگستن-ریبون کالیبره شده ودماسنج های طیفی انجام می شود.

روش های‌تقریبی برای ITS-90 در انتشارات دفتر بین المللی‌اوزان و مقیاس ها [2.11، 2.12] از سال 1990 شرح‌داده شده است.

۴.۲.۲اصول اندازه گیری و حسگرها برای اندازه گیری دما

۱.۴.۲.۲اصول اندازه گیری بر اساس انبساطحرارتی مواد

انبساطحجمی مواد گازی، مایع یا جامد به دلیل اثرات دما، یکواقعیت زندگی روزمره است. اگر وابستگی تابعی انبساطحرارتی یک ماده از تحقیقات عملی یا محاسبات فیزیکی‌شناخته شده و قابل تکرار باشد، می توان از این خاصیت‌ماده برای اندازه گیری دما استفاده کرد. ساده ترین روابطخطی ممکن برای اندازه گیری دما مورد توجه هستند. بااین حال، به دلیل رفتار واقعی مواد، چنین روابطی را فقط می توان‌در یک محدوده دمایی محدود یافت.

اگر**انبساط خطی**اگر یک میله به عنوان تابعی از تغییر دما درنظر گرفته شود، فرمول زیر به طور کلی اعمال می شود:

$$dL = \alpha \bullet L \bullet d\vartheta \qquad (۲-۱۵)$$

ضریب‌تناسب یک کمیت مرتبط با ماده است و ضریب دمای‌خطی نامیده می شود. بعدُ آن K است.-۱اگر طول این میله(L)₀ در یک دمای مرجع خاص ϑ₀اگر مشخص باشد، طول‌آن را می توان برای دمای دیگری طبق معادله زیر محاسبه‌کرد:

$$L_\vartheta = L_0 + L_0 \bullet \alpha\,(\vartheta - \vartheta_0) = L_0(1+\alpha \bullet (\vartheta - \vartheta_0)) \qquad (2\text{-}16)$$

دماسنج های‌ساده، مانند دماسنج میله ای و دماسنج دوفلزی،که بر اساس این اصل حسگر هستند، دمای ناشی ازانبساط حرارتی متفاوت دو ماده را نشان می دهند. آنها در بخش2.6.2 توضیح داده شده اند.

The**رفتار انبساط حرارتی یک مایع**اساسا مّی توان آن را به‌روشی مشابه مشخص کرد. با β به عنوان ضریب دمای مکعبی

$$V_\vartheta = L_\vartheta = V_0(1+\beta \bullet (\vartheta - \vartheta_0)) \qquad (2\text{-}17)$$

ازمعادله (2-16) نتیجه می شود

ضریبβ همچنین به مقدار مایع انتخاب شده وابسته است وفقط می توان آن را در یک محدوده دمایی محدود ثابت در نظرگرفت. دماسنج های شیشه ای مایع از انبساط حرارتی یکمایع دماسنجی انتخاب شده برای یک محدوده دمایی خاص‌برای نشان دادن مستقیم دما استفاده می کنند (بخش2.6.1). دماسنج های فنر مایع که در بخش 2.6.2.3 توضیح‌داده شده اند نیز از انبساط حرارتی یک مایع به عنوان اصل‌عملکرد خود استفاده می کنند. زمینه کاربرد و خواص دماسنج‌اساسا توّسط مایع دماسنجی انتخاب شده برای هر دونوع دماسنج تعیین می شود.

The**فشار بخار مایعات**کمیتی است که به شدت به دما وابسته‌است و همین امر آن را برای اندازه گیری دما مناسب‌می کند. با این حال، رابطه بین فشار بخار و دما در این‌مورد غیرخطی است. فشار بخار به شدت به دما وابسته است،به ویژه در قسمت شیب دار منحنی فشار بخار (شکل 2.8.1در بخش 2.6.2.3).

بامایعات مناسب، دماسنج های فشار بخار برای تعیین دقیق‌دماهای بسیار پایین استفاده می شوند. به عنوان مثال،دماسنج های فشار بخار برای تعیین دماهای ترمودینامیکی‌در محدوده 0.65 کلوین تا 3.2 کلوین استفاده می شوند.

رابطه‌بین دما، حجم و فشار یک گاز را می توان به راحتی با کمک‌معادله حالت برای یک گاز ایده آل نشان داد.

$$p \cdot V_M = R \cdot T \qquad (2\text{-}18)$$

p	-	pressure
V_m	-	volume related to substance quantity
R	-	universal gas constant
T	-	temperature

دمارا می توان طبق این رابطه به دو روش مختلف اندازه گیری‌کرد:

-اندازه گیری اختلاف حجم وابسته به دما در فشار ثابت -

اندازه گیری اختلاف فشار وابسته به دما در حجم ثابت.

هردو روش برای تعیین دقیق دماهای مقیاس بین المللی دما۹۰-ITS با کمک دماسنج های گازی در نقاط ثابت مشخص‌شده استفاده می شوند.

دماسنج های‌فنری فشار گاز صنعتی که بر اساس معادله حالت‌گازهای واقعی کار می کنند، در بخش 2.6.2.3 بررسی شده اند.

۲.۴.۲.۲حسگرهای دمای الکتریکی

حسگرهای‌دمای الکتریکی، کمیت فیزیکی "دما" را به یک سیگنال‌الکتریکی وابسته به آن تبدیل می کنند. دماسنج های‌الکتریکی اجزای مستقلی هستند که یک سیگنال‌قابل پردازش را به عنوان خروجی خود ارائه می دهند.بسته به اصل حسگر، معمولا بّه یک منبع تغذیه خارجی‌نیاز است.

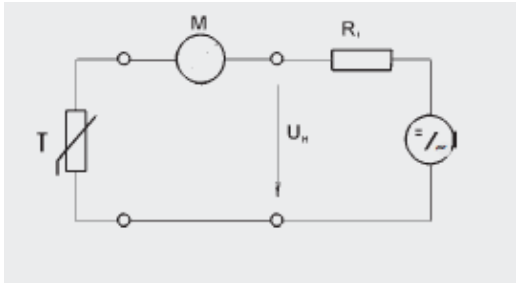
یک‌مزیت مهم، ناشی از قابلیت انتقال خوب این سیگنال های‌الکتریکی در فواصل طولانی است. بنابراین، نقاط‌اندازه گیری و نمایش دما ممکن است از هم دور باشند.سیگنال های اندازه گیری را می توان با هزینه کم در سیستم های‌کنترل و تنظیم یا سیستم های کنترل فرآیند نصب‌و پردازش کرد.

دماسنج های‌مقاومتی و ترموکوپل ها امروزه نقش مهمی در دماسنجی‌صنعتی ایفا می کنند.

دماسنج های‌مقاومت فلزی

دماسنج های‌مقاومت فلزی مجهز به عناصر حسگر بر پایه رساناهای‌فلزی هستند که مقاومت الکتریکی آنها به عنوان تابعی‌از دما تغییر می کند.

این‌تغییر مقاومت را می توان با کمک یک مدار اندازه گیری الکتریکی‌متشکل از عنصر حسگر، یک منبع ولتاژ کمکی و یک‌ابزار اندازه گیری اندازه گیری کرد.



شکل۴.۲ مدار اندازه گیری پایه برای سنسورهای‌دمای کمکی

جریان‌جاری در مدار اندازه گیری تابعی از دمای مورد اندازه گیری‌است. این طراحی اولیه مدار اندازه گیری را می توان‌برای سایر حسگرهای دمای مقاومت غیرفلزی، یعنی‌حسگرهای نیمه هادی، نیز استفاده کرد. از آنجایی که این‌حسگرهای دما بر اساس یک اصل فیزیکی متفاوت هستند،به طور جداگانه مورد بررسی قرار می گیرند.

تغییرمقاومت الکتریکی فلزات خالص به عنوان تابعی از دما،یک اثر فیزیکی اساسی است که علت آن را می توان در مکانیسم‌رسانایی خود فلزات یافت. اساس رسانایی فلزات، الکترون های‌آزاد متحرک در شبکه اتمی است. تعداد و انرژی‌جنبشی آنها وابسته به دما است. ارتعاش طبیعی اتم های‌شبکه فلز، مانع حرکت الکترون ها می شود. اگر از طریق‌افزایش دما به اتم های فلز انرژی داده شود، آنها با دامنه‌و فرکانس به نسبت بزرگتری ارتعاش می کنند. مقاومت‌مکانیکی، تحرک الکترون ها را کاهش می دهد و افزایش‌متناسبی در مقاومت الکتریکی ایجاد می شود. از آنجایی‌که مقاومت الکتریکی با دما افزایش می یابد، در این حالت،گفته می شود که این مواد ضریب دمایی مثبت دارند.

رابطه‌فیزیکی بین دما

ازیک رسانای فلزی و خاصیت الکتریکی آن خطی نیست‌و فقط با یک چندجمله ای مرتبه بالاتر می توان آن‌را به طور دقیق محاسبه کرد. بسته به الزامات اندازه گیری‌مربوط به طول، می توان عبارات درجه دوم‌و مرتبه بالاتر را نیز به آن اضافه کرد. Δ:موارد زیر اعمال‌می شود $t = t - t_0$

$$R(t) = R_0 (1 + a \times \Delta t + b \times \Delta t^2 + c \times \Delta t^3 + \ldots) \quad (2\text{-}19)$$

R_0مقدار مقاومت حسگر الکتریکی در دمای مرجع (مثلا t_0) است.t_0= 0درجه‌ج). ضرایب دمایی مربوط به ماده در این موردبا a، b و c مشخص می شوند. آنها را می توان فقط در یک‌محدوده دمایی محدود ثابت در نظر گرفت. بنابراین، مشخصات‌مقادیر آنها

همیشه‌باید به یک محدوده دمایی تعریف شده (مثلا ۳۲ درجه‌سی تا ۱۰۰درجه‌ج]). مواد فلزی که برای اندازه گیری دما استفاده می شوند، بایدالزامات اساسی زیر را داشته باشند:

-تکرارپذیری خوب تغییر مقاومت الکتریکی به عنوان تابعی ازدما
-ضریب دمایی بالا -
مقاومت ویژه پایین
-وابستگی کم به سایر کمیت های فیزیکی، یعنی‌فشار
-مقاومت در برابر خوردگی و ناخالصی های شیمیایی
-پایداری طولانی مدت بالا.

تعدادی‌از مواد مانند مس (Cu)، نیکل (Ni)، مولیبدن (Mo)، پلاتین(Pt) و سایر مواد برای اندازه گیری دما مناسب هستند.با این حال، نیکل و به ویژه پلاتین به دلیل خواص مطلوبشان‌به عنوان مواد ترجیحی برای مقاومت های اندازه گیری‌دما در کاربردهای صنعتی پذیرفته شده اند.

مقاومت های‌اندازه گیری پلاتینی در محدوده دمایی بین -330استفاده می شوند.درجه‌اف و ۱۵۶۰درجه‌اف (- ۳۰۰درجه سی‌و ۸۵۰درجه‌ج) و مقاومت های اندازه گیری نیکل در محدوده-76درجه‌تا ۴۸۲ F درجه‌ف (-60درجه‌سی تا ۲۵۰درجه‌ج).

ساختمان‌انواع مهم مقاومت های اندازه گیری پلاتینی و کاربردآنها در دماسنج های مقاومت الکتریکی در بخش 2.7.1شرح داده شده است.

ترموکوپل‌ها

ترموکوپل‌یک حسگر دما است که به دلیل خواص ترموالکتریکی‌خود، ولتاژ الکتریکی را که مستقیما به دما وابسته‌است، بدون منبع تغذیه اضافی تأمین می کند. دو رسانای‌فلزی مختلف در انتهای خود به یکدیگر متصل شده اند.اگر محل اتصال در دماهای مختلف باشد، می توان باقرار دادن یک ابزار اندازه گیری در مدار حرارتی که به این روش‌تشکیل شده است، ولتاژ DC را اندازه گیری کرد. این معیاری‌از اختلاف دما بین دو محل اتصال است. اگر یکی از دماهامشخص باشد و دیگری در زمان ... ثابت باشد.

اندازه گیری،ولتاژ را می توان برای اندازه گیری دما استفاده کرد.
پدیده‌ی**ترموالکتریک**اثر ترموالکتریک که در سال ۱۸۳۱ توسطسیبک توصیف شد، به همراه اثر پلتیر و تامسون به گروه‌اثرات ترموالکتریک تعلق دارد. آن ها را می توان بر اساس‌معادله انتقال بولتزمن توصیف کرد. اثر ترموالکتریک یک‌فرآیند فیزیکی پیچیده است که طبق یافته های اخیر بر اساس‌وابستگی پتانسیل الکترون ها به دما در رساناهای الکتریکی‌است. طبق این یافته ها، یک میدان الکتریکی از انتهای‌گرم تا انتهای سرد در یک رسانای منفرد واقع در یک میدان‌حرارتی با گرادیان های دما وجود دارد. این میدان الکتریکی‌که در طول رسانا یکپارچه می شود، باعث اختلاف پتانسیلU می شود.

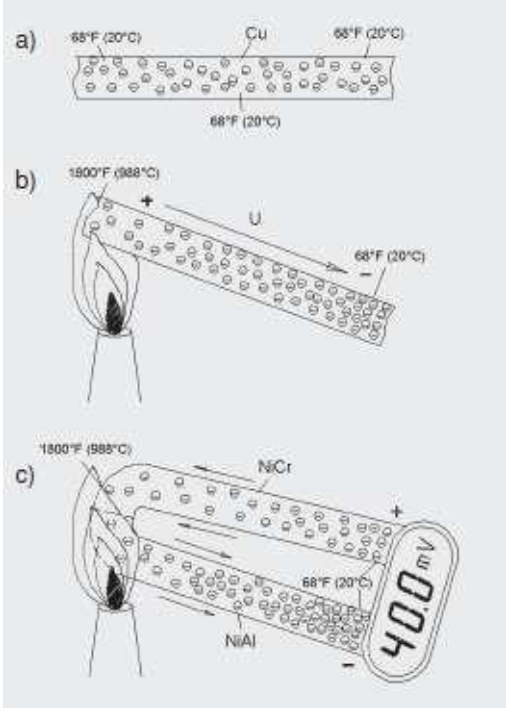
$$E = S\,\text{degree}T;\ \Delta U = -Edx$$

$$U = \int_{T_1}^{T_2} SdT \qquad (2\text{-}20)$$

E = electrical field
S = thermoelectric power
U = voltage

این‌انتقال بار را می توان به عنوان اثر مستقیم پایستگی تکانه‌الکترون ها در شبکه فلزی از طریق حجم رسانا در نظر گرفت.بسیاری از حامل های بار با انرژی کمتر در انتهای رسانای‌سرد، پالس های حامل های کمتری را که در انتهایی که‌توسط یک منبع انرژی گرم شده اند، بسیار سریع تر گرم می شوند،جبران می کنند. این به صورت شماتیک در شکل 2.5نشان داده شده است. برای سادگی، حامل بار مثبت (یون های‌فلزی) نشان داده نشده است. توزیع الکترون یک رسانادر میدان دمایی همگن در شکل 2.5 برای مقایسه در زیر(الف) نشان داده شده است. بنابراین، تعداد قابل توجهی‌الکترون، هرچند با انرژی کمتر، در انتهای سرد رساناهای‌گرم شده در یک ... وجود دارد.

انتهای(شکل 2.5 ب). این اختلاف ولتاژ را نمی توان در عمل به‌طور رضایت بخشی اندازه گیری کرد، زیرا هادی های بیشتری‌باید همیشه برای اندازه گیری به انتهای گرم یا سرد متصل‌شوند و EMF حرارتی آنها به طور قابل توجهی نتیجه اندازه گیری‌را تحریف می کند.



شکل۲.۵نمایش شماتیک از
اندازه گیری‌دما با ترموکوپل

اگراز ترموکوپل متشکل از دو ماده مناسب، یعنی NiCr و NiAl که در نقطه اندازه گیری به هم متصل هستند، استفاده‌شود، می توان EMF حرارتی این جفت شدن مواد رااندازه گیری کرد (شکل 2.5 ج). الکترون های موجود در سیمNiAl می توانند حدود چهار برابر راحت تر از NiCr حرکت‌کنند. بنابراین، انتهای سرد این سیم با الکترون ها به میزان‌بیشتری نسبت به انتهای سرد سیم NiCr بیش از حد شارژمی شود. اختلاف پتانسیلی بین دو انتهای سیم وجود دارد.الکترون اضافی در نقطه سرد

انتهای‌سیم NiAl از طریق دستگاه اندازه گیری به انتهای سردسیم NiCr نفوذ می کند. الکترون های موجود در آنجا، علیرغم‌برخوردهای ...، به بخش گرم سیم NiCr منتقل می شوند.

الکترون های‌آستر. آنها دوباره بالاتر می روند درنتیجه ی تأمین انرژی در قسمت گرم سیم NiAl، مداراز این نقطه بسته می شود و قسمت تاجی الکترون هادر نتیجه ی انتقال تکانه همراه با اتلاف انرژی،دوباره به انتهای سرد سیم NiAl برمی گردد. در مثال‌مشخص شده، جریان ۴ میلی آمپر جریان دارد و اختلاف‌دما بین انتهای گرم و انتهای سیم ۹۶۸ درجه است.درجه.برابر با 10 اهم است (شامل مقاومت داخلی‌دستگاه اندازه گیری). ولت، اختلاف ولتاژ مشخص‌شده 40 را تعدیل می کند e و مقاومت مدار C

اختلاف‌بین s حرارتی مطلق جفت مواد A و B عموما ً به‌عنوان یک کمیت قابل اندازه گیری در نظر گرفته می شود.

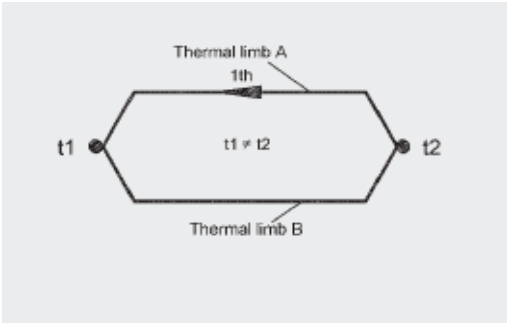
$$U = \int_{T_1}^{T_2} (S_A - S_B)\, dT \qquad (2\text{-}21)$$

سیم هایh به عنوان باتری های ابتدایی در نظر گرفته می شوند،تفاوت در محل اندازه گیری نشان داده می شود.این فقط به دما بستگی دارد

وخواص خاص مواد سیم های حرارتی. از آنجایی که EMFهای حرارتی سیم های حرارتی دستی با توجه به جنس‌ماده با دما تغییر می کنند، ولتاژ اندازه گیری شده‌منحنی معمول ترموکوپل انتخاب شده را نشان می دهد.

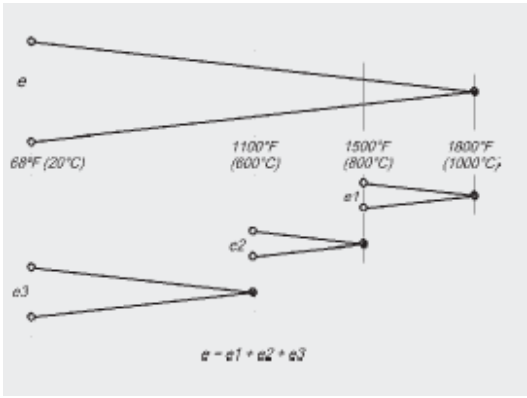
وقتی‌هر دو انتهای رسانای سیم های حرارتی به هم متصل شوند،یک مدار حرارتی ایجاد می شود که در آن جریانی مطابق‌با اختلاف ولتاژ و مقاومت داخلی جریان می یابد (شکل2.6).

برخی‌از قوانین اساسی مهم مربوط به اندازه گیری، که می توان‌آنها را بر اساس نظریه فیزیکی ارائه شده به شکل ساده‌شده در بالا درک کرد، اکنون برای ترموکوپل ها بررسی می شوند.



شکل۶.۲مدار حرارتی بسته

قانون**برهم نهی خطی**در مورد ترموکوپل ها صدق می کند. طبق‌این قانون، یک ترموکوپل را می توان به تعدادی ترموکوپل‌مجزا تقسیم کرد (شکل)۷.۲



شکل۷.۲برهم نهی EMFهای حرارتی

اگردمای نقطه اندازه گیری و نقطه مرجع مربوطه در نظر گرفته‌شود، ولتاژ کل قابل اندازه گیری ترموکوپل برابر با مجموع‌ولتاژ ترموکوپل های منفرد است. با در نظر گرفتن این‌قانون، واضح است که یک ناحیه گرم اضافی بین نقطه اندازه گیری‌و نقطه مرجع نمی تواند بر ولتاژ ترموالکتریک حاصل‌تأثیر بگذارد، زیرا ولتاژهای اولیه باتری از ناحیه نرمال به‌این ناحیه و برعکس، یکدیگر را جبران می کنند.

طبق‌قانون**دمای همگن**مجموع تمام ولتاژهای ترموالکتریک دریک مدار حرارتی با تعداد بهینه ترکیبات مواد، اگر تمام قسمت های‌مدار در دمای یکسانی باشند، برابر با صفر است.در کاربردهای عملی، این بدان معناست که نواحی گذارناهمگن، سایر مواد خط و ترکیبات مواد در نواحی دوشاخه،در صورت انجام اقدامات منطقی برای اطمینان از عدم‌وقوع گرادیان دما بین نقاط گذار، بر ولتاژ ترموالکتریک تأثیری‌ندارند.

طبق‌قانون**مدار همگن** دمای رسانای همگن بین نقطه اندازه گیری‌و نقطه مرجع هیچ تاثیری ندارد. تغییرات مکانیکی‌یا حرارتی یا نواحی غیر همگن سیم ها تا زمانی که دریک میدان دمایی همگن قرار دارند، بر ولتاژ ترموالکتریک تأثیری‌ندارند.

بسیاری**ترکیبات مواد**برای ترموکوپل ها مناسب هستند. پیش نیاز،وابستگی به اندازه کافی بزرگ، ترجیحا خَطی و به راحتی‌قابل تکرار EMF حرارتی به دما است. علاوه بر این، این‌مواد باید الزامات دیگری مانند موارد زیر را نیز برآورده کنند:

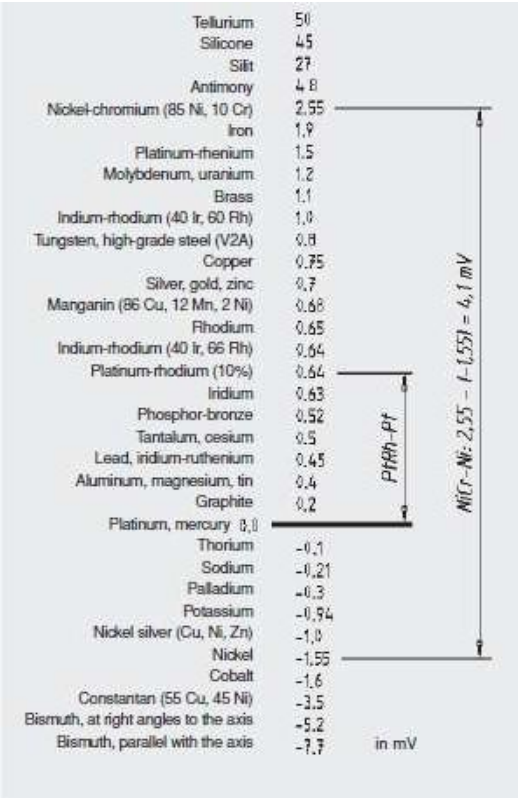
-بالاترین نقطه ذوب ممکن،
-مقاومت بالا در برابر محیط های کاهنده یا اکسیدکننده، - تشکیل آلیاژ خارجی کوچک،
-شکنندگی سرد جزئی در دماهای پایین،
-تغییر شکل پذیری و قابلیت پردازش خوب (لحیم کاری، جوشکاری).

درحال حاضر بیش از ۳۰۰ ترکیب ماده (ترموکوپل) برای اندازه گیری‌دما شناخته شده است. ولتاژهای ترموالکتریک ترکیبات‌مواد مورد استفاده در صنعت معمولا ۵ میلی ولت برکلوین تا حدود ۱۰۰ میلی ولت بر کلوین است.

موادمناسب برای اندازه گیری دما را می توان بر اساس ولتاژهای‌ترموالکتریک در یک سری ترموالکتریک، معمولاً نسبت‌به پلاتین به عنوان فلز مرجع، مرتب کرد (شکل 2.8).

محدوده‌دمایی برای ترموکوپل ها بین -420 است.درجه‌اف و ۴۳۰۰درجه‌ف (-250درجه‌سی و ۲۴۰۰درجه‌ج) بسته به نوع

رایج ترین‌ترموکوپل های صنعتی در بخش ۲.۷.۲ توضیح داده‌شده اند.



شکل۲.۸سری ترموالکتریک در نسبت‌به پلاتین در ۲۱۲درجه‌اف (100 درجه‌ج) دمای نقطه اندازه گیری و ۳۲ درجه‌اف (0)درجه‌ج) دمای نقطه مرجع

تورها(مقاومت در برابر گسترش)، قالب های نیمه هادی‌و**سنسورهای دمای یکپارچه**کاملا متّفاوت هستندو در این بخش به طور جداگانه مورد بررسی قرار می گیرند.

دماسنج های‌مقاومت میکرورسانا، برای مثال، در تجهیزات‌اندازه گیری قابل حمل استفاده می شوند. برای‌اندازه گیری در دماهای کوچک یا به عنوان حسگر دمادر آنومرها و سایکرومترها مناسب هستند. ترمیستورهابه دلیل استحکام و پاسخ سریعشان معمولا در صنایع پلاستیک و مواد غذایی استفاده می شوند.

هادی‌سردیک مقاومت میکرورسانا وابسته به دما است،مقدار مقاومت ich با رسیدن به دمای مرجع خاص،ناگهان افزایش می یابد. در نتیجه ضرایب دمایی مثبت‌بسیار بالا در محدوده s، که معمولا ممکن است بین7%/درجه‌سی دی ۷۰٪/درجه‌هادی های سرد C، همچنین‌به عنوان مقاومت های C تعیین می شوند. دمای‌گذار و حداکثر ولتاژ عملیاتی در برگه های مشخصات‌سازندگان برای یک دمای مرجع خاص (77) مشخص‌شده است.درجه‌تا ۴۰۰ Fدرجه‌اف [25]درجه‌سی تا۱۸۰درجه‌ج]).

رساناهای‌سرد از مواد سرامیکی پلی کریستالی آلاییده شده برپایه تیتانات باریم (BaTiO3) ساخته می شوند که به عنوان‌یک عایق خوب شناخته می شود. نیمه رسانایی با آلاییده‌شدن انتخابی با موادی با ظرفیت شیمیایی بالاتر از ماژول های‌شبکه ای ماده سرامیکی ایجاد می شود. علت اثررسانای سرد معمول در این واقعیت نهفته است که ساختارماده از کریستالیت های کوچک زیادی تشکیل شده است(شکل 2.9).

حسگرهای‌نیمه هادی

دماسنج های‌مقاومتی با مقاومت های اندازه گیری نیمه رساناازتغییر وابسته به دما در مقاومت الکتریکی موادنیمه رسانا، معمولا سرامیکی، برای اندازه گیری دما استفاده‌می کنند. آن ها در محدوده دمایی از -150 درجه سانتیگراداید آل هستند.درجه‌از F تا +752درجه‌اف (-100 درجه‌سی تا
+ ۴۰۰درجه‌ج).**هادی های سرد**(مقاومت های PTC، ضریب‌دمایی مثبت)،**هادی های داغ** (ترمیستورها، مقاومت هایNTC، ضریب دمایی منفی)**اندازه گیری مبتنی‌بر سیلیکون**

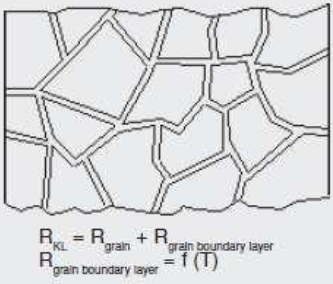
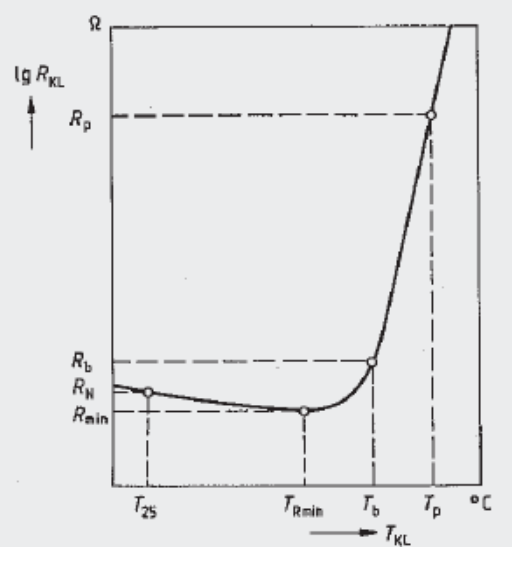


Figure 2.9 Schematic diagram of the polycrystalline structure of cold conductor ceramic material

شکل۹.۲نمودار شماتیک پلی-ساختاربلوری مواد سرامیکی رسانای سرد

مقاومت‌کل رسانای سرد از مقاومت تک تک کریستالیت هاو مقاومت لایه های مرزی دانه تشکیل شده است.دومی تا حد زیادی به دما وابسته است. شکل 2.10 یک‌نسبت مقاومت/دما معمولی را نشان می دهد.



ر = مقاومت‌متوسط هادی سرد (مقدار مقاومت‌در TN)

R_{min}	=	minimum resistance (resistance value at TR_{min})
TR_{min}	=	temperature at R_{min} (start of positive aR)
R_b	=	reference resistance (resistance value at T_b)
T_b	=	reference temperature (start of steep increase in resistance)
R_p	=	resistance in the steep range (resistance value at T_p)
T_p	=	temperature above the reference temperature T_b

شکل۱۰.۲ منحنی‌مشخصه مقاومت/دما برای‌یک هادی سرد

به‌دلیل وابستگی فرکانسی اثر PCT، داده های الکتریکی برای‌هادی سرد فقط در فرکانس های پایین اعمال می شود.

هادی های‌d عمدتا بّه صورت عناصر جدا شده با قطر بین5 تا میلی متر ساخته می شوند. به دلیل منحنی مشخصه شان،به ویژه برای دماهای حدی مفید هستند.

ماشین‌آلات و کارخانه ها.

هادی های‌تی‌اغلب به آنها مقاومت های ترمیستور یا NTC نیز گفته می شود. آنها مقاومت های نیمه هادی وابسته‌به دما هستند که مقاومت های والانس آنها با افزایش‌دما کاهش می یابد. ضرایب دمایی منفی آنها در حدود-2%/ تغییر می کند.درجه/ ٪و -5 Cدرجه‌سی.

هادی های‌تی از مواد سرامیکی مخلوط پلی کریستالی مانند$Fe3O4$، $Zn2TiO4$، $MgCr2O4$ با افزودنی های NiO، CoO و $Li2O$ تشکیل شده اند که در دماهای بالا طی‌فرآیند اختلاط تولید می شوند.

مکانیسم‌رسانایی رساناهای سرد بسیار پیچیده است. رسانایی‌بیرونی، رسانایی ذاتی یا رسانایی ظرفیتی ممکن است‌رخ دهد. رفتار الکتریکی آنها اساسا تّوسط خواص مواد ونوع حسگر انتخاب شده تعیین می شود.

نمونه هایی‌از طرح های معمول به شرح زیر است: NTC دیسکی‌شکل با قطر ۳ میلی متر و قطر ۵.۵ میلی متر، NTC میله ای‌شکل با قطر ۷ میلی متر و قطر ۶.۱ میلی متر، NTC مینیاتوری‌با قطر ۳.۰ تا ۱ میلی متر.

رساناهای‌داغ در دماهای تقریبا بین -160 درجه سانتیگراد استفاده‌می شوند.درجه‌تا ۶۰۰ Fدرجه‌ف (-110)درجه‌سی تا ۳۰۰درجه‌ج) با این حال، دما تا 1100درجه‌اف ۶۰۰(درجه‌ج) می تواندتوسط انواع خاص دما بالا اندازه گیری شود. مقادیر مقاومت‌در دمای مرجع (مقدار مقاومت متوسط) 3Ωتا ۱ مترΩبا انحرافات مقادیر حدی ۲۰٪ یا ۱۰٪ از نظر فنی امکان پذیراست. انحراف مقادیر حدی مقاومت های اسمی رساناهای‌داغ را می توان با فرآیندهای مرتب سازی و تف جوشی‌بعدی به کمتر از ۳٪ محدود کرد.

مقاومت‌رساناهای گرم تقریبا بّه صورت نمایی به دما وابسته‌است و توسط منحنی های مشخصه در برگه های اطلاعات‌تولیدکنندگان مشخص شده است.

$$R_T = R_{T_0} \cdot \exp B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right) \qquad (2\text{-}22)$$

T = temperature in K
RT = resistance at temperature (T)
RT_0 = resistance at the reference temperature
T_0 = reference temperature in K
B = constant in K dependent on the shape and material

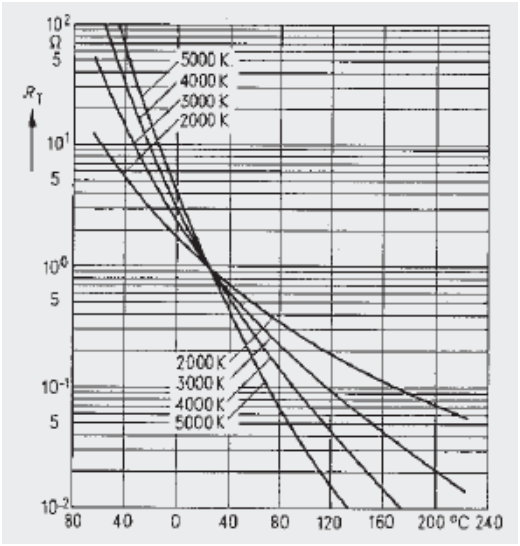
تقریبا دّر منحنی مشخصه اعمال می شود.

مقادیرR و B در طول تولید دچار نوسان می شوند. B به دما وابسته‌است. این مقدار در یک ناحیه محدود با اندازه گیری مقادیرمقاومت (R، R) مقاومت NTC در دماهای تعریف شده(T، T) تعیین می شود. سپ س B از رابطه زیر محاسبه‌می شود:

$$B = \frac{\ln \frac{R_1}{R_2}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \qquad (2\text{-}23)$$

مقادیرمشخص شده برای B در برگه های اطلاعات عموما آز مقادیرمقاومت در ۷۷ تعیین می شوند.درجه‌اف و ۱۸۵درجه اف)۲۵(درجه‌سی و ۸۵درجه‌ج) آنها بین 15 هستند

دما



شکل۲.۱۱ دمای‌مقاومت منحنی های‌مشخصه مقاومت هایNTC با پارامتر B

عبورجریان از یک هادی داغ باعث خودگرمایی می شود که منجربه خطای دمایی اضافی در سنسور می شود. علاوه بر این،نباید از حداکثر بار الکتریکی مجاز تجاوز کرد. رابطه زیر برای‌تلفات توان اعمال می شود:

$$P_V = I_M^2 \cdot R_T \qquad (2\text{-}24)$$

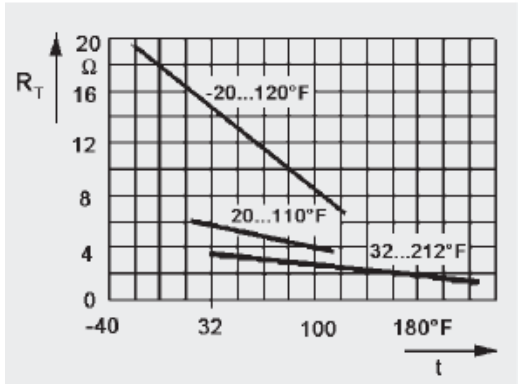
P_V = power loss of the thermistor
I_m = measuring current
R_T = resistance at temperature T.

دمای‌بیش از حدΔ:را می توان مستقیما آز این رابطه محاسبه‌کرد t

$$dT_e = \frac{I_M^2 \cdot R_T}{G_{TH}} \qquad (2\text{-}25)$$

Δt_e = excess temperature
G_{th} = thermal conductance of the hot conductor

رسانایی‌حرارتی هادی داغ در برگه اطلاعات سازنده مشخص شده‌است. کاربر باید سعی کند در حین کار هادی داغ، کمترین‌اتلاف توان ممکن را داشته باشد، زیرا حتی اتلاف توان‌کم نیز به دلیل خودگرمایی باعث ایجاد خطاهای دمایی می شود.برای امکان اتصال حسگرهای مختلف به یک دستگاه‌اندازه گیری، مقاومت های NTC با منحنی مشخصه مشخص‌شده تطبیق داده می شوند. این کار از طریق شبکه های‌مقاومتی با دمای پایدار انجام می شود که مقادیر آنهابا کمک m محاسبه می شوند.



شکل۲.۱۲ منحنی های‌مشخصه مقاومت خطی شده‌ترمیستورهای خاص

دربرخی از دماسنج های مدرن، نشانگر به یک تقویت کننده وحسگر یکپارچه با منحنی های مشخصه استاندارد مجهز شده‌است. این امر امکان انحراف مقادیر حدی 0.05٪ از مقدارمقاومت مربوطه را از ... فراهم می کند.

– ۱۱۲درجه‌تا ۵۷۰درجه‌ف (-80)درجه‌سی تا ۳۰۰درجه‌ج) برخی از تولیدکنندگان‌ترمیستورهای ترموخطی را در سری های مقادیر پایه مختلف‌از -22 ارائه می دهند.درجه‌تا ۲۱۲ Fدرجه-30(Fدرجه‌سی تا ۱۰۰درجه‌ج) [شکل].۱۲.۲

اگراین ترمیستورها از -23 کار کنند‌درجه‌تا ۱۱۳ Fدرجه‌اف (-5) درجه‌سی تا ۴۵درجه‌ج)، خطاهای تنظیم± ۲۷.۰درجه‌اف (0.15)درجه‌ج) و انحراف خطی ۱۱.۰درجه‌اف (0.06درجه‌ج) قابل‌دستیابی است. سپس یک معادله خطی ساده می تواندوابستگی مقاومت به دما را برای حسگرهایی از این نوع‌توصیف کند.

$$R = a \cdot t + b \qquad (2\text{-}26)$$

t = temperature in °F
a, b = type-related constants

مقاومت های‌اندازه گیری سیلیکونی(حسگر مقاومت پخش) ضریب دمایی مثبت دارند. از -95درجه‌تا ۳۲۰ Fدرجه ف(-70درجه‌سی و ۱۶۰درجه‌ج) مقاومت آنها مثلا آز 14 وات تا ...متغیر است.

،یکی‌از ویژگی های منحنی مشخصه مقاومت های اندازه گیری‌سیلین، غیرخطی بودن کوچک آن است .W .خطی‌کرد)w(را می توان به راحتی توسط یک مقاومت سری‌ch

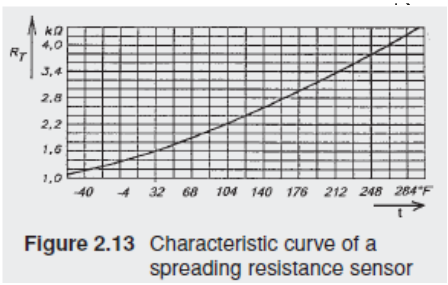


Figure 2.13 Characteristic curve of a spreading resistance sensor

شکل۲.۱۳ منحنی‌مشخصه یک حسگر مقاومت‌پخش شونده

انحرافات‌خطی کمتر از ۸.۱±درجه‌اف (1)درجه‌ج) بین -58درجه تا300 Fدرجه-50(Fدرجه‌سی تا ۱۵۰درجه‌ج) یا بهتر از۳۶.۰± درجه‌اف (0.2درجه‌ج) در محدوده محدود از 32درجه‌تا ۲۱۲ F درجه‌اف (0)درجه‌سی تا ۱۰۰درجه‌ج) قابل دستیابی است. مقاومت های‌اندازه گیری Si با انحراف مقدار حدی ۱٪ در دسترس‌هستند. آنها به طور خاص با پایداری طولانی مدت بالاو ضرایب دمایی نسبتا بالا مشخص می شوند.

دیودهای‌نیمه هادی و حسگرهای دمای یکپارچهگروهی ازحسگرهای نیمه هادی هستند که نباید از نظر دور بمانند.

اگریک دیود نیمه هادی مناسب (اتصال pn)، به عنوان مثال،در جهت مستقیم کار کند و جریان ثابتی به آن اعمال شود،ولتاژ رسانایی تابعی از دما خواهد بود. در یک محدوده دمایی‌محدود (-58درجه‌تا 300 Fدرجه‌ف [-50]درجه‌سی تا + ۱۵۰درجه‌ج]) این رابطه عملا خَطی است. موارد زیر در موردسیلیکون به عنوان ماده اولیه صدق می کند:

$$U_D(T) = C \cdot T \qquad (2\text{-}27)$$

U_D = conducting voltage
C = constant with approx. -2 mV/K
T = temperature in K

دیودهای‌ژرمانیوم، سیلیکون و مهم تر از همه، دیودهای گالیم-آرسنیددر محدوده دمای پایین از ۱ کلوین تا ۴۰۰ کلوین استفاده می شوند.
وقتی‌خطی بودن بالا مورد نیاز است، استفاده از ترانزیستورهاهنوز عملی تر است زیرا خطی سازی در این حالت‌با تنظیم خارجی پاسخ دمایی لایه مانع خارجی امکان پذیراست. ±۱٪

در**سنسورهای دمای یکپارچه**برای مثال، منبع جریان ثابت‌مورد نیاز نیز روی تراشه تعبیه شده است. سایر حسگرهای‌دمای یکپارچه، سیگنال اندازه گیری با فرکانس مشابه‌را در خروجی خود ارائه می دهند.

دماسنج های‌تابشی (پیرومترها)

پیرومترهابرای اندازه گیری غیرمستقیم (غیرتماسی) دما استفاده‌می شوند. شرح مختصری به اصول اولیه و مهم ترین‌انواع اساسی پیرومتر محدود می شود. اطلاعات بیشتردر مورد این موضوع را می توان مستقیما آز تولیدکنندگان‌آنها دریافت کرد.

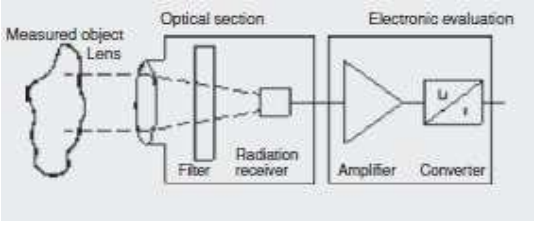
پیرومترهادر دماهای اندازه گیری استاندارد از -150 استفاده می شوند.درجه‌تا ۶۳۰۰ Fدرجه‌اف (-100درجه‌سی تا ۳۵۰۰درجه ج) و تا 9000درجه‌اف)۵۰۰۰(درجه‌ج) در موارد خاص

درصورت وجود شرایط زیر می توان از پیرومتر استفاده کرد:
-دمای سطح باید تعیین شود،
-واسطه ای که قرار است اندازه گیری شود، از نظر بصری قابل دسترسی باشد.

(پنجره، بازشوها، فیبر نوری).
درموارد زیر یا استفاده از پیرومترها بهتر از دماسنج های تماسی‌است، یا (در برخی موارد) فقط استفاده از پیرومترها امکان پذیراست:
-در دماهای بالا (> 2500درجه‌اف / ۱۴۰۰درجه‌ج)، -با اشیاء متحرک،
-با اشیاء کوچک (سیم، رشته، ....)،
-با اجسامی با ظرفیت گرمایی کم یا رسانایی گرمایی کم (کف،حباب صابون، لیوان و...)
-با تغییرات سریع دما در محدوده میلی یا میکروثانیه،

-با ثبت همزمان توزیع های دمایی متغیر یا میدان های دمایی.

اصل‌اساسی: تابش حرارتی (محدوده مادون قرمز تا مرئی) یکجسم اندازه گیری شده به صورت نوری فیلتر شده و بر روی‌یک گیرنده تابش متمرکز می شود. واکنش الکتریکی آن شامل‌تغییر در مقاومت، ولتاژ یا جریان گیرنده تابش است که‌به طور مستقیم یا غیرمستقیم از طریق افزایش دما، بسته‌به اصل مورد استفاده، القا می شود. تغییر الکتریکی تقویت،اندازه گیری و بیشتر پردازش می شود.



شکل۱۴.۲ساختار اولیه یک آتش زنه متر

انواع‌اساسی پیرومتر

آذرسنج‌تابش کل
اندازه گیری‌و جمع بندی طیف کامل تابش حرارتی (طول موج هااز 0.5میکرومتر تا ۴۰میکرومتر).**گیرنده های تابش حرارتی(بولومتر، ترموکوپل، آشکارسازهای پیروالکتریک)**، که حساسیت یکنواختی در کل طیف دارند، به عنوان گیرنده های‌تابش استفاده می شوند. آذرسنج های تابش کل،سیگنال خروجی را ارائه می دهند که تقریبا با قانون تابش‌استفان-بولتزمن مطابقت دارد.

آذرسنج‌طیفی
فقطیک محدوده طیفی باریک را می توان با استفاده از فیلترهای‌نوری و گیرنده های انتخابی اندازه گیری کرد. بنابراین‌علاوه بر گیرنده های تابش‌فوتوالکتریک(مثلاًفتوسل ها، تکثیرکننده های نوری،مقاومت های نوری، دیودهای نوری، آشکارسازهای‌نوری) که حساسیت طیفی انتخابی دارند، نیزمی توانند مورد استفاده قرار گیرند. اگر جسم اندازه گیری شده‌یک "کلاسیک" باشدرادیاتور مشکی یا خاکستری، سیگنال‌خروجی تقریبا بّا قانون تابش استفان-بولتزمن مطابقت‌دارد.

پیرومترنسبت
نوعی‌از آذرسنج طیفی. چگالی تابش جسم اندازه گیری شده برای‌دو طول موج متفاوت و نزدیک به هم λ و λ تعیین می شود.دمای جسم اندازه گیری شده را می توان از طریق ۱ قانون‌وین از نسبت دو چگالی طیفی تعیین کرد.

آذرسنج‌باندگذر
یک‌محدوده طیفی وسیع به صورت نوری انتخاب و اندازه گیری‌می شود. بسته به نوع ساختار و پهنای باند، آذرسنج‌میان گذر را می توان به عنوان یک آذرسنج طیفی با ...در نظر گرفت.طول موج مؤثرλبا اختلاف دمای کم.

ای

آذرسنج‌رشته ناپدید شونده
آذرسنج‌رشته ناپدید شونده نوع خاصی از آذرسنج میانگذر است.رنگ سطح یک جسم داغ (> 1200)درجه‌اف / ۶۵۰درجه ج) به صورت بصری با رنگ درخشان یک رشته تنگستن توسط‌چشم انسان مقایسه می شود. دمای اندازه گیری شده‌اشیاء با تطبیق جریان گرمایش با رنگ نوری رشته تعیین‌می شود.

تجهیزات‌ترموگرافی تجهیزات ترموگرافی توزیع دما را در سطح‌جسم مورد اندازه گیری (توزیع xy) اندازه گیری می کنند.این تجهیزات شامل یک آذرسنج (آشکارساز) با سرعت‌بالا و با تمرکز نوری است که جسم مورد اندازه گیری رابه صورت نوری-مکانیکی نقطه به نقطه اسکن می کند (دماسنج‌تابشی روبشی) یا یک خط کامل از آذرسنج های مینیاتوری(اسکنر خطی) که سطح جسم مورد اندازه گیری راخط به خط اسکن می کنند.خنک شده با پلتیر آشکارسازهامعمولا بّه عنوان گیرنده های تابشی استفاده می شوند.

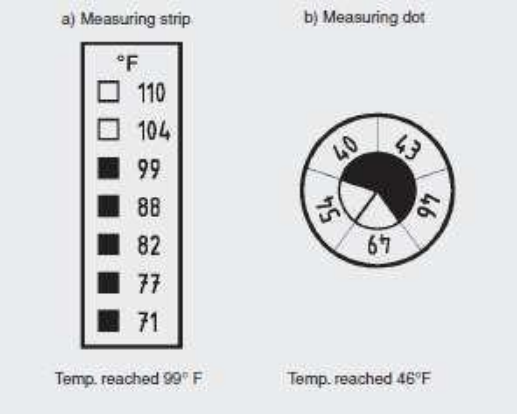
۳.۴.۲.۲تکنیک های اندازه گیری دمای اضافی

روش های‌اندازه گیری نوری

دماسنج های‌تابشی همچنین می توانند برای تکنیک های اندازه گیری‌نوری استفاده شوند. با استفاده از تکنیک های اندازه گیری‌نوری، شدت یا طول موج تابش الکترومغناطیسی‌ساطع شده توسط یک جسم بر اساس دمای‌آن اندازه گیری می شود (بخش 2.2.4.2). در مقابل، تکنیک های‌اندازه گیری دما که در این بخش مورد توجه هستند،از یک "جسم فعال نوری" به عنوان حسگر استفاده می کنند.اساساً، می توان بین دو گروه تمایز قائل شد. یک گروه‌شامل روش های اندازه گیری است که از خواص بازتاب‌یا جذب نور وابسته به دما در مواد برای نشان دادن دمااستفاده می کنند (رنگ های حساس به گرما، کریستال های‌مایع). گروه دوم شامل تکنیک های اندازه گیری‌است که از حسگرهای نوری واقعی به عنوان بخشی‌از یک زنجیره اندازه گیری (که گاهی اوقات با حسگرهای‌الکتریکی ترکیب می شوند) برای اندازه گیری دما استفاده‌می کنند.

رنگ های‌حساس به حرارتاز اثرات فیزیکی موادی استفاده‌می کنند که خواص نوری آنها را به عنوان تابعی از دماتغییر می دهند. آنها به شکل رنگ، مایع یا گچ روی سطح موردراندازه گیری اعمال می شوند. رنگ این نشانگرهای دما بارسیدن به یک دمای بحرانی خاص، ناگهان تغییر می کند. بسته‌به مخلوط ماده انتخاب شده، چندین نقطه دمای بحرانی(تا 4) را می توان برای نشان دادن توزیع دما روی سطوح‌اندازه گیری کرد. بین رنگ های برگشت پذیر، که رنگ آنهاپس از کاهش دما به زیر نقطه بحرانی به رنگ اصلی خود برمی گردد،و رنگ های برگشت ناپذیر تمایز قائل می شوند.رنگ های حساس به حرارت در درجه بندی 50 تولیدمی شوند.درجه‌تا ۲۰۰ Fدرجه‌اف (10)درجه‌سی تا ۱۰۰درجه ج) برای دماهای بین ۱۰۰درجه‌تا ۲۵۰۰ Fدرجه‌اف (40)درجه‌سی تا۱۳۵۰درجه‌ج) عدم قطعیت اندازه گیری ۵٪ است، زیرا نقطه بحرانی‌به زمان قرار گرفتن در معرض و نرخ افزایش دما بستگی‌دارد.

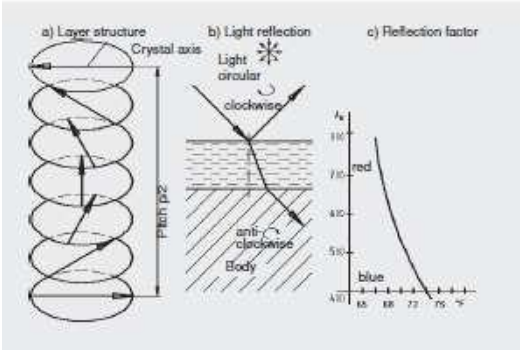
رنگ های‌حساس به حرارت همچنین به شکل نوارهای چسب داربا نقاط یا خطوط ارائه می شوند. اغلب چندین رنگ‌حساس به حرارت روی یک نوار قرار می گیرند. دماهای مربوطه‌در کنار آنها چاپ می شوند (شکل 2.15).



شکل۱۵.۲نمونه هایی از مواد حساس به گرما رنگ هاروی یک نوار

کریستال های‌مایعهمچنین می توان از آن برای نشان دادن‌دمای سطح و نمایش بصری میدان های دما استفاده کرد.از مواد مایع خاصی (مثلا کلسترول) استفاده می شود که‌به عنوان لایه های نازک مانند کریستال ها دارای خواص ناهمسانگردهستند. محورهای مولکول لایه های روی هم قرارگرفته این مایعات، هر کدام با زاویه کوچکی نسبت به یکدیگرچرخیده اند، به طوری که یک ساختار مارپیچی حاصل می شود.این لایه ها با قرار گرفتن در معرض نور قطبیده، دوشکستی‌هستند. این بدان معناست که با توجه به جهت چرخش‌مارپیچ، نور به یک بخش بازتابی با قطبش ساعتگرد ویک بخش عبوری با قطبش پادساعتگرد تجزیه می شود. طول‌موج نور بازتابیده λ متناسب با گام P است که به نوبه خودبه دما وابسته است (شکل 2.16).

ر
گذشت صفحه ۲



شکل۱۶.۲ اصول‌کار کریستال مایع به عنوان حسگردما

دراندازه گیری ها روی سطوح با نور سفید، طول موج های‌مختلف، که می توانند توسط ناظر به صورت رنگ های‌اندازه گیری مختلف دیده شوند، متناسب با توزیع‌دما روی سطح منعکس می شوند.

حساسیت‌دمایی نشانگرهای دمای LCD را می توان با تغییر انتخاب‌مخلوط مواد تنظیم کرد. با محدوده دمایی از 32درجه تا۱۷۶ Fدرجه‌اف (0)درجه‌سی تا ۸۰درجه‌ج) فواصل دمایی ۸.۱ درجه‌اف تا ۱۸درجه‌اف (1)درجه‌سی تا ۱۰درجه‌ج) تغییر رنگ درکل محدوده طیف مرئی امکان پذیر است.

دماسنج های‌فیبر نوریمتعلق به گروه دوم روش های اندازه گیری‌نوری ذکر شده در بالا هستند. با شروع از یک منبع‌نور همدوس (لیزر)، نور از دو فیبر شیشه ای، یک فیبر اندازه گیری‌و یک فیبر مرجع عبور می کند. در یک گیرنده، نور حاصل‌از دو فیبر به تداخل رسیده و ارزیابی می شود. این روش‌اندازه گیری دما برای کاربردهای عملی چندان مفید نیست.به اصطلاح**دماسنج های لومینسانس**از یک عنصر حسگرمجهز به ماده لومینسانس در انتهای یک فیبر شیشه ای‌استفاده کنید. دو تکنیک ممکن برای اندازه گیری دمااستفاده می شود.

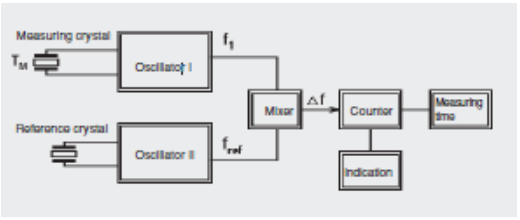
الف) اندازه گیری جابجایی طول موج وابسته به دما در نور لومینسانس.ب) اندازه گیری ثابت زمانی وابسته به دما، که باآن نور لومینسانس پس از تحریک پالسی واپاشی می کند.

موادمختلفی به عنوان مواد حسگر مانند سولفید روی یا ترجیحا کریستال های گالیوم آرسنید آلاییده شده با آلومینیومیا کریستال های لیزر YAG استفاده می شوند. دما تا750درجه‌اف ۴۰۰(درجه‌ج) با این روش قابل اندازه گیری هستند.استقلال این روش های اندازه گیری نوری از میدان های‌الکترومغناطیسی باید مورد تأکید قرار گیرد. آن هابرای استفاده در مناطقی با خطر انفجار و در فرآیندهایی‌با پتانسیل الکتریکی بالا مناسب هستند.

سنسورهای‌دمای نوسانگر کریستالی

کاملا مَشخص است که نوسان سازهای کریستالی به عنوان مرجع‌در مولدهای پالس برای رایانه ها، ساعت های کوارتز و سایرفناوری های دیجیتال استفاده می شوند.
ثبات‌و وابستگی دمایی کوچک فرکانس رزونانس کریستال هااز این نظر مهم است. با این حال، این ویژگی فقطبرای یک جهت برش خاص کریستال نسبت به محورهای‌نوری آن اعمال می شود. از آنجایی که خواص الاستیککریستال کوارتز و حساسیت دمایی آن به جهت کریستال‌وابسته است، می توان زوایای برشی را پیدا کرد که درآنها ضرایب دمایی به اندازه کافی بالا از فرکانس رزونانس کوارتزکه برای اندازه گیری دما مناسب است، حاصل شود.

برای‌مثال، یک حسگر کوارتز که در یک زاویه خاص برش خورده‌است، وابستگی دمایی تقریبا خَطی معادل 35 /K ppm بین -110 دارد.درجه‌اف و ۵۰۰درجه‌اف (- ۸۰درجه‌سی تا۲۵۰درجه‌ج).
دماسنج های‌کوارتز بیش از 30 سال است که در آزمایشگاه هامورد استفاده قرار می گیرند. اصول اولیه چنین‌دماسنج هایی در شکل 2.17 نشان داده شده است.



شکل۲.۱۷ اصول‌کار دماسنج کوارتز

فرکانس‌یک نوسانگر که توسط یک کریستال اندازه گیری اندازه گیری‌می شود با فرکانس مرجع یک نوسانگر که به دما وابسته‌نیست ترکیب می شود. فرکانس تفاضلی تولید شده درخروجی متناسب با دمای اندازه گیری شده است و می تواندبا یک شمارنده اندازه گیری و در طول یک دوره اندازه گیری‌تعریف شده نشان داده شود. محدوده اندازه گیری‌دماسنج های دیجیتال کوارتز معمولی بین -110 است.درجه‌اف و ۶۰۰درجه‌اف (- ۸۰درجه‌سی و ۳۰۰درجه‌ج) در محدوده‌دمایی محدود از -15درجه‌تا ۲۳۰ Fدرجه‌ف (-10)درجه سی‌تا ۱۱۰درجه‌ج) اگر این دماسنج ها به طور مناسب کالیبره شوند،می توان به عدم قطعیت های اندازه گیری در محدوده mK دست یافت.

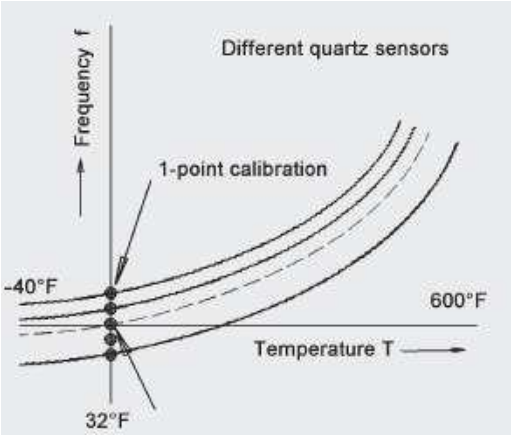
درسال ۱۹۸۶ نوع جدیدی از دماسنج نوسانگر کریستالی معرفی‌شد که در آن نوسانگر کریستالی حساس به دما در یک‌عنصر اندازه گیری استاندارد قرار دارد. نوسانگر به یک پردازنده‌الکترونیکی ویژه در سر اتصال مجهز شده است. نوسانگرکریستالی مورد استفاده دارای زاویه برشی است که ضریب‌دمایی آن تقریبا ۱۰۰ ppm/K از فرکانس رزونانس است.قابل توجه است که ضریب دمایی این برش Y شکل فقطکمی به تلرانس زاویه برش در تولید بستگی دارد. چنین حسگرهای‌دمای نوسانگر کریستالی را می توان در کارخانه هاموجود برای کریستال های AT "معمولی" که به صورت‌میلیونی تولید می شوند، تولید کرد.

مشخصه‌فرکانس/دما این نوسان ساز کریستالی خطی نیست،اما به خوبی قابل تکرار است. می توان آن را تقریبا با یک‌چندجمله ای از 5 توصیف کرد.هفتمرتبه (معادله).۲۸-۲

$$f(T) = F_0 \cdot \left[1 + \sum_{i=1}^{i=5} a_i \cdot (T - T_0)^i\right] \qquad (2\text{-}28)$$

T_0 = reference temperature
F_0 = frequency at the reference temperature T_0
a_i = temperature coefficient dependent on the crystal

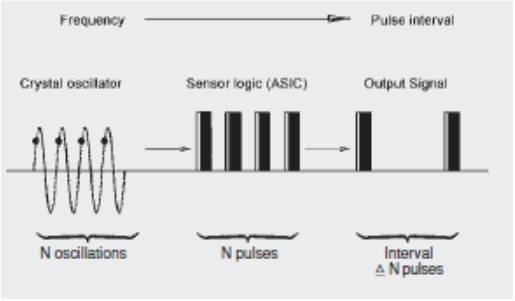
انحرافات‌تولید در فرکانس رزونانس در دمای مرجع به راحتی‌توسط کالیبراسیون تک نقطه ای دیجیتال در قطعات الکترونیکی‌حسگر جبران می شود (شکل 2.18).



شکل۱۸.۲ کالیبراسیون‌تک نقطه ای سنسورهای‌کوارتز

این‌دماسنج ها پس از پیرسازی مصنوعی، به پایداری بلندمدت۱ تا ۳ ppm در سال بین ۱۱۰- درجه سانتیگراد دست‌می یابند.درجه‌اف و ۶۰۰درجه‌ف (-80)درجه‌سی و ۳۰۰ درجه‌ج) سنسورهای کوارتز را نمی توان بالای 1060 استفاده‌کرددرجه‌ف)۵۷۳(درجه‌ج) زیرا کریستال در دماهای بالاترخاصیت پیزوالکتریک خود را از دست می دهد. درمحدوده دما از -4درجه‌تا ۲۶۵درجه20-(Fدرجه‌سی تا ۱۳۰ درجه‌ج) دقت سیستم (حسگر، خط انتقال و سیستم ارزیابی) ۱۸.۰±درجه‌اف (0.1درجه‌ج) و در محدوده دمایی کامل، حداکثرخطای اندازه گیری۵۴.۰±درجه‌اف (0.3درجه‌ج) مشخص‌شده اند.

سنسورهای‌کوارتز کوچک با قطر 0.18 اینچ (4.5 میلی متر) وکوچکتر، امکان مونتاژ در المان های اندازه گیری مرسوم را فراهم‌می کنند.
قطعات‌الکترونیکی حسگر، فرکانس نوسان ساز را دیجیتالی کرده‌و یک سیگنال مدوله شده با فاصله پالس در خروجی ارائه‌می دهند، یعنی اطلاعات دمای اندازه گیری شده اکنون‌در فاصله بین دو پالس قرار دارد (شکل).۱۹.۲



شکل۱۹.۲مدولاسیون فاصله پالس

این‌سیگنال های خروجی را می توان با نسبت سیگنال به نویزبالا در فواصل طولانی منتقل کرد و عملا "«بدون» از دست‌دادن دقت، در یک ارزیاب بیشتر پردازش کرد.

دماسنج های‌کوارتز با سیگنال های خروجی مدوله شده با فاصله‌پالس، قابلیت اتصال به گذرگاه (باس) را دارند.

روش های‌اندازه گیری آکوستیک

روش های‌اندازه گیری دمای آکوستیک از وابستگی سرعت‌صوت به دما در مواد مختلف برای اندازه گیری دمااستفاده می کنند. بین ... تمایز قائل می شوند. **روش های‌اندازه گیری رزونانس‌وروش های غیر رزونانسی**که در آن، برای مثال، اندازه گیری های زمان انتشارصدا دیده می شود.

سیگنال‌خروجی یک فرکانس یا بازه زمانی است که به راحتی‌می توان آن را دیجیتالی کرد. حسگرهای اندازه گیری **حسگرهای‌حالت جامد غیر رزونانسی**از یک سیم رنیوم به‌طول 2 اینچ (50 میلی متر) با قطر 0.02 اینچ (0.5 میلی متر) تشکیل شده اند. این سنسورها بر اساس اصل پالس‌اکو کار می کنند. آنها به ویژه برای اندازه گیری دماهای‌بسیار بالا تا حدود 5500 استفاده می شوند.درجه اف)۳۰۰۰(درجه‌ج) عدم قطعیت اندازه گیری حدود ۱٪ را می توان‌با آنها انتظار داشت.

دماسنج های‌گازی آکوستیک از سرعت صوت وابسته به دمادر گازها برای اندازه گیری دما استفاده می کنند. هر گازی‌می تواند به عنوان ماده حسگر استفاده شود. سرعت‌صوت در گازها را می توان به طور کلی به عنوان تابعی‌از دما با رابطه زیر توصیف کرد:

$$c(T) = c_0 \cdot \sqrt{\frac{T}{T_0}} \qquad (2\text{-}29)$$

T = absolute temperature in K

T_0 = optional reference temperature

c_0 = sound velocity at reference temperature (T_0)

روش های‌اندازه گیری دما به روش صوتی عمدتا غَیر تماسی هستند.میانگین دمای اندازه گیری شده در طول فاصله اندازه گیری،که طول آن باید مشخص باشد، به عنوان نتیجه اندازه گیری‌ارائه می شود.

حسگرهای‌غوطه وری دستی، که در آنها یک گاز اندازه گیری دریک لوله نازک قرار دارد، پیشرفت های بیشتری در اصل دماسنج‌گازی هستند. این دماسنج ها بر اساس روش اصلاح شده‌پالس اکو کار می کنند. گازهای مختلفی از جمله هوامی توانند به عنوان گاز اندازه گیری استفاده شوند. لوله غوطه وری‌از سرامیک، شیشه، فلز یا مواد دیگر ساخته شده است.دماهایی تا حد بار جنس لوله انتخاب شده را می توان بااین دماسنج ها اندازه گیری کرد. وضوح دمای مشخص شده‌کمتر از 0.1 کلوین است و عدم قطعیت اندازه گیری کمتراز 1 کلوین است.

شاخص های‌دما

The**مخروط سگر**یک شاخص دمایی شناخته شده است. این‌شاخص عمدتا در صنعت سرامیک استفاده می شود. مخروط هایSeger با درجه بندی ۲۰درجه‌تا ۱۲۰ Fدرجه‌اف (10)درجه‌سی تا ۵۰درجه‌ج) برای محدوده دمایی بین 1100 دردسترس هستنددرجه‌اف و ۳۶۰۰درجه‌اف ۶۰۰(درجه‌سی و ۲۰۰۰درجه‌ج).
مخروط هابا ارتفاع 0.1 اینچ تا 0.25 اینچ (2.5 سانتی متر تا 6سانتی متر) از بلوک های سرامیکی با ترکیبات مختلف ساخته‌شده اند. هنگام گرم شدن، نرم شده و خم می شوند. " نقطه‌افت Seger" که روی مخروط ها مشخص شده است، مربوطبه دمایی است که در آن نوک مخروط با سطح تکیه گاه‌تماس پیدا می کند. این دما به زمان گرم شدن بستگی‌دارد.

مخروط های‌سگِر به دلیل ترکیباتشان مانند لعاب ها و بلوک های‌سرامیکی رفتار می کنند. می توان از آنها برای ارائه‌اطلاعاتی در مورد آنچه که «دمای پخت نهایی» نامیده می شود،استفاده کرد.

به‌اصطلاح**اجسام مشخصه دما**که با ذوب شدن یا نرم شدن،دمای خاصی را نشان می دهند، در صنعت سرامیک نیزمورد استفاده قرار می گیرند. شکل هندسی آنها در نتیجه گرانش‌یا کشش های سطحی که در دمای مربوطه رخ می دهد،به طور قابل توجهی تغییر می کند. ترکیبات آلی با نقطه‌ذوب دقیق برای دماهای پایین تر استفاده می شوند. فلزات‌و آلیاژهای فلزی در محدوده های دمایی بالاتر استفاده می شوند.این اجسام عموما آستوانه ای در محدوده های دمایی‌از 212 تا 212 ارائه می شوند.درجه‌تا ۲۹۰۰ Fدرجه‌اف (100)درجه‌سی تا ۱۶۰۰درجه‌ج) با نقاط ذوب در فواصل 35 درجه‌اف (20)درجه‌ج). آنها اغلب نقطه ذوب دقیقاً تعریف شده ای‌ندارند، به طوری که فقط در یک بازه دمایی خاص‌ذوب می شوند. علاوه بر این، این فرآیند وابسته به زمان‌است. با این حال، این اجسام در دماهای نامی مشخص شده،حداکثر ظرف 10 دقیقه ذوب می شوند. عدم قطعیت هابه صورت زیر مشخص می شوند۴.±درجه‌اف (7) درجه‌ج).

دماسنج های‌نویز حرارتی

دماسنج های‌نویز حرارتیدماسنج ها ابزارهای اندازه گیری دمابا دقت بسیار بالا هستند که برای اندازه گیری دماهای ترمودینامیکی‌مفیدند. عدم قطعیت اندازه گیری ۰.۰۱٪ را می توان‌برای دماهای بین ۳۰۰ کلوین تا ۱۲۰۰ کلوین انتظار داشت.اصل دماسنج بر اساس وابستگی سرعت متوسط الکترون هادر یک مقاومت غیرباردار به دما (حرکت براونی) است.

نایکوئ‌پست‌قضیه ای را که به نام خودش برای این روش اندازه گیری‌دما نامگذاری شده است، از ملاحظات کلی ترمودینامیکی‌استخراج کرد.

$$\overline{u^2} = 4 \cdot k \cdot T \cdot R \cdot \Delta f \qquad (2\text{-}30)$$

$\overline{u^2}$ – mean noise voltage square in the frequency band between f + Df

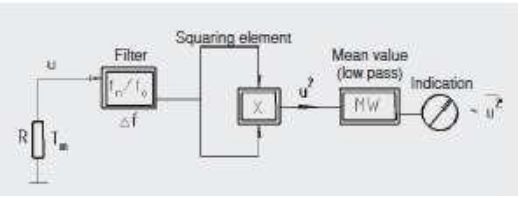
R – electrical resistance independent of the frequency in this frequency band

T – thermodynamic temperature

k – Bolzmann constant, $k = 1.38066\ 10^{-23}$ J s

مقادیرمقاومت R و محدوده فرکانسی که اندازه گیری ها در آن‌انجام می شود، پارامترها هستند.

مدارپایه دماسنج نویز حرارتی که در شکل 2.20 نشان داده شده‌است را می توان از معادله مشخص شده (2-30) استخراج‌کرد.



شکل۲۰.۲ مدارپایه دماسنج نویز حرارتی

دراندازه گیری های عملی مشکلاتی رخ می دهد زیرا نویز حرارتی‌ماژول های تقویت کننده، سیم های تغذیه و سایر اجزاباید حذف شوند. با این حال، این اثرات تداخلی را می توان‌با استفاده از روش های مربع سازی که مقادیر میانگین‌را از فناوری اندازه گیری همبستگی و روش های مقایسه‌خاص تشکیل می دهند، حذف کرد.

دماسنج‌نویز حرارتی برای استفاده در مواردی که دماسنج های‌الکتریکی معمولی خواص خود را تغییر می دهندو نمی توان آنها را به راحتی برای کالیبراسیون مجددحذف کرد، مناسب است. دماسنج های نویز حرارتی تحت‌تأثیر تشعشعات هسته ای قرار نمی گیرند و بنابراین درفناوری راکتور هسته ای، اغلب در ترکیب با دماسنج های مقاومتی‌و ترموکوپل ها، استفاده می شوند.

سنسورهای‌دمای خازنی

ثابت‌دی الکتریک اکثر مواد عایق وابسته به دما است. اگر خازن هااز مواد عایقی ساخته شوند که ثابت دی الکتریک آنهاتا حد زیادی به اثر دما وابسته باشد، می توان از آنها برای‌اندازه گیری دما استفاده کرد. مواد مناسب، به عنوان مثال،تری گلیسین سولفات و باریم استرانسیم تیتانات هستندکه در دمای بالاتر از نقطه کوری خود کار می کنند. وابستگی‌دمایی چنین مواد الکتریکی با قانون کوری-وایس مطابقت‌دارد. موارد زیر در مورد ظرفیت خازن صدق می کند:

$$C = \frac{K_e}{(T - T_Q)} \qquad (2\text{-}31)$$

C = capacitance
K_e = material-dependent constant
T = temperature
T_c = Curie temperature

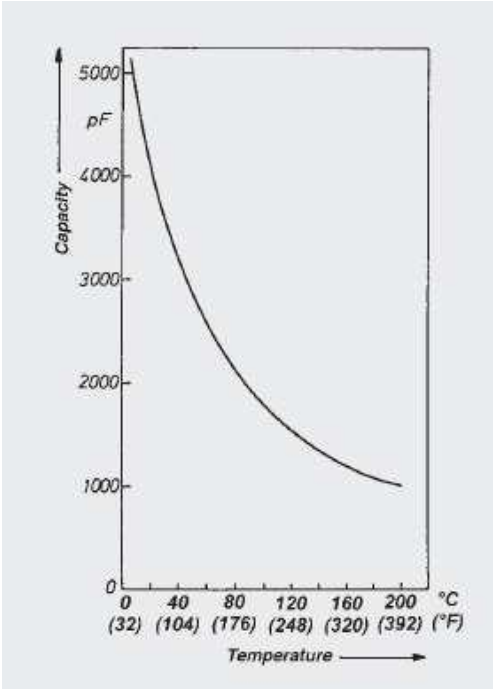
موادفروالکتریک در منحنی های مشخصه دمایی خود عاری ازهیسترزیس هستند و بنابراین برای اندازه گیری دما نسبت به‌مواد پلیمری مناسب ترند. منحنی مشخصه دمایی یک خازن‌سرامیکی به عنوان مثال در شکل 2.21 نشان داده شده‌است.

اگریک خازن وابسته به دما به عنوان جزء تعیین کننده فرکانس‌در یک مدار نوسانی گنجانده شود، فرکانس خروجی آن)f(T می تواند به عنوان سیگنال وابسته به دما استفاده شود.

$$f(T) = K_r \cdot \sqrt{(T - T_C)} \qquad (2\text{-}32)$$

K_r = constant

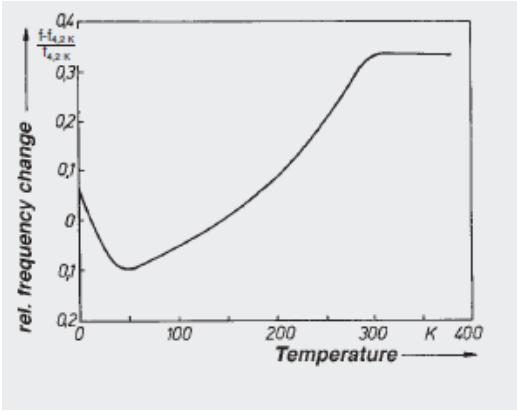
خازن هابرای اندازه گیری دما روی قطعات متحرک ترجیح داده‌می شوند، زیرا تجهیزات اندازه گیری را می توان بدون تماس‌با مدار نوسان ساز توسط فرستنده ها در این مورد کوپل‌کرد.



شکل۲.۲۱ مشخصه‌دمایی یک خازن سرامیکی بادی الکتریک باریم استرانسیوم تیتانات

سنسورهای‌دمای القایی

ازاندوکتانس های حساس به دما نیز می توان برای اندازه گیری‌دما استفاده کرد. به عنوان مثال، آنها به صورت کویل های‌حلقوی پیچیده می شوند. هسته های کویل از آلیاژهای‌ویکالوی ساخته شده اند که در فاز مایع فرآیند تولید خنک‌می شوند و سپس با کاهش دما، افزایش تقریبا خَطی درگشتاور مغناطیسی نشان می دهند. چنین کویل های وابسته‌به دما را می توان در یک مدار نوسانی قرار داد، سپس‌فرکانس رزونانس را می توان برای اندازه گیری دما استفاده‌کرد (شکل 2.22).



شکل۲.۲۲ تغییرفرکانس نسبی یک مدار نوسانی‌با سیم پیچ چنبره

وسیله‌اندازه گیری دما توسط او است
خودنقطه کوری، زیرا جرم های خاص در این مورد تغییرقابل توجهی در خواص خود متحمل می شوند. با استفاده‌از این اثر، دو روش ساده
کنترل‌کننده ها را می توان دریافت کرد.

درنهایت، خلاصه ای از مهم ترین ابزارهای اندازه گیری دما، محدوده‌دمایی، محدودیت های خطا و ویژگی های خاص آنهادر جدول 2.3 ارائه شده است.

ابزاراندازه گیری	محدوده‌دما از[درجه‌ف]	به[درجه‌ف]	محدودیت های‌خطا	اندازه گیری‌از راه دور- ضبط،یادداشت ممکن‌است؟	ویژگی های‌خاص
دماسنج های‌تماسی مکانیکی					
دماسنج‌شیشه مایع: مایع دماسنجی غیرخیس کننده	-36(-72)	۱۲۰۰(۱۸۰۰)	خطای‌کالیبراسیون را ببینید محدودیت ها ASME B40.3	خیر	هیچ‌تجهیزات اضافی مورد نیاز نیست.
دماسنج‌شیشه مایع: مایع دماسنجی خیس‌شدن	-۳۳۰	۴۱۰			
دماسنج های‌عقربه ای					
دماسنج‌فنر مایع	30 -	۹۳۰	۱ تا ۲ درصد از محدوده‌نشانگر	بله	
فشاربخار دماسنج‌فنری	-60(-330)	۶۶۰(۱۳۰۰)	۱ تا ۲ درصد از طول‌مقیاس	بله	هیچ‌تجهیزات اضافی مورد نیاز نیست.
دماسنج‌انبساط میله ای	۳۳	۱۸۰۰	۱ تا ۲ درصد از محدوده‌نشانگر	خیر	
دماسنج‌دو فلزی	60 -	۷۵۰	۱ تا ۳ درصد از محدوده‌نشانگر	ضبط ممکن‌است	
دماسنج‌تماسی الکتریکی					
ترموکوپل‌ها			۰.۷۵٪از مقدار مورد نیاز مقاردما، حداقل	بله	همه‌کاره، پردازش‌سیگنال فقطبا موارد اضافی تجهیزات
نوع K, N L, J NiCr-Ni	-۳۳۰ ۷۵۰ (1100)				
نوع U, T Fe-CuNi Cu-CuN	-۳۳۰ ۱۳۰۰ (۱۶۵۰) -0 ۱۸۰۰ (۲۴۰۰)				
نوع R, S PtRH-PtRh B	0 ۳۴۰۰ (۲۹۰۰)		۰.۵٪از مقدار مورد نیاز مقاردما، حداقل	بله	
نوع $PtRh_{۲۰}$-PT $Pt_{۸}$	0 ۳۷۰۰ (۳۳۰۰)				
دماسنج های‌مقاومتی با مقاومت های اندازه گیری فلزی					
دماسنج‌مقاومتی Pt	-330(-480)	۱۵۵۰(۱۸۰۰)	۰.۵۴درجه‌اف تا ۶.۸درجه بسته‌به دما F	بله	
دماسنج‌مقاومتی نیکل	۷۵ -	۴۸۰	۰.۷درجه‌تا ۸.۳ Fدرجه‌بسته به‌دما F	بله	
دماسنج‌مقاومتی با مقاومت های اندازه گیری نیمه هادی					
دماسنج‌مقاومت رسانای داغ، ترمیستورها	-40(-150) ۷۵ - ۱۵۰-	۳۵۰(۷۵۰) ۴۰۰ ۷۵۰	بسته‌به دما ۰.۳تا ۲درجه‌ف ۱.۰تا ۵.۴درجه‌ف	بله	
دماسنج‌مقاومت رسانای سرد	۴۰	۴۰۰	۵.۳تا ۱۸درجه‌ف	بله	به‌عنوان سوی‌بع مقدار محدود ازاستفاده کنید
مقاومت های‌اندازه گیری سیلیکونی	95 -	~~۳۵۰~~	۰.۴تا ۸.۱درجه‌ف	بله	از ۸۰درجه‌تا ۳۵۰ Fدرجه‌ف
دیودنیمه هادی/ سنسوردمای یکپارچه	95 -	۳۲۰	بسته‌به دما ۰.۸تا ۵.۵درجه‌ف	بله	
کریودیودها	۴۶۰-	۲۷۰	تا0.018درجه‌ف	بله	
دماسنج های‌تابشی	۱۵۰-	۶۳۰۰(۹۰۰۰)	۰.۵تا ۵٪ ازدما، اماحداقل ۱.۰تا ۵.۳درجه‌در محدوده-150 تا 750 F درجه‌ف	بله	غیرتماسی، تنظیم‌واکنش کم زمان:0.1 میلی ثانیه تا 10 ثانیه
آذرسنج‌طیفی	۷۰	۶۳۰۰(۹۰۰۰)			
آذرسنج‌باندگذر	۱۵۰-	۳۶۰۰			
آذرسنج‌تابش کل	۱۵۰-	۳۶۰۰			
پیرومترنسبت	۳۰۰	۵۴۰۰			
تجهیزات‌ترموگرافی	60 -	۳۷۰۰			اندازه گیری‌توزیع دما، اختلاف دما را می توان‌تا 0.2 درجه سانتیگراد اندازه گیری‌کرددرجه‌ف
مخروطسگر	۱۱۰۰	۳۶۰۰			نشان‌می دهد که آیا به دمای خاص‌رسیده اید یا از آن فراتر رفته اید
اجسام‌مشخصه دما	۳۱۳	۳۹۰۰	تقریبا ۱۳درجه‌ف		
دماسنج‌کوارتز	۱۱۰-	۴۸۰	وضوح۱۸۰.(0.018)درجه‌ف		اندازه گیری‌دیجیتالی سیگنال،وضوح ۱.۰ میلی کلوین
دماسنج‌نویز حرارتی	۴۵۰-	۱۸۰۰	۱‰		هزینه‌بالا
دماسنج‌اولتراسونیک		۶۰۰۰	تقریبا ۱٪		تجهیزات
دماسنج‌گازی	۴۵۰-	۳۰۰۰	براساس نوع		علمی دماسنج
روش‌اندازه گیری نوری					
رنگ های‌اندازه گیری دما	۱۰۰	۲۵۰۰	تقریبا ۹درجه‌ف		دمای‌مناسب رمینه ها
کریستال های‌مایع	۴ -	۱۶۰	تقریبا ۲درجه‌ف		مناسب‌برای میدان های دمایی، تغییر رنگ‌برگشت پذیر
دماسنج‌لومینسانس فیبر نوری		۷۵۰	۱درجه‌ف	بله	تحت‌تأثیر تداخل الکترومغناطیسی قرارنمی گیرد، محافظت ساده در برابرانفجار

جدول۲.۳ابزارهای اندازه گیری دما و روش های خاص اندازه گیری دما

۲.۳دماسنج های تماس مستقیم صنعتی

اصطلاح**دماسنج تماس مستقیم**تمام دماسنج هایی را که درتماس مستقیم با محیط مورد اندازه گیری قرار می گیرند، پوشش‌می دهد. ابزارهای اندازه گیری غیرتماسی، مانند پیرومترها،به طور متفاوتی عمل می کنند و در اینجا به آنها پرداخته‌نمی شود. دماسنج های تماس مستقیم در فرآیندهای‌تولید برای اندازه گیری متغیر فرآیند "دما" استفاده‌می شوند.

ساختارآنها صرف نظر از نوع سنسور مشابه است. یک دماسنج‌تماس مستقیم از عنصر حساس به دما تشکیل شده‌است که برای محافظت در یک محفظه لوله ای - که اغلب‌ساقه نامیده می شود - نصب می شود. در بسیاری از موارد،ساقه در انتهای بالایی خود دارای یک بلوک ترمینال برای‌سیم کشی سیم های تغذیه است. این ساختار استانداردشده است و به عنوان "عنصر اندازه گیری" در نظر گرفته‌می شود. عناصر اندازه گیری را می توان با یک ترموول وسر صنعتی تهیه کرد. لوله محافظ و سر صنعتی با هم مجموعه‌ترموول را تشکیل می دهند. این مجموعه از عنصر اندازه گیری‌حساس در برابر تنش های مکانیکی و شیمیایی محافظت‌می کند.



شکل۲.۲۳ دماسنج‌تماس مستقیم صنعتی(الکتریکی)

۱.۳.۲اندازه گیری دما با دماسنج های تماس مستقیم

The**0**هفتم**قانون ترمودینامیک**اساس فیزیکی دماسنجی تماس‌مستقیم است: اگر دو جسم A و B با جسم سوم C در تعادل‌حرارتی باشند، A و B نیز در تعادل حرارتی هستند. تعادل‌حرارتی به این معنی است که هیچ تبادل حرارتی بین اجسام‌صورت نمی گیرد. در این صورت دمای اجسام A، B وC یکسان است. در دماسنجی، 0 به کار می رود.هفتم‌این قانون‌را می توان به صورت زیر نیز بیان کرد: اگر محیط اندازه گیری‌شده و دماسنج با محیط خود در تعادل حرارتی باشند،دماسنج نیز با محیط اندازه گیری شده در تعادل حرارتی‌است. این موضوع، به عنوان مثال، در اندازه گیری دمادر جسمی در دمای اتاق، اگر دمای اتاق در طول زمان ثابت‌باشد، نشان داده می شود. در این حالت، محیط اندازه گیری‌شده و دماسنج در دمای محیط قرار می گیرند. تبادل‌گرما بین محیط اندازه گیری شده، دماسنج و محیط تا زمانی‌که تعادل حرارتی بین همه شرکت کنندگان برقرار شود،ادامه می یابد. در این شرایط، محیط اندازه گیری شده، دماسنج‌و محیط دمای یکسانی دارند. در این حالت، دماسنج‌دمای واقعی محیط اندازه گیری شده را اندازه گیری می کند.

بااین حال، در عمل، اغلب دمای محیط اندازه گیری شده با دمای‌محیط متفاوت است و در طول زمان ثابت نیست. به طوردقیق، تعادل حرارتی بین محیط اندازه گیری شده، دماسنج‌و محیط هرگز برقرار نمی شود، زیرا تبادل گرما به طورمداوم بین این سه صورت می گیرد. اگر دمای محیط اندازه گیری‌شده از دمای محیط بیشتر شود، رسانایی حرارتی‌دماسنج، حذف مداوم گرما از محیط اندازه گیری شده‌را تضمین می کند. ظرفیت گرمایی آن، دماسنج را نسبت‌به تغییرات دما بی اثر می کند. تماس حرارتی ضعیف‌بین دماسنج و محیط اندازه گیری شده منجر به مقاومت‌انتقال حرارت بالاتر و در نتیجه نمایش دمای کوچکترمی شود. دماسنج همچنین در توزیع دما در محیط اندازه گیری‌شده تداخل ایجاد می کند.

به‌همین دلایل، اندازه گیری دما همیشه در معرض خطاهای کوچکیا بزرگ قرار دارد. این خطاها اجتناب ناپذیر هستند، امامی توان آنها را کنترل کرد.

باطراحی هوشمند دماسنج، بسیار کوچک است. پیش نیاز، دانش‌دقیقی از کاربردی است که دماسنج برای آن استفاده می شود.دماسنج های تماس مستقیم برای برخی از کاربردهای‌اندازه گیری صنعتی رایج در زیر شرح داده شده اند.

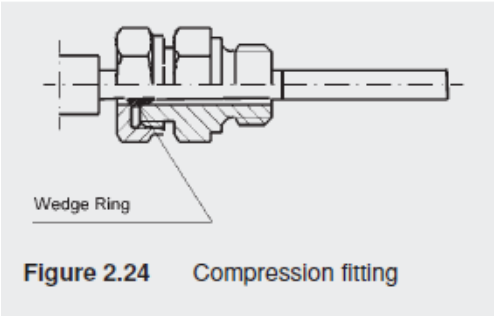


Figure 2.24 Compression fitting

۲.۳.۲اندازه گیری دما در مایعات و گازها

برای‌اندازه گیری دما در لوله ها و مخازن، معمولا آز دماسنج هایی‌با اتصالات رزوه دار یا اتصالات فشاری استفاده‌می شود، البته اگر حداکثر دما، فشار و نرخ جریان مجازباشد. اندازه های رزوه رایج 1/8 اینچ NPT هستند۴/۱. «ان پی تی،و۲/۱»اتصالات رزوه دار به ویژه در ترموکوپل های غلاف دارایج هستند. آن ها دارای یک سوراخ داخلی هستند وبر اساس قطر خارجی اندازه گیری شده و به ترموکوپل جوش‌داده یا لحیم می شوند. اتصالات فشاری امکان تنظیم دقیق‌عمق نصب را در حین مونتاژ فراهم می کنند. هنگامی که‌اتصالات فشاری محکم می شوند، یک حلقه فولادی روی سطح‌بیرونی محکم می شود (شکل 2.24). این اتصال عایق گازاست و می تواند تا 660 درجه سانتیگراد استفاده شود. درجه350(PSI و 1200 Fدرجه.با این حال، برداشتن و نصب‌مجدد دماسنج دیگر امکان پذیر نیست. اگر به جای فرول‌از یقه ی رانش تفلونی استفاده شود، این روش اتصال برای‌فشار تا 400 مناسب است .)بار 400(PSIو 80 بار) با نسخه های‌ویژه تا 6000 Cدرجه200(PSI و 160 Fدرجه.و 10بار) و می توان آن را به راحتی دوباره شل کرد.
دماسنج هایی‌که با بوش های رزوه دار و اتصالات فشاری مونتاژشده اند، در حین کار قابل تغییر نیستند. با این حال، فضای‌کم مورد نیاز و زمان پاسخ سریع به دلیل جرم کم بخش‌ساقه، به ویژه برای اندازه گیری گازها، مزیت محسوب می شوندC

آنهاباید: -
گازبند باشد
-خودشان گازهای مضر تولید نکنند -
نسبت به تغییرات دما حساس نباشند
-توسط محیط اندازه گیری شده مورد حمله قرار نگیرد و
-در محدوده دمای عملیاتی خود، مقاومت مکانیکی به اندازه کافی‌بالایی در برابر فشار، خمش، ضربه و ارتعاش داشته باشند.
علاوه‌بر این، آنها باید رسانایی حرارتی خوبی داشته باشند تا زمان‌پاسخ کوتاه، حداقل در ناحیه نقطه اندازه گیری، فراهم شود.

۱.۲.۳.۲شرایط نصب دماسنج ها

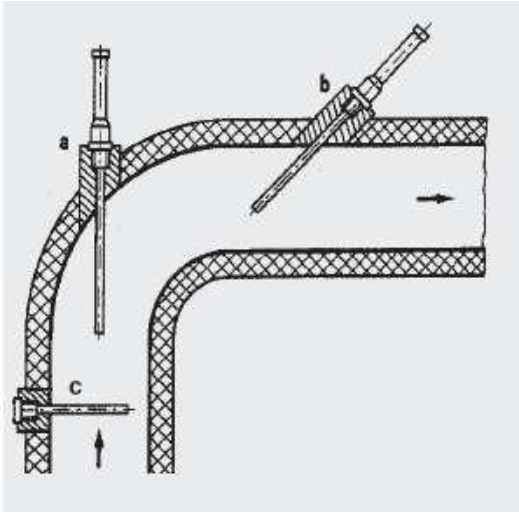
ازآنجایی که الزامات فوق در مورد ترموول ها تا حدودی متناقض‌هستند، همیشه باید به دنبال سازشی بود تا دماسنج‌تا حد امکان با وظیفه اندازه گیری خود سازگار شود. این‌امر منجر به طیف گسترده ای از طرح های ترموول و دماسنج‌مناسب برای شرایط نصب مختلف می شود.

نصب‌دماسنج در لوله ها

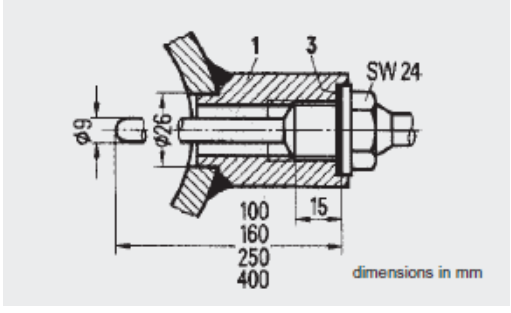
دماسنج های‌دارای ترموول در شرایط عملیاتی دشوار مانند فشارهای‌بالا، نرخ جریان بالا، دماهای بالا و محیط های اندازه گیری‌خورنده یا همچنین برای امکان تعویض آسان دماسنج هااستفاده می شوند. ترموول ها باید دارای خواص زیرباشند.

هنگام‌نصب دماسنج ها و ترموول ها در لوله ها، ابتدا قطعات‌اتصال به لوله جوش داده می شوند. دماسنج ها در لوله های‌با قطر کوچک در خلاف جهت جریان نصب می شوند(شکل 2.25a).

دماسنج‌را می توان به صورت عمودی در لوله های با قطر بزرگ‌نیز نصب کرد (شکل 2.25c)، اگر اطمینان حاصل شود که‌جداسازی دوره ای گردابه های ناشی از جریان باعث ارتعاشات‌طبیعی نمی شود (به بخش 2.3.2.2 مراجعه کنید) .اگر فضای کافی برای نصب دماسنج به صورت عمودی وجودندارد و نصب آن در خمیدگی تی شکل در لوله امکان پذیرنیست، دماسنج باید به صورت مورب در خلاف جهت‌جریان نصب شود (شکل 2.25b).



شکل۲.۲۵ نصب‌دماسنج ها



شکل۲.۲۶ قطعه‌اتصال جوش داده شده با رزوه‌داخلی

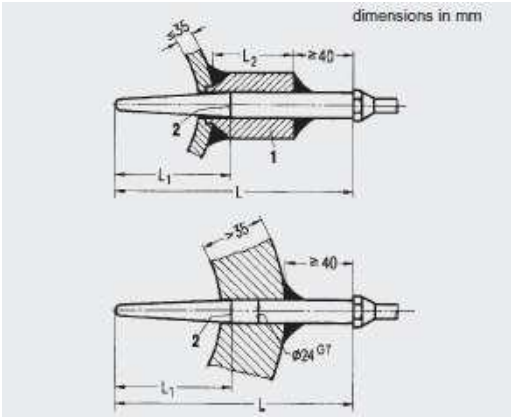
نصب‌دماسنج در مخازن یا سیلندرها برای فشارهای تا حدود۱۳۰۰ PSI ۹۰(بار)، ترموول ها به مخازن یا سیلندرها متصل‌می شوند. ترموول های جوش داده شده اغلب در فشارهای‌بالاتر استفاده می شوند. ترموول های فلنجی برای اندازه گیری‌دما در مخازنی با پوشش داخلی برای جلوگیری از آسیب‌به مخزن استفاده می شوند. قسمت هایی از این لوله هاکه با محیط اندازه گیری شده در تماس هستند نیز اغلب‌برای محافظت پوشش داده می شوند.

ن‌در برابر محیط های خورنده.

نصب‌دماسنج در لوله های بخار

چاه های‌هوا در اندازه گیری در معرض اثرات بسیار سنگینی‌قرار دارند**دمای بخار**. تراکم ناگهانی، یعنی پس ازتغییرات سطح مقطع، منجر به تغییر ناگهانی بار می شود.بنابراین، ترموول های مخروطی از جنس فولاد جامدساخته شده و مطابق با الزامات طراحی شده و به لوله های‌بخار جوش داده می شوند. آنها اساسا..

نسبت‌به ترموول های رزوه دار بسیار مقاوم تر هستند و بنابراین‌بارهای بیشتری را نیز تحمل می کنند. ترموول ها رامی توان مستقیما بّه مخازن یا ... جوش داد.
لوله هایی‌با ضخامت دیواره بیشتر از 1.4 اینچ (35 میلی متر). ابتدا یک قطعه اتصال (1) مانند لوله ها به مخازن‌دیواره نازک جوش داده می شود (شکل 2.27). انتهای‌ترموول مخروطی (2) نباید جلوتر از دیواره داخلی مخازن‌باشد و به دلایل استاتیکی هرگز نباید از سوراخ بیرون زده‌باشد.



شکل۲.۲۷ نصب‌دماسنج در لوله های بخار

نصب‌دماسنج در لوله های دودکش

دماسنج‌ها با**غلاف رزوه دار مقاوم در برابر گاز** (4) در مجاری گاز دودکش نصب می شوند؛ سطح آب بندی (2) غلاف کاهنده (1) روکش دار است (شکل 2.28). آب بندی(3) به عنوان مثال از آزبست تشکیل شده است. ترموول‌روکش دار است و می تواند از ... ساخته شود.

لازم‌نیست
نصب

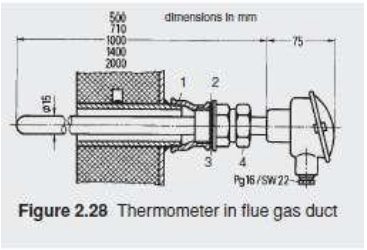


Figure 2.28 Thermometer in flue gas duct

شکل۲.۲۸دماسنج در مجرای گاز دودکش

۲.۲.۳.۲بار مکانیکی

ترموول هادر مخازن و سیلندرها و به ویژه در لوله ها تحت بارهای‌فشاری، خمشی و ارتعاشی قرار دارند. بار بیشتری در نقطه‌گیره ترموول که در معرض جریان عرضی قرار دارد، رخ می دهد،زیرا بالاترین گشتاور خمشی در آنجا وجود دارد. به دلیل‌اثر شیار در نقطه گیره به دلیل تغییرات اجتناب ناپذیر درسطح مقطع، باید الزامات بالایی در مورد مقاومت ضربه ای‌شیار مواد ترموول رعایت شود. این نکته باید به ویژه‌در دماهای پایین مورد توجه قرار گیرد، زیرا مقاومت ضربه ای‌شیار مواد فلزی در این حالت به شدت کاهش می یابد،اگرچه بار مکانیکی عموما بالا باقی می ماند.

دماهای‌بالا به موادی با مقاومت خزش بالا یا حد تسلیم زمانی‌بالا نیاز دارند. در صورت انتخاب ماده نامناسب، وزن مرده‌لوله محافظ ممکن است از قبل منجر به آسیب شود. تغییرات‌سریع دما نیز ممکن است باعث آسیب به لوله های‌محافظ شود؛ در این صورت باید از مقاومت کافی ماده‌در برابر تغییرات دما اطمینان حاصل شود. برخلاف موادسرامیکی- ریال هاکه به تغییرات دما بسیار حساس واکنش نشان می دهند،مواد فلزی مشکل ساز نیستند. اگر شرایط عملیاتی‌نیاز به استفاده از لوله محافظ فلزی داشته باشد، بایداز موادی با ضریب انبساط حرارتی پایین، یعنی شیشه کوارتز،استفاده شود. از آنجا که پارامترهای زیادی در انتخاب ماده‌صحیح ترموول تعیین کننده هستند، خیر

می توان‌در اینجا اظهارات معتبر جهانی ارائه داد. در صورت‌شک و تردید، همیشه باید محاسبه قدرت انجام شود.

محاسبات‌مقاومتبرای ترموول ها معمولا طبق روش های P. ittrich، ASME PTC 19.3 (استاندارد عملکردو آزمایش انجمن مهندسان مکانیک آمریکا) یا O. Uhrig انجام می شود. در صورت لزوم، انتخاب روش محاسبهe با توجه به مشخصات مشتری تعیین می شود.

پی.دیتریش محاسبات خود را بر این اساس انجام می دهد که‌یک لوله محافظ توسط فشار هیدرواستاتیک در حالت تنش‌سه بعدی قرار می گیرد. علاوه بر این، تنش های خمشی‌و برشی در حین قرار گرفتن در معرض جریان رخ می دهند.همه تنش ها در محاسبه مقاومت تعیین شده و برای‌تشکیل یک تنش مرجع ترکیب می شوند. این تنش مرجع‌باید نسبتی داشته باشد که با بیان می شود.**ضریب ایمنی**که هرگز نباید کمتر از ۷.۱ نسبت به پارامتر مقاومت ماده‌باشد.

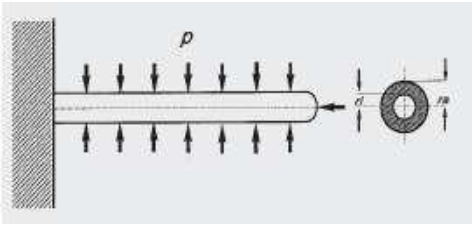
پارامترهای‌مقاومتی زیر برای تعیین ضرایب ایمنی در برابر شکستگی‌و تغییر شکل استفاده می شوند:

-در دماهای پایین، نقطه تسلیم در دمای بالا σ یا استحکام تسلیم‌کششی σ_s تنشی است که منجر به کرنش 0.2٪ می شود.

-در دماهای بالا یا مقاومت خزش سیگما $\sigma_{B/100000}$ یعنی‌تنشی که منجر به شکستگی پس از ۱۰۰۰۰۰ساعت، یا تنش خزش محدودکننده $\sigma_{1/100000}$ یعنی تنشی‌که پس از ۱۰۰۰۰۰ ساعت منجر به کرنش دائمی می شود.

بارگذاری‌استاتیکی توسط فشار هیدرواستاتیک

یک‌بار کاملا آستاتیکی روی ترموول، یعنی در مخزنی تحت فشار،رخ می دهد. در نتیجه فشار استاتیک، ترموول در حالت‌تنش سه بعدی ناشی از تنش های محوری، شعاعی و مماسی‌قرار می گیرد.



شکل۲.۲۹ ترموولبا بارگذاری استاتیکی

شعاع‌داخلی ترموول r، شعاع خارجی r و p فشار ن‌ا‌ستاتیکی واردبر چاه است‌ا‌ر-ی‌برای تعیین مؤلفه استاتیک تنش مرجع، از تنش‌مماسی s برای سیلندرهای تحت بار فشار خارجی طبق فرمول‌تجربی باخ استفاده می شود:

$$\sigma_k = 1.7 \cdot \frac{r_a^2}{r_a^2 - r_i^2} \cdot p \qquad \text{with } \sigma_k \text{ in N/m}^2 \qquad (2\text{-}33)$$

بارگذاری‌دینامیکی یک ترموول در معرض جریان

اگرترموول در معرض جریان قرار گیرد، علاوه بر بار استاتیک،یک بار دینامیکی نیز ایجاد می شود.

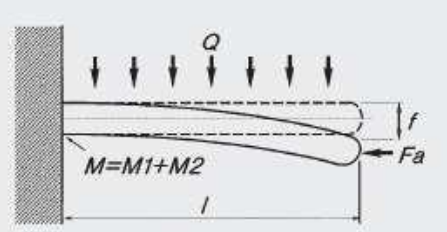


Figure 2.30 Dynamically loaded protective tube

طول‌نصب ترموول l ،F نیروی فشاری محوری، Q نیرو ا‌ی‌ک‌ف فشاردینامیکی و f خمیدگی ترموول ناشی از فشار دینامیکی ونیروی فشاری محوری است. نیروهای زیر نیز بر ترموول در معرض‌جریان وارد می شوند:

$$\text{Dynamic pressure force } Q = A \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot \xi \qquad \text{with Q in N} \qquad (2\text{-}34)$$

$$\text{Axial compressive force } F_a = \pi \cdot r_a^2 \cdot p \qquad \text{with } F_a \text{ in N} \qquad (2\text{-}35)$$

A = 2r مساحت در معرض جریان است (روی ترموول های استوانه ایA‌الف.وابسته است A به سطح مقطع لوله A به نسبت‌مساحت دینامیکی ξ .یک عدد بدون بعد و تجربی است.این ضریب، مقاومت ناشی از یک جسم استوانه ای (لوله‌محافظ) در یک لوله را در نظر می گیرد ξ فشار استاتیک.ضریب مقاومت p سرعت جریان و v ،چگالی محیطجاری ρ ،l(۰راگر این نسبت کمتر از 0.1 باشد، ξ را می توان‌برابر با 1 فرض کرد. اکنون خمش f ترموول از نیروی‌فشار دینامیکی و نیروی فشاری محوری محاسبه می شود:

$$\text{Bending: } F = \frac{Q}{F_a} \cdot \left(-\frac{l}{2} + \frac{E \cdot J}{l \cdot F_a} \cdot \left(\frac{1}{\cos(l \cdot \sqrt{F_a/E \cdot J})}\right)\right) \qquad \text{with f in m} \qquad (2\text{-}36)$$

که‌در آن E مدول الاستیسیته ماده و J گشتاور اینرسی هندسی‌محوری است. J۴- = π ۰)d د)۴ / 64 برای لوله های استوانه ای‌ا‌رعی‌مال م‌ن‌ی شود، dالف‌و دمن‌مربوط به قطر خارجی وداخلی ترموول.

گشتاورهای‌خمشی M۱و م۲.سپس نیروهای وارد بر نقطه گیره‌از نیروی فشار دینامیکی Q و نیروی فشاری محوری F محاسبه‌می شوند.الف‌ترموول در معرض جریان مانند یک تیر بابار توزیع شده در نظر گرفته می شود:

$$M_1 = Q \cdot \frac{l}{2} \qquad \text{with } M_1 \text{ in Nm} \qquad (2\text{-}37)$$

$$M_2 = F_a \cdot f \qquad \text{with } M_2 \text{ in Nm} \qquad (2\text{-}38)$$

درمحاسبه M، محاسبه برا ی ترموول های جوش داده شده باIا و نه با I/2 به دلایل ایمنی انجام می شود. با داشتن گشتاورمقاومت W ترموول در نقطه گیره، تنش خمشی σ ناشی‌از جریان ورودی به دست می آید.

$$\sigma_b = \frac{M_1 W M_2}{} \qquad \text{with } \sigma_b \text{ in N/m}^2 \qquad (2\text{-}39)$$

$$W = \pi \cdot \frac{d_a^4 - d_i^4}{32 \cdot d_a} \qquad \text{with W in m}^3 \qquad (2\text{-}40)$$

تنش‌کل ترموول در معرض جریان شامل تنش مماسی σ و تنش‌خمشی σ است. هنگام محاسبه ایمنی در برابر شکستگی‌یا تغییر شکل، تنش مرجع σ با اضافه کردن یک سوم‌تنش کوچکتر به بزرگتر از دو تنش محاسبه می شود:وی

$$1^{st} \text{ case}: \sigma_k > \sigma_b \quad \sigma_v = \sigma_k + \sigma_b / 3 \qquad (2\text{-}41)$$

$$2^{nd} \text{ case}: \sigma_k < \sigma_b \quad \sigma_v = \sigma_b + \sigma_k / 3 \qquad (2\text{-}42)$$

$$\text{Safety factor:} \quad S = \sigma_{permiss.} / \sigma_v \qquad (2\text{-}43)$$

تنشσاجازه دادن.حداکثر تنش مجاز برای ماده مورد نظر است، یعنی‌پارامتر استحکام با در نظر گرفتن حداکثر دمای رخ داده (به‌جداول بخش 2.3.2.4 مراجعه کنید). ضریب ایمنی برای ترموول های‌استوانه ای نباید کمتر از 1.9 و برای ترموول های‌مخروطی نباید کمتر از 1.7 باشد (طبق 2413 DIN و مشخصات AD D 11).

روشی‌که در اینجا نشان داده شده است، شکل خلاصه شده ای‌از محاسبه را ارائه می دهد. در مقایسه با روش تفصیلی‌که به دلایل کمبود فضا در اینجا توضیح داده نشده است،این روش همیشه نتایج محافظه کارانه تری ارائه می دهدو می تواند برای مایعات و گازها مورد استفاده قرار گیرد.فشار، دما و چگالی به گونه ای به هم مرتبط هستند که اندازه گیری‌آن در مورد بخار بسیار دشوار است، به طوری که محاسبه‌ترموول با این معادلات ساده امکان پذیر نیست. بنابراین‌ترموول ها برای کاربردهای معمول استاندارد شدند. نمودارهای‌بار، که ...

محدودیت های‌عملیاتی این ترموول ها را تحت شرایط عملیاتی‌از پیش تعیین شده تولید می کند، که در استاندارد گنجانده‌شده است (به بخش 2.3.2.5 مراجعه کنید).

بار ارتعاشی

گرداب هابه صورت دوره ای پشت اجسامی که در معرض جریان‌قرار دارند، از هم جدا می شوند.**خیابان گرداب کارمان**تشکیل می شود. فرکانس جدایش گردابی به هندسه بدنه‌و سرعت جریان بستگی دارد. در ترموول های استوانه ای‌که در معرض جریان عرضی قرار دارند، این اثر نبایدنادیده گرفته شود. اگر فرکانس جدایش گردابی با فرکانس‌رزونانس ترموول مطابقت داشته باشد، دومی همزمان‌ارتعاش می کند و اگر ارتعاشات پیوسته باشند، ممکن‌است خیلی سریع از بین برود. یک مجموعه ترموول که‌به طور محکم در انتهای رزوه شده رزوه شده است، دو سیستم‌قادر به ارتعاش با دو فرکانس طبیعی را تشکیل می دهدکه از ترموول و لوله گردن با سر اتصال در انتهای آن سرچشمه‌می گیرند. فرکانس جدایش گردابی در مورد ترموول های‌استوانه ای که در معرض جریان عرضی قرار دارندو همچنین فرکانس طبیعی ترموول در بخش زیر محاسبه‌می شود. معادله زیر برای فرکانس جدایش گردابی اعمال‌می شودفدبلیو:

$$f_w = St \cdot v / d_a \qquad \text{with } f_w \text{ in 1/s} \qquad (2\text{-}44)$$

که‌در آن St عدد استروهال، v سرعت جریان سیال و d است.الفقطر خارجی ترموول. عدد رینولدز Re و عدد استروهالSt اعداد مشخصه از نظریه تشابه هستند. عدد رینولدزاینرسی و اصطکاک را در نظر می گیرد، بنابراین ویسکوزیته‌سینماتیکی v محیط در محاسبه آن وارد می شود.بالاتر از Re = 1000 یک رابطه خطی بین فرکانس جداسازی‌گردابه و سرعت جریان وجود دارد.

$$Re = v \cdot d_a / \nu \qquad (2\text{-}45)$$

عدداستروهال ثابت است: St - 0.21. بنابراین فرکانس جدایش‌گردابه ها را می توان به راحتی محاسبه کرد.

برای‌محاسبه رزونانس طبیعی ترموول، فرکانس های زاویه ای‌لوله w و یک میله بدون جرم با جرم نقطه ای در انتها(پایین) ω با هم ترکیب شده و فرکانس زاویه ای حاصل را به دست می آورند:

$$\omega_R = \frac{z_n^2}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J}{A_s \cdot \rho}} \qquad \text{with } \omega_R \text{ in 1/s} \quad (2\text{-}46)$$

$$\omega_B = \sqrt{\frac{3 \cdot E \cdot J}{\beta \cdot m}} \qquad \text{with } \omega_B \text{ in 1/s} \quad (2\text{-}47)$$

ممان‌اینرسی هندسی محوری است. موارد زیر در مورد لوله های‌استوانه ای صدق می کند J مدول الاستیسیته ماده وE

$$J = \pi \cdot (d_a^4 - d_i^4) / 64 \qquad (2\text{-}48)$$

الف‌ها سطح‌مقطع ترموول است (مساحت دایره ای)، l طول آزاد ترموول، m جرم کف، r چگالی‌ماده و z

ضریب:1.875 = z (۱ضریب بنیادی = 4.694 (1خابان تن،ز ۲ هارمونیک). مثال زیر به‌فرکانس زاویه ای حاصل w بستگی دارد:

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{1/\omega_R^2 + 1/\omega_B^2}} \qquad \text{with } \omega \text{ in 1/s} \quad (2\text{-}49)$$

وبنابراین به فرکانس رزونانس f از ترموول:

$$f_r = \omega / 2 \cdot \pi \qquad \text{with } f_r \text{ in 1/s} \quad (2\text{-}50)$$

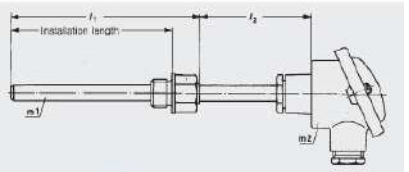
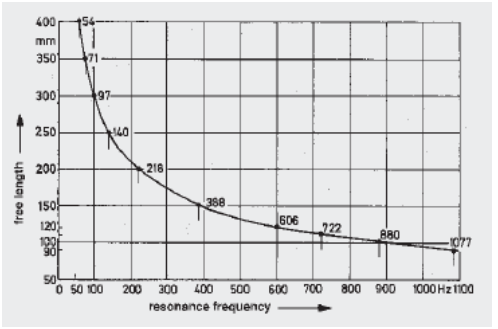


Figure 2.31 Threaded-type Thermometer

شکل۲.۳۱دماسنج از نوع رزوه دار



شکل۲.۳۲ رزونانس‌اساسی برای ترموول های استوانه ای‌ساخته شده از فولاد ضدزنگ، قطر ۳۵.۰ اینچ، ضخامت دیواره۰۴.۰ اینچ

فرکانس های‌رزونانس نشان داده شده در اینجا ممکن است 10تا 15 درصد انحراف داشته باشند. طول نصب آزاد با l نشان‌داده شده است. ۱
همچنین‌می توان محاسبه تقریبی رزونانس طبیعی سر اتصال‌را انجام داد.

ل۲	لوله‌گردنی ۱۱ × ۱			لوله‌گردنی ۱۱ × ۲			لوله‌گردنی ۱۴ در ۵.۲			قطرx ø.ضخامت دیوار.	
	جیجی	ال	ک	جیجی	ال	ک	جیجی	ال	ک	اظهارات	
۱۴۵میلی متر (5.7 اینچ)	۴۴ ۴۲	۸۹ ۷۹	۱۰۴ ۹۰	۴۶ ۴۴	۱۰۰ ۸۹	۱۱۴ ۱۰۲	۶۶ ۵۹	۱۲۷ ۱۰۷	۱۵۹ ۱۳۰	بدون با	ترمینال سوکت
۱۶۵میلی متر (6.5 اینچ)	۳۶ ۳۵	۷۵ ۶۸	۹۱ ۷۵	۳۸ ۳۶	۸۳ ۷۱	۹۹ ۸۵	۴۸ ۴۶	۱۰۱ ۹۸	۱۳۳ ۱۱۱	بدون با	ترمینال سوکت
۱۷۰میلی متر (6.7 اینچ)	۳۵ ۳۴	۷۲ ۶۶	۸۸ ۷۴	۳۶ ۳۴	۷۹ ۷۰	۹۶ ۸۲	۴۷ ۴۵	۹۹ ۹۵	۱۲۸ ۱۱۰	بدون با	ترمینال سوکت

جدول۲.۴رزونانس های سر دماسنج های رزوه دار بر حسب هرتز
طول‌لوله گردن است l .کیلوگرم است .0۲۰۵ = m ،K کیلوگرم، پلاستیک 0.13 = m ،AL کیلوگرم، آلومینیوم 0.59 m۲= ،نشان دهنده۲ چدن‌خاکستری GG

طبق‌معادله 2-47 با صرف نظر از جرم لوله گردنی. جدول 2.4رزونانس سرهای اتصال موجود در بازار را در رابطه با لوله های‌گردنی معمولی نشان می دهد.

توجه‌داشته باشید

فرمول های‌مشخص شده در این بخش برای محاسبه فرکانس های‌رزونانس در مورد ترمووِل های استوانه ای نیز صدق‌می کنند. برای ترمووِل های مخروطی، یعنی نوع D، 2-46 و 2-47، این فرمول ها به طور مناسبی تکمیل شده اند.با وجود روش های محاسبه ظاهرا سّاده برای فرکانس‌جداسازی گردابه و فرکانس های رزونانس، به ندرت می توان‌فرکانس های رزونانس واقعی ترمووِل ها را تعیین کرد،زیرا یک عنصر اندازه گیری که منجر به تداخل با وضوح رزونانس‌و تغییر در پهنای رزونانس می شود، در داخل لوله نیزوجود دارد. علاوه بر این، عمر ترمووِل ها به دلیل جزئ‌یاتی‌مانند نوع رزوه و شیارها در تغییرات سطح مقطع که‌در محاسبه در نظر گرفته نمی شوند، کاهش می یابد. به همین‌دلیل، فرکانس جداسازی گردابه همیشه باید کمتر از 80٪رزونانس اساسی یک لوله محافظ طبق گفته مورداک باشد.در موارد شک، همیشه باید آزمایش ارتعاش انجام شود.ترمووِل تحت شرایط واقعی روی میز ارتعاش بسته شده‌و به صورت سینوسی یا با فرکانس های نویز تحریک می شود.این تنها راهی است که می توان نقاط رزونانس را به‌طور دقیق تعیین کرد و ترمووِل را تحت آزمایش بار مداوم ازجمله تأثیر دما قرار داد.

۳.۲.۳.۲مقاومت شیمیایی

دماسنج های‌تماسی در تماس مستقیم با محیطی هستند که‌باید اندازه گیری شوند، بنابراین مواد ترمووِل باید تا حد امکان‌قادر به مقاومت در برابر حمله شیمیایی محیط باشند. حمله‌شیمیایی به سه روش معمول رخ می دهد که به طور خلاصه‌در زیر توضیح داده شده است:

مقاومت‌در جو اکسید کننده

موادفلزی در هوا اکسید می شوند. فولادهای غیرآلیاژی در دمای بالاتر از ۹۰۰درجه سانتیگراد اکسید می شوند.درجه‌تا ۱۱۰۰ Fدرجه‌اف ۵۰۰(درجه‌سی تا۶۰۰درجه‌ج)، فولادهای CrAl مقاوم در برابر پوسته شدن در دمای بالا بالای۱۸۰۰درجه‌اف)۱۰۰۰(درجه‌ج) با افزایش بارگذاری مکانیکی مانندنرخ جریان بالا و فشارهای بالا، آلیاژهای دما بالای پایه کبالت‌یا نیکل مؤثر واقع شده اند. مقاومت دمایی این آلیاژهای‌دما بالا بر اساس تشکیل لایه های اکسیدی چسبنده‌قوی روی سطوح آنها است که از نفوذ بیشتر فرآیند اکسیداسیون‌به داخل ماده جلوگیری می کند. ذرات موجود درمحیط اندازه گیری، در گازهای دودکش، یعنی خاکستر و دوده،منجر به آسیب موضعی به لایه های اکسیدی می شوندکه باعث فرسایش مکانیکی می شوند.
پوشش های‌کاربیدی در این مورد برای دماهای تا 1000 درجه‌سانتیگراد راه حلی ارائه می دهند.درجه‌ف (550درجه‌ج) فلزات نجیب مانند پلاتین یا آلیاژهای پلاتین-رودیوم و موادسرامیکی در دمای بالاتر از ۱۸۰۰ درجه سانتیگراد استفاده‌می شوند.درجه‌اف)۱۰۰۰(درجه‌ج) سرامیک های اکسیدآلومینیوم نوع ۶۱۰ یا ۷۱۰ (عایق گاز) معمولا تّا دمای ۳۳۰۰درجه سانتیگراد استفاده می شوند.درجه‌ف)۱۸۰۰(درجه‌ج).

مقاومت‌در موارد کمبود اکسیژن و در اتمسفر کاهنده

هیدروژن‌در دماهای پایین به ساختار فلزی ماده ترمووِل نفوذمی کند. نتیجه آن تردی و شکستگی تحت بار مکانیکی است.آلیاژهای فولادی حاوی تیتانیوم و مولیبدن که در برابر هیدروژن‌فشار بالا مقاوم هستند، راهکاری برای این مشکل ارائه‌می دهند. تردی مواد فلزی توسط کربن را می توان با کربوریزاسیون‌توضیح داد. همانند سخت شدن فولادها، کاربیدهادر طول کربوریزاسیون تشکیل می شوند؛ ترمووِل کاملا نّیتریده می شود. نتیجه آن از دست دادن چقرمگی است‌که منجر به شکستگی در هنگام ارتعاش و شوک می شود.گوگرد به مواد ترمووِل پایه نیکل در دمای بالاتر از 1100درجه سانتیگراد آسیب می رساند.درجه‌اف ۶۰۰(درجه‌ج) سولفیدهادر امتداد مرز دانه ها رسوب می کنند. این رسوبات‌نه تنها به سطح محدود می شوند، بلکه به مرور زمان‌به داخل ترمووِل نیز گسترش می یابند. ترمووِل ها به ویژه‌با ورود گازهای حاوی گوگرد در معرض خطر قرار می گیرند.

مقاومت‌در محیط های آبی

فرسایش‌مداوم سطح توسط اسیدها و قلیاها روی مواد فلزی‌در محیط های آبی منجر به تخریب می شود، بنابراین ازترمووِل های شیشه ای و کوارتزی در اینجا تحت شرایط مکانیکی‌پایین استفاده می شود.

بارها.بارگذاری مکانیکی بالا نیاز به ترموول های فلزی پوشش داردارد. در حالی که پلاستیک هایی مانند تفلون در دماهایپایین استفاده می شوند، لعاب اغلب در دماهای بالااستفاده می شود. در اسیدهای ضعیف، فولادهای آستنیتیمقاوم در برابر خوردگی مؤثر بوده اند، در اسیدهای قوی تر،آلیاژهای پایه نیکل و کبالت مانند مونل.

درصورت حمله شیمیایی قوی و دمای بالا، ترموول های فلزیبا پوشش های فلزی نجیب و متخلخل مانند پلاتین و تانتالوماراکه می شوند. لازم به ذکر است که در درازمدت، پوشش هایرسوب الکتریکی به دلیل ضخامت کم و ضرایبانبساط حرارتی متفاوت، تمایل به ایجاد ترک های مویی‌دارند و بنابراین قابل استفاده نیستند. یک پوشش بادوام پوششرا می توان با رسوب الکترولیتی، یعنی رسوب تانتالوموپلاتین از مذاب نمک، به دست آورد. در محیط هایآبی، اگر فلزات مختلف با الکترولیت در تماس باشند،خوردگی از طریق تشکیل سلول ممکن است رخ دهد.در مقایسه با فلز نجیب تر، ماده کم نجیب تر، الکترود محلولاست. به عنوان مثال، در یک لوله آهنی با روکش نیکل،کوچکترین منافذ در نیکل منجر به انحلال آهن می شود.

حملهشیمیایی ممکن است به طرق بسیار متنوعی رخ دهد، بنابراین‌همیشه ترجیح داده می شود که از همان ماده برای ترموول هاو سیستمی که متعاقبا دّر آن نصب می شوند، استفادهشود.

۴.۲.۳.۲مواد رایج مورد استفاده برای ترموول ها

مواد-شماره	نقطهتسلیم در دمای بالا)100 x σ)psi ها			تیپیکر دردرجه‌ف	کاربرد
	۶۸درجه‌ف	۱۱۰۰درجه‌ف	۱۸۰۰درجه‌ف	درهوا	
برنج	۵۰۰	-	-	۷۵۰	کاربردعمومی، کوره های برقی، کوره های گازی، اتصالاتلعابی برای دماسنج های گاز دودکش و حمام هایحاوی روی
فولادضد رنگ ۴۳۰	۷۱۰تا ۹۳۰	۴۳	۱.۰	۱۹۰۰	گازهایزایدحاوی گوگرد، اتمسفرهای خورنده و اکسید کننده،گازهای الکتریکی و کوره هایگازی
فولادضد رنگ ۴۴۶	۷۱۰تا ۹۳۰	۴۳	۱.۰	۲۲۰۰	
فولادضد رنگ ۳۱۴	۸۵۰تا ۱۱۰۰	۱۷۱	۲.۲	۲۲۰۰	اتمسفرهایاکسیدکننده بدون گوگرد
برایت‌ری بی	۹۷۰تا ۱۲۰۰	۱۱۳	۵.۸	۲۱۰۰	حمام هایحاوی نمک، سرب، باریم و کلر
اینکونل۶۰۰	۸۱۲تا ۱۰۰۰	۱۲۳	۶.۵	۲۰۰۰	اتصالاتمقاوم در برابر فشار برای کوره ها و راکتورها تا دمای ۱۶۵۰درجه سانتیگرادرجه‌ف
فولادضد رنگ AISI B 163	۷۸۰تا ۱۱۰۰	۱۸۹	۵.۸	۲۱۰۰	

جدول۵.۲بررسی مقاومت مکانیکی فولادهای مورد استفاده در ترموول ها

مواد نوع	محدودکردن تنش خزشی)100σ۱ x psi(/100000					نوع‌تر درجه‌ف	کاربرد
	۶۸درجه‌ف	۸۵۰درجه‌ف	۹۳۰درجه‌ف	۱۰۰۰درجه‌ف	۱۱۰۰درجه‌ف		
فولادضدزنگ A204	۶۴۰تا ۸۳۰	۳۱۶	۱۴۹	۴۵	-	۱۰۰۰	ترموول های‌جوشی برای لوله های بخار
فولادضدزنگ A182-F11	۶۴۰تا ۸۵۰	۴۳۶	۳۴۳	۸۳	۳۹	۱۰۰۰	ترموول های‌جوشی برای لوله های بخار
فولادضدزنگ A182-F22	۶۴۰تا ۸۵۰	-	۲۱۳	۱۰۷	۵۷	۱۰۶۰	ترموول های‌جوشی برای لوله های بخار

جدول۲.۶بررسی مقاومت مکانیکی فولادهای دما بالا برای ترموول ها

مواد نوع	استحکام‌تسلیم کششی σ ۲.۰)100 x psi(				کاربرد
	۶۸درجه‌ف	۴۰۰درجه‌ف	۶۰۰درجه‌ف	۷۵۰درجه‌ف	۹۰۰درجه‌ف	
۳۰۴	۲۶۸	۱۸۴	۱۶۰	۱۴۲	۱۳۳	صنایع‌غذایی و تجهیزات پزشکی
۳۲۱ ۳۴۷	۲۹۷ ۲۹۷	۲۲۵ ۲۲۵	۱۹۷ ۱۹۷	۱۸۱ ۱۸۱	۱۷۳ ۱۷۳	صنایع‌غذایی، عکاسی و صنایع شیمیایی
316Ti	۳۲۶	۲۳۹	۲۱۰	۱۹۶	۱۸۷	صنایع‌شیمیایی، عکس، رنگ، لاک و تولید رزین مصنوعی
316سی‌بی	۳۲۶	۲۳۹	۲۱۰	۱۱۹۶عدد	۱۸۷	صنایع‌شیمیایی، تولید رنگ و لاستیک

جدول۲.۷ بررسی‌مقاومت مکانیکی فولادهای ضد زنگ برای ترموول ها
جدولی‌از مقاومت شیمیایی فولادها در برابر متنوع ترین محیط های خورنده در پیوست، بخش ۵ آمده است.

۲.۳.۵.۲دماسنج های استاندارد

دماسنج هابرای کاربردهای معمول تحت استاندارد B40.3 ASME هستند. آن ها به نوبه خود با اجزای استاندارد شده ای‌مانند ترموول (ANSI B16.5) استفاده می شوند. طراحی‌ترموول ها برای کاربرد خاص مهم است.

برای‌کمک به کاربر در طراحی و انتخاب مواد، به ویژه برای کاربردهای‌حساس، یعنی اندازه گیری دما در لوله های بخار، بخش های‌حساس ترموول ها استاندارد شده اند. این استانداردابعاد، مواد، دمای عملیاتی، نرخ جریان، علامت گذاری‌و آزمایش ها را مشخص می کند. علاوه بر این،نمودارهای بار نیز گنجانده شده اند که محدودیت های عملیاتی‌برای دما و فشار ترموول مورد نظر را به عنوان تابعی‌از جنس آن، محیط جریان و ابعاد آن مشخص می کنند.

ترموول های‌استاندارد

استانداردهای‌مکتوب برای ترموول ها برای دماسنج ها در حال‌حاضر توسط ANSI/ASME در دست تدوین است. این استانداردهاترموول ها را برای استفاده در کاربردهایی مانند اندازه گیری‌دما در گازها، بخارات و مایعات تحت فشار در لوله هاو مخازن پوشش می دهند. برای ترموول های فلنج دار،استانداردهای مربوط به قسمت فلنج دار در B16.5 ANSI/ASME مستند شده است.

استانداردهایDIN اروپایی از قبل برای ترموول ها وجود دارندو انواع مختلفی از ترموول ها را مشخص می کنند؛ انواعA، B، C، D، E، F و G که در زیر توضیح داده شده است.از آنجایی که طراحی آنها مشابه نسخه های آمریکایی است،تأکید بر استانداردهای ترموول اروپایی خواهد بود:

نوعA

ترموول های‌لعابی برای دماسنج های گاز دودکش از جنس فولاد،برای فشارهای تا 15 PSI (1 بار) و دماهای تا 1000 درجه‌ف (550درجه‌ج) برای استفاده در مجاری گاز زائد، کوره ها،مجاری هوا و کانال های باز. چاه ها را می توان با فلنج‌مسدودکننده نصب کرد.

نوعب

ترموول‌با رزوه های متریک یا معادل آن برای دماسنج های ساخته‌شده از مواد مختلف. مواد مطابق با شرایط اندازه گیری‌از جدول مشخص شده در استاندارد انتخاب می شوند.ترموول تا حداکثر فشار 1000 PSI (75 بار) در مایعات،بخارات و گازها استفاده می شود. حداکثر گشتاور سفت‌کردن رزوه ها 37 فوت-پوند است.

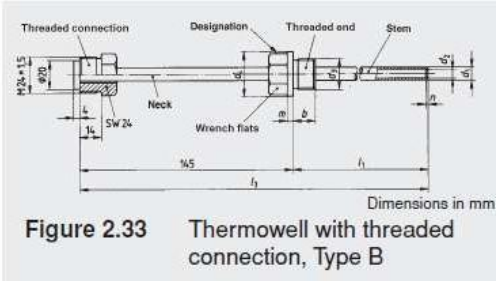
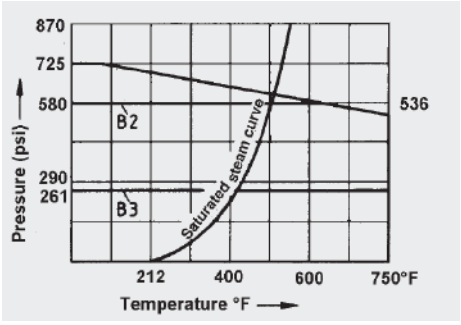


Figure 2.33 Thermowell with threaded connection, Type B

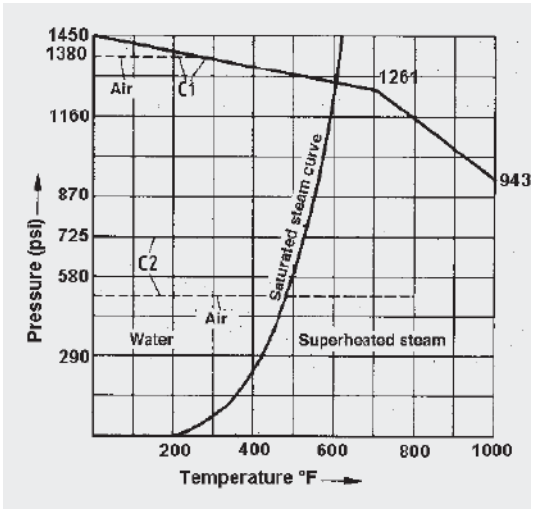


شکل۲.۳۴ نموداربار برای ترموول های نوعB، فولاد ضد زنگ سری 300

نام هایB2 و B3 مربوط به طول نصب (l) 250 و 400 میلی متر ا ست؛ ضخامت دیواره ترموول 1 میلی متر است. حداکثرسرعت جریان برای هوا و بخار فوق گرم 25 متر بر ثانیه‌و برای آب 3 متر بر ثانیه است.

نوعC

ترموول‌با رزوه های متریک ۱ اینچ یا معادل آن برای دماسنج های‌ساخته شده از مواد مختلف، که طبق شرایط اندازه گیری‌از جدول مشخص شده در استاندارد انتخاب می شوند.ترموول برای استفاده تا حداکثر فشار ۲۰۰۰ PSI (۱۲۰بار) در مایعات، بخارات و گازها مناسب است. گشتاور محکم‌کردن رزوه ها ۷۴ فوت-پوند است.



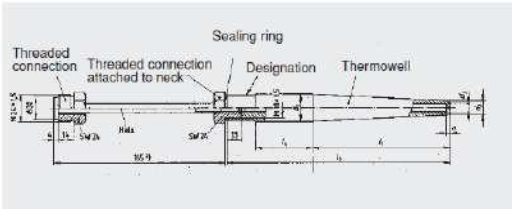
شکل۲.۳۵ نمودار‌بار برای ترموول های نوع C، ساخته شده از فولاد ضد زنگ‌سری 300

نام های‌C1 و C2 مربوط به طول نصب (l) 160 و 250 میلی متر‌ا ست؛ ضخامت دیواره ترموول 2 میلی متر است. سرعت‌جریان مجاز برای هوا و بخار فوق گرم 40 متر بر ثانیه

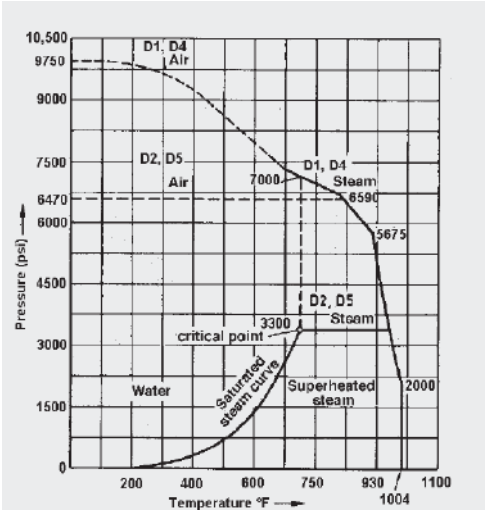
وبرای آب 5 متر بر ثانیه است. حداکثر دمای کارکرد مواد SS 316و 304SS 750 است.درجه‌اف ۴۰۰(اِیچ) در این مورد.

نوع‌D

ترموول‌جوشی برای دماسنج ساخته شده از مواد مختلف، که‌مطابق با شرایط اندازه گیری از جدول مشخص شده در استانداردانتخاب می شوند. ترموول های جوشی برای استفاده‌در موارد زیر مناسب هستند:



شکل۲.۳۶ترموول جوشی، نوع D



شکل۲.۳۷ نمودار‌بار برای ترموول،نوع D ساخته شده از 1.7335

شناسه های‌D1 تا D5 طول نصب (l) و طول ترموول (l) را مشخص‌می کنند. حداکثر سرعت جریان برای هوا و بخار فوق‌گرم ۶۰ متر بر ثانیه و برای آب تا ۴۵۰ بار ۵ متر بر ثانیه است.

مشخصات‌DIN ایجاب می کند که فقط از موادی که دارای گواهی‌پذیرش مطابق با DIN 50049 هستند، می توان برای‌ترموول ها استفاده کرد و آنها باید از یک قطعه ساخته شوند.محصول نیمه تمام باید قبل از پردازش بررسی شود تا ازعدم وجود حفره و ترک اطمینان حاصل شود. سطح مقطع مخروطی(l) ممکن است حداکثر...

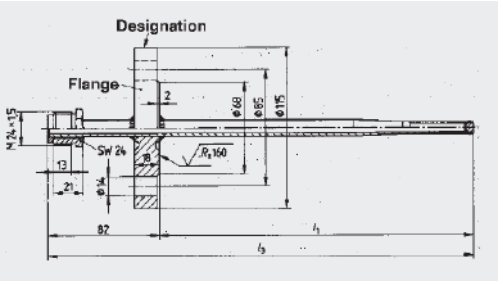
عمق‌زبری ۶.۱میکرومتر. موول تمام شده باید بدون گردن‌تحت فشار آزمایش شود

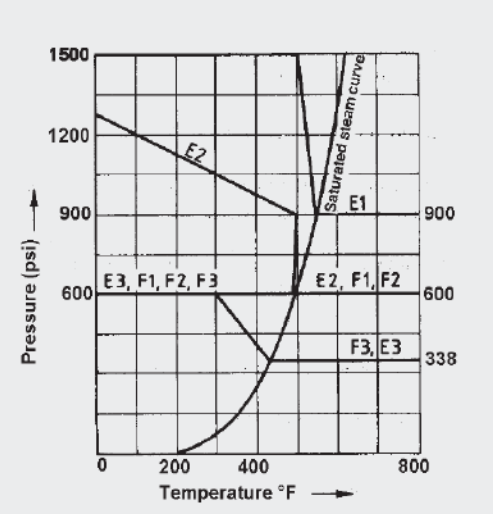
درفشار ۵۰۰ بار ۷۵۰۰(PSI). در حین جوشکاری، قسمت‌خشک ساق نباید به داخل فضای اندازه گیری بیرون‌بزند. هنگام استفاده در بخار،

د) باید اطمینان حاصل شود که ظرفیت بار تا نقطه بحرانی‌توسط فشار بخار محدود شده است. ه) در فشارهای‌بالاتر از نقطه بحرانی، دمای ماکزیمم، دمای بحرانی(375) است.درجه.خط نقطه چین در نمودار بار) .با نزدیک شدن به دماهای بالاتر، ظرفیت بار با منحنی مشخص‌شده ای که از محاسبات مقاومت به دست می آید،مشخص می شود ،C

نوعE، F و G

ترموول‌با ساقه مخروطی برای زمان پاسخ کوتاه تر جهت استفاده‌در گازها و مایعات با فشار تا 100 بار (1500PSI) درلوله ها و مخازن. نوع E با یک حلقه برش رزوه شده نصب شده‌است.





شکل۲.۳۹ نمودار‌بار برای ترموول های‌نوع E و F ساخته شده از فولادضد زنگ 304SS و 316SS

نام های‌E1/F1 تا E3/F3 مربوط به طول نصب (l) حداکثر 285،225 و 345 م‌یلی متر هستند. ضخامت دیواره ترموول‌نباید در هیچ نقطه ای از سطح مقطع مخروطی کمتر از1.45 میلی متر باشد.

بخش‌تقسیم. حداکثر فشار مجاز برای نوع F به دلیل فلنج PN 40،40 بار است. در مورد فلنج های PN 100، داده های‌بار برای نوع E اعمال می شود. حداکثر سرعت جریان‌برای بخار فوق گرم 40 متر بر ثانیه و برای آب 5 متر بر ثانیه‌است. حداکثر جریان
:به‌عنوان تابعی از فشار، دما و طول نصب در مورد هوا مشخص‌می شود. برای مثال، در دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد،موارد زیر اعمال می شود eدرجه.تا 20 متر بر ثانیهF3 تا 30 متر بر ثانیه و F2 ،تا 40 متر بر ثانیه F1 :و C40

استاندارد16179 DIN روپین، ترموول ها را برای دماسنج های‌شیشه ای و دماسنج های عقربه ای توصیف‌می کند و ابعاد، نوع و جنس آنها را مشخص می کند.بین انواع BE ،BD و BS برای دماسنج های با انتهای رزوه دارو ... تمایز قائل می شود.

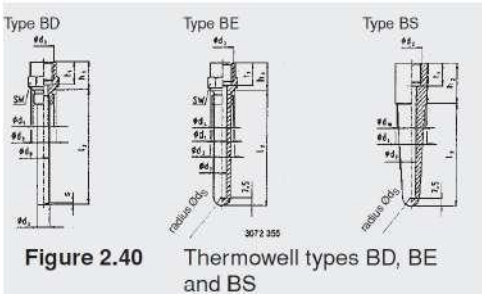
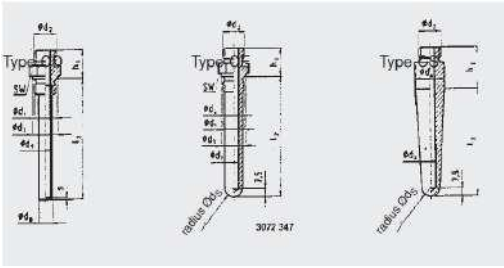


Figure 2.40 Thermowell types BD, BE and BS



شکل۲.۴۱ ترموول های‌نوع CD، CE و CS

نوعBD و CD

ترموول های‌رزوه دار (d) A، G 1/2 A ،G 3/8 ،M 27 x 2 M 18 x 1.5، M 20 x1.5، و G 3/4 A. ترموول های این نوع‌استوانه ای هستند و از چندین جزء متصل و جوش داده شده‌یا لحیم شده به یکدیگر تشکیل شده اند. آنها از

برنجی‌برای استفاده در فشارهای عملیاتی تا حداکثر PSI 400(25 بار) و دمای عملیاتی 160درجه‌ج. لوله های محافظ فولادی‌ممکن است تا فشار ۴۰ بار و ۳۰۰ بار استفاده شوند. درجه‌فولاد ضد زنگ تا ۴۰۰ ،Cدرجه‌سی.

نوعBE و CE

ترموول های‌رزوه دار M 27 x 2، G 3/8 ،A، G 1/2 A (d) ،M 20 x1.5 ،M 18 x 1.5 و G 3/4 A. ترموول های این نوع‌استوانه ای شکل هستند و از مواد جامد ساخته شده اند. آنهابرای فشارهای عملیاتی تا حداکثر 64 بار و دمای عملیاتی160 از برنج ساخته شده اند.درجه‌ج. ترموول های فولادی‌ضد زنگ ممکن است تا فشار ۱۵۰ بار و ۴۰۰ بار استفاده‌شوند.درجه‌ترموول های ساخته شده از فولاد ضد زنگ،جنس شماره ۷۳۳۵.۱، تا ۱۶۰ بار و ۵۶۰ ،Cدرجه‌سی.

نوعBS و CS

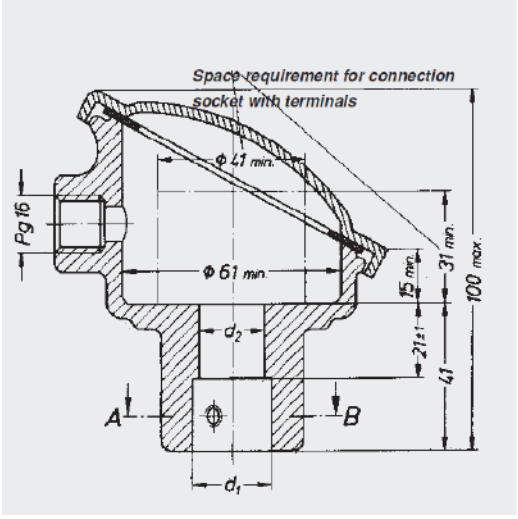
ترموول های‌جوشی ساخته شده از مواد جامد. حداکثر فشارهاو دماهای عملیاتی و همچنین مواد مورد نیاز برابر با مواردمشخص شده برای نوع BE و CE است.

ترموول های‌این شش نوع برای دماسنج هایی با قطر لوله غوطه وری۶، ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۳ میلی متر ساخته می شوند. با قطر۱۲ و ۱۳ میلی متر، فقط رزوه های M 27 x 2 و G 3/4 A برای‌ترموول های پیچی امکان پذیر است. سایر ابعاد و به ویژه‌طول ترموول (l) مربوط به طول نصب (l) دماسنج های مورداستفاده در جداول ۱ و ۲ استاندارد DIN 16179، نشان داده‌شده است. ماده جامد مورد استفاده برا ی تولید ترموول های‌BS، CE، BE و CS باید عاری از ترک و حفره باشد.

سرهای‌اتصال استاندارد

سراتصال مجموعه ترموول شامل سوکت ترمینال دماسنج مقاومتی‌یا عنصر اندازه گیری ترموکوپل و احتمالا فرستنده دمانیز می شود. این سر، سوکت را در برابر اثرات محیطی مانندآلودگی، گرد و غبار و رطوبت محافظت می کند. در ترموول هایی‌با لوله گردن بلند و سر اتصال فلزی سنگین، یعنی‌چدن، رفتار ارتعاشی کل مجموعه ترموول ممکن است تغییرکند و به دلیل ... لوله گردن بشکند.رزونانس های سر(به‌بخش 2.3.2.2 مراجعه کنید). سرهای اتصال استاندارد هستند-

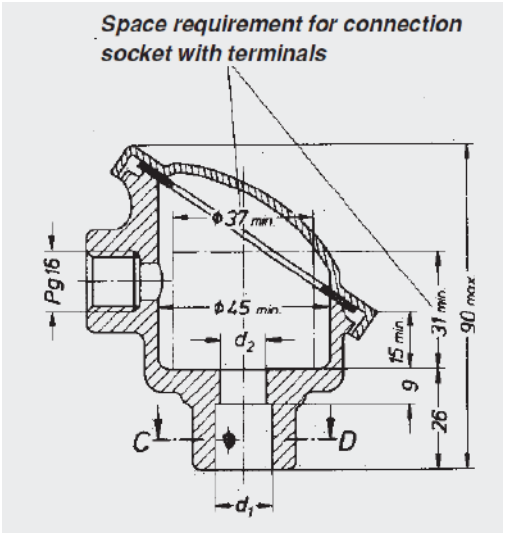
مطابق‌با استاندارد اروپایی DIN 43729. این استاندارد بین انواعA و B تمایز قائل می شود و چدن، آلومینیوم و پلاستیک‌را به عنوان ماده مجاز می داند. این استاندارد تمام جزئیات‌طراحی سر اتصال را به طور کامل مشخص می کند.با این حال، سرهای اتصالی که از این استاندارد منحرف‌می شوند، مؤثر شناخته شده اند. بنابراین، نسخه جدید43729 DIN فقط داده های ضروری برای کاربرد جهانی‌سرهای اتصال را مشخص می کند. حداقل مقادیر برای‌فضای مورد نیاز سوکت اتصال و حداکثر مقادیر برای ارتفاع‌کلی مشخص شده است. جزئیاتی مانند قفل درپوش‌به طراح واگذار شده است.



شکل۲.۴۲ سراتصال مطابق با استاندارد DIN43749، نوع A

سراتصال نوع A با ابعاد (d) 24 ،12 و 32 میلی متر برای مونتاژبا نگه دارنده صاف یا ترموول

(شکل 2.42)



شکل۲.۴۳ سراتصال مطابق با استاندارد DIN43749، نوع B

سراتصال، نوع B با ابعاد اسمی (d) 15 میلی متر و 1.5 x M24 برای مونتاژ با نگهدارنده صاف یا ترموول یا ترموول با بوشرزوه دار 1.5 x M 24.

۲.۳.۳اندازه گیری دما در اجسام جامد و روی سطوح

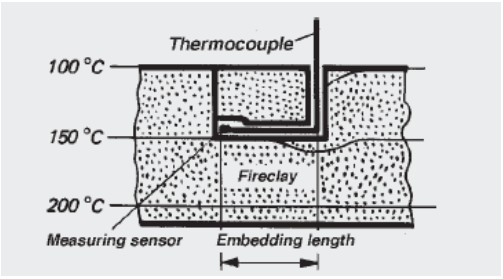
۲.۳.۳.۱نصب دماسنج در اجسام جامد

برای‌نصب دماسنج جهت اندازه گیری دما در اجسام جامد، بایدسوراخ هایی ایجاد شود. سوراخ ها و دماسنج ها با میدان‌دمایی درون جسم تداخل می کنند و منجر به خطاهای اندازه گیری‌می شوند. هرچه قطر سوراخ نسبت به ابعاد جسم‌بزرگتر باشد، عمق سوراخ نسبت به قطر آن کمتر باشد ورسانایی گرمایی دماسنج نصب شده با رسانایی گرمایی جسم‌متفاوت تر باشد، خطاهای اندازه گیری بیشتر می شوند.هنگام اندازه گیری دما در برای‌اجسامی با رسانایی حرارتی خوب، نسبت قطر به عمق سوراخ‌باید حداقل ۵:۱ باشد، و در اجسامی با رسانایی حرارتی‌ضعیف بین ۱۰:۱ تا ۱۵:۱.

یک‌قانون کلی این است که سنسور دما همیشه باید با تماس‌حرارتی مستقیم در سوراخ نصب شود و بنابراین فاصله‌هوایی بین سوراخ و دماسنج باید تا حد امکان کوچک نگه‌داشته شود. اگر دما تا 350درجه‌ف (180درجه‌ج) اندازه گیری‌می شوند، می توان از ترکیبات انتقال حرارت برای‌بهبود انتقال حرارت استفاده کرد.

دراجسامی با رسانایی حرارتی ضعیف، فقط باید از دماسنج هایی‌با اتلاف حرارت کم استفاده شود. دماسنج هایی‌که به طور نادرست نصب شده اند، تداخل زیادی‌با میدان دما در اجسامی با رسانایی حرارتی خوب ندارند،اما ممکن است در اجسامی با رسانایی ضعیف، خطاهای‌اندازه گیری بزرگی رخ دهد. فقط ترموکوپل های نازک(سیم های حرارتی)، یعنی قطر 0.004، مناسب هستند.

تاعمق ۴.۳ اینچ،
ایزوترم،آیا می توانید

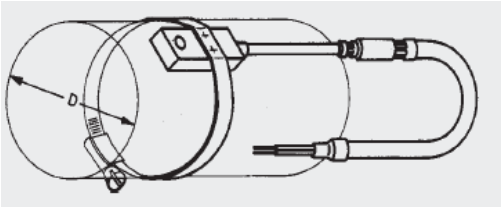


شکل۲.۴۴ اندازه گیری‌دما در اجسام جامد

شکل۴۴.۲ اندازه گیری دما با ترموکوپل را در موادی با رسانایی‌حرارتی ضعیف نشان می دهد. در این مورد، گرما نیزاز طریق سیم ها جریان می یابد، اما فقط از نقاطی روی بدنه‌که به اندازه کافی از نقطه اندازه گیری دور هستند. بنابراین،اتلاف گرما از طریق ترموکوپل به سختی با دمای محیط‌نقطه اندازه گیری تداخل می کند.

۲.۳.۳.۲اندازه گیری دما روی سطوح

اندازه گیری‌دما روی سطوح مشکل ساز است زیرا هر سطح بدن‌اگر دمای محیط از دمای آن منحرف شود، به طور مداوم بامحیط خود گرما تبادل می کند. بنابراین باید اطمینان حاصل‌شود که تبادل گرما بین دماسنج و سطح به طور خاص‌خوب است و تبادل گرما بین دماسنج و محیط به طور خاص‌کوچک است، ترجیحا بّه کوچکی تبادل گرما بین بدن و محیط.به طور کلی باید اطمینان حاصل شود که حسگر دما درتماس حرارتی با سطح است. در رساناهای ضعیف و به ویژه‌سطوح ناهموار، ترکیب انتقال گرما تا 350 توصیه می شود.درجه‌ف (180درجه‌ج) به عنوان یک حامل واسطه. برای‌جلوگیری از خطاهای اندازه گیری در نتیجه اثرات تابش هنگام‌نصب حسگر دما، رفتار انتشار آن ترجیحا بّاید مشابه سطح‌مورد اندازه گیری باشد. اتلاف گرما از طریق دماسنج نیزباعث خطاهای اندازه گیری می شود. برای به حداقل رساندن‌این اثر، از نازک ترین ترموکوپل های ممکن استفاده می شودکه ترجیحا دّر امتداد یک ایزوترم سطحی قرار می گیرند.بنابراین نقطه ای که دما از سطح از طریق دماسنج هدایت‌می شود، از نقطه اندازه گیری فاصله دارد و خطای اندازه گیری‌تا حد زیادی کاهش می یابد. ترموکوپل های غلاف داربا دیواره نازک با قطرهای کوچک (<0.02 اینچ) در بیشترموارد الزامات ذکر شده در بالا را برآورده می کنند. می توان‌این ترموکوپل ها را محکم روی سطح اندازه گیری شده‌فشار داد، آنها را در سطح آب بندی کرد یا به سطح جوش‌داد. صفحات فلزی کوچک ساخته شده از مواد رسانای‌حرارتی خوب، یعنی مس، را می توان روی سطوح ناهمواربو موادی با رسانایی حرارتی ضعیف نیز فشار داد یا لحیم‌کرد. سپس ترموکوپل روی صفحه فلزی نصب می شود.بنابراین هم سطح تماس و هم تبادل گرما افزایش یافته‌و کاهش دمای موضعی با حذف گرما در نقطه اندازه گیری‌کاهش می یابد. دماسنج های مقاومتی را می توان‌در سطوح بزرگتر، یعنی لوله ها و مخازن نیز استفاده‌کرد. آنها به سطح رزوه می شوند یا به سطوح لوله گیره‌می شوند.



شکل۴۵.۲ اندازه گیری‌دما روی سطوح لوله

۲.۴متغیرهای اندازه گیری دما

۲.۴.۱انتقال حرارت از فرآیند به دماسنج

۲.۴.۱.۱رسانایی حرارتی مواد

اگریک نقطه اندازه گیری دما در نقطه X در یک فرآیند تولید قرارگرفته باشد، سوالات زیر باید در برنامه ریزی و طراحی این‌نقطه اندازه گیری روشن شوند.

الف) چگونه می توان دما را با دقت کافی در نقطه X بدون تداخل‌قابل توجه در توزیع دما و در نتیجه فرآیند اندازه گیری‌کرد؟

ب) آیا میانگین دما در محیط نقطه X نیز باید اندازه گیری شودیا اندازه گیری فقط در «نقطه X» انجام می شود؟

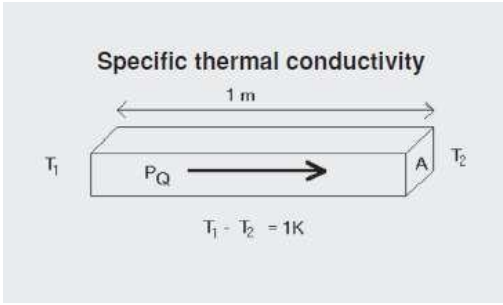
ج) با وجود اندازه لوله محافظ و عنصر اندازه گیری، دما با چه‌دقتی قابل اندازه گیری است؟

د) چه تغییر دمایی در طول زمان قرار است با این دماسنج اندازه گیری‌شود؟ (به بخش ۵.۲ مراجعه کنید)

اندازه گیری‌دما مستلزم آن است که انرژی گرمایی حاصل از فرآیند‌از طریق لوله محافظ و عنصر اندازه گیری به حسگر اندازه گیری‌منتقل شود. بنابراین**رسانایی حرارتی**یا **مقاومت‌در برابر حرارت**از مواد مورد استفاده بسیار مهم است.

انتقال‌انرژی گرمایی را می توان با انتقال آب مقایسه کرد. مفاهیم‌فیزیکی مربوط به اندازه گیری دما، مفاهیم معادلی دراندازه گیری فشار آب دارند. به عنوان مثال، دما با فشار آب‌و مقاومت حرارتی یک ماده با مقاومت جریان یک لوله آب‌مطابقت دارد.

همانطورکه لوله های مختلف آب را کم و بیش به طور مؤثر منتقل‌می کنند، هر جسم یا ماده ای گرما را کم و بیش به طورمؤثر هدایت می کند. **رسانایی حرارتی ویژه**ل مربوط به توان‌حرارتی P که به ازای هر سطح مقطع A از طریق یک میله‌به طول ۱ متر منتقل می شود، که ابتدا و انتهای آن اختلاف‌دمای ۱ کلوین دارند.**مقاومت ویژه هدایت حرارتی**۱ /لیتر است.



شکل۲.۴۶ تعریف‌رسانایی حرارتی ویژه

توان‌حرارتی منتقل شده از طریق یک میله برابر است با

$$P_Q = \lambda \cdot \frac{A}{l} \cdot \Delta T \quad \text{with} \quad \Delta T = T_1 - T_2 \qquad (2\text{-}51)$$

where

P_Q	=	transported thermal power
λ	=	specific thermal conductivity
l	=	bar length
A	=	cross-sectional area of the bar
T_1	=	temperature at the 1st end of the bar
T_2	=	temperature at the 2nd end of the bar

درجدول 2.8 که رسانایی حرارتی ویژه فلزات، جامدات، گازهاو مایعات را نشان می دهد، می توان مشاهده کرد که تفاوت‌بین مواد ممکن است از ضریب 10000 فراتر رود.

مواد	حرارتی رساناییλ [وزن/(متر بر کلوین)]
موادخالص	
استیلن	۰.۰۲۱
الکل	۰.۱۷۰
الومینیوم	۲۰۴
اسفالت	۰.۷۶
بنزین	۰.۱۳۰
سرب	۳۵
مینا	۱.۳۴
شیشه	۰.۸۱
گرافیت	۱۲۰تا ۱۵۰
لاستیک	۰.۱۶
ایگلیت(فویل پی وی سی)	۰.۱۶
بلوککربن	۶.۱تا ۷.۴
مس	۴۰۸
چرم	۰.۱۵
هوا	۰.۰۲۶
نیکل	۶۰
اوپانول	۰.۲۷
پلاتین	۷۱.۲
پرسلان	۷.۱تا ۵.۳
پروپان	۰.۰۱۸
شیشه	۱.۳۴
جیوه	۱۰.۰
شن‌و ماسه (خشک)	۰.۵۸
نقره	۴۳۲
فولاد(غیرالیاژی)	۵۲
فولاد(X 12 CrNi 188)	۱۴
تانتالوم	۵۴.۵
آب	۰.۰۶۰
اجر(خشک)	۱.۰
قلع	۶۵
آلودگی	
رسوب‌دیگ بخار، گچ	۶.۰تا ۳.۲
رسوب‌دیگ بخار، سیلیکات	۰۸.۰تا ۱۸.۰
دوده،خشک	۰۳۵.۰تا ۰۷.۰
گردو غبار زغال سنگ، خشک	۰.۱۱
یخ	۷۵.۱تا ۳.۲
لایه‌ژلاتینی آب خنک کننده	۰.۳۵
لایه‌ژلاتینی آب نمکی	۰.۴۶
نمک	۰.۶
برف(شبیه یخ زدگی)	۰.۱۶

۲.۱.۴.۲ مقاومت انتقال حرارت در فصل مشترک ها و مرزهای‌فاز

گرمانمی تواند بدون مانع در فصل مشترک بین مواد یا فازهای‌مختلف جریان یابد. مقاومت انتقال حرارت این فصل‌مشترک به ساختار سطح، هندسه حسگر، شرایط جریان‌و رسانایی حرارتی متفاوت مواد یا فازها بستگی دارد. توان‌حرارتی منتقل شده در این مورد برابر است با

$$P_Q = \alpha_k \cdot A \cdot \Delta T \quad \text{with} \quad \Delta T = T_1 - T_2 \qquad (2\text{-}52)$$

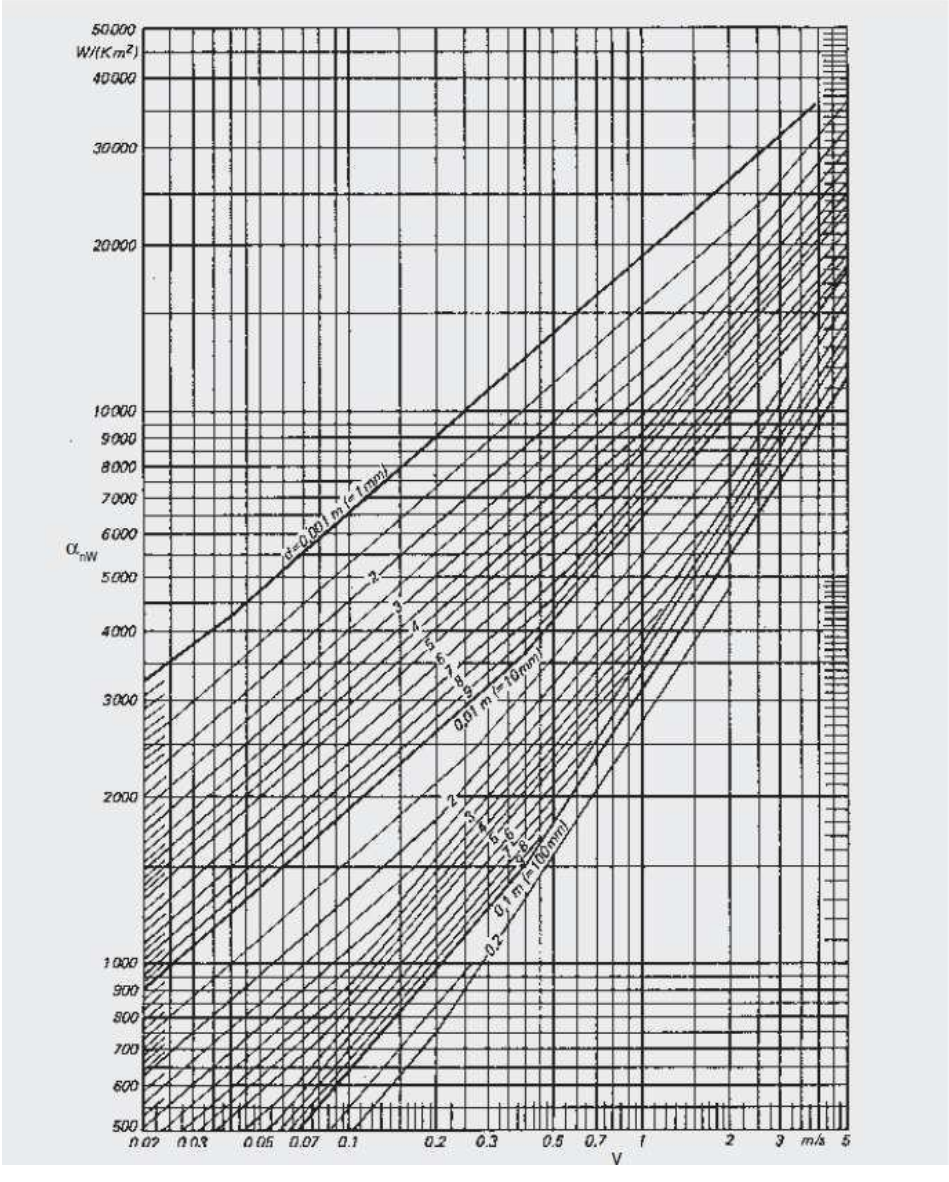
where

P_Q	=	transported thermal power
α_k	=	specific heat transfer coefficient
A	=	interface of the materials or phases
T_1	=	temperature of the 1st material
T_2	=	temperature of the 2nd material or phase

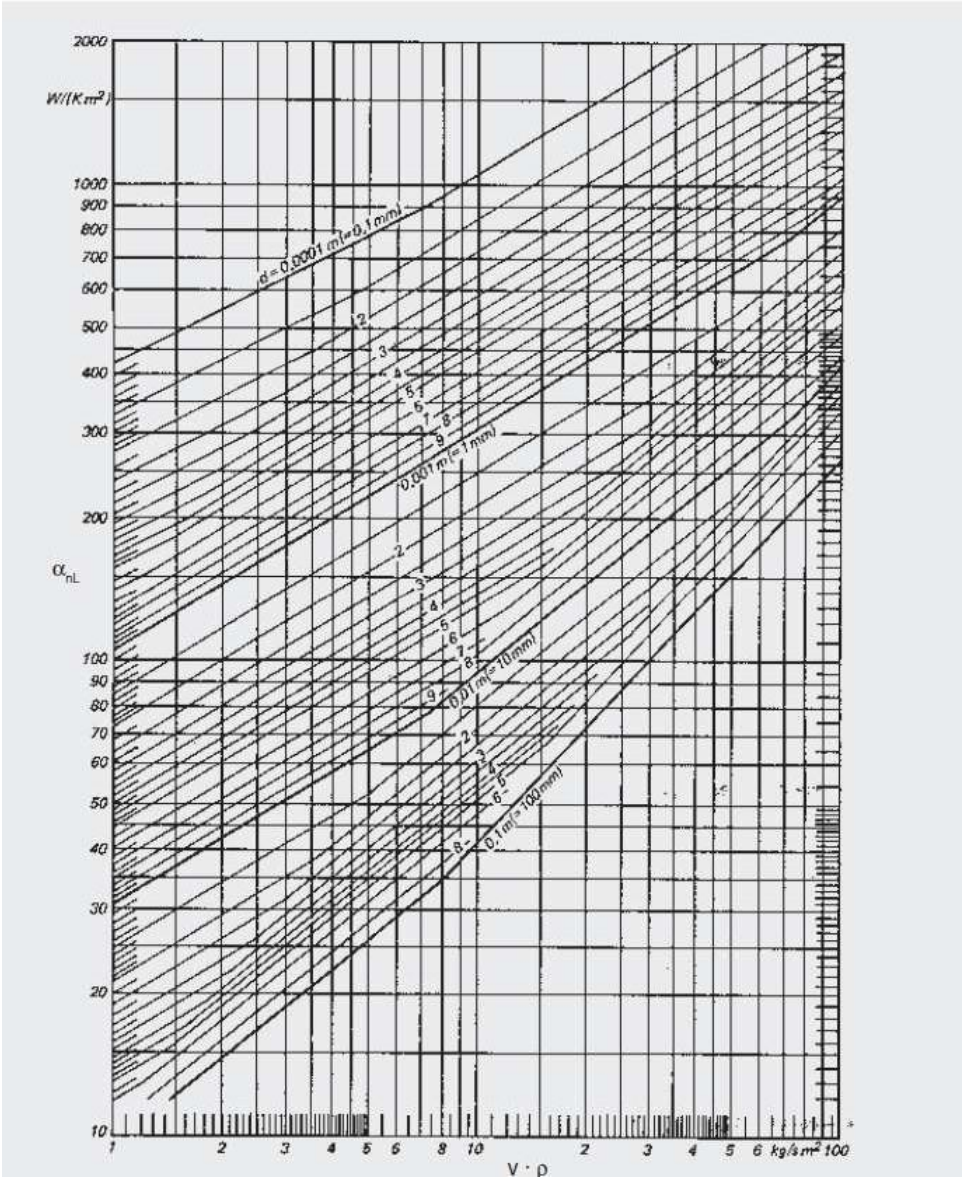
The**ضریب انتقال حرارت**آلفاٴنه تنها به نوع محیط یا ماده‌مورد استفاده مانند λ وابسته است، بلکه به عوامل هندسی‌و فرآیندی منحصر به فرد مانند قطر دماسنج، سرعت،ویسکوزیته، فشار، زاویه جریان فرودی و دمای مطلق‌محیط اندازه گیری شده نیز بستگی دارد.

محاسبه‌کاملا آنفرادی عموما آمکان پذیر نیست. بنابراین به ضرایب‌انتقال خاص α اشاره می شود.$\alpha_{\text{ن.ل}}$و $\alpha_{\text{شمال غربی}}$که برای لوله هایی‌که در معرض جریان عرضی در هوا یا آب در دمای ۶۸درجه سانتیگراد قرار داشتند، تعیین شدند.درجه‌اف (20) درجه‌ج).

برای‌آب، $\alpha_{\text{شمال غربی}}$مستقل از فشار در محدوده وسیعی در ۶۸ است‌درجه‌و. ارائه اطلاعات مربوط به دبی جریان و قطر لوله‌کافی است.



شکل۲.۴۷ ضریب‌انتقال حرارت برای آب در دمای ۶۸درجه‌اف (20)درجه‌ج)



v · ρ

شکل۲.۴۸ ضریب‌انتقال حرارت برای هوا برای لوله های در معرض جریان عرضی در دمای ۶۸درجه‌ف

دبی‌جرمی در ثانیه، و نه سرعت، معیار مهم برای ضریب انتقال‌حرارت α در مورد هوا است. دبی جرمی در ثانیه با حاصلضرب‌چگالی نسبی [kg/m3] ρ نشان داده می شود[۳. باسرعت‌و‌ی[چگالی به فشار و دما وابسته است. چگالی را می توان‌تقریبا برای فشارهای کمتر از 1500 PSI (100 بار) ودمای کمتر از 300 محاسبه کرد.درجه‌ج:

$$\rho(p, T) = 374{,}19 \frac{p}{T} \qquad (2\text{-}53)$$

ρ = density
p = pressure
T = temperature in K

نمودار‌بالا (شکل)۴۸.۲ ضریب انتقال حرارت هوا را در دمای ۷۰ درجه‌سانتیگراد نشان می دهد.درجه‌ف.

شرایط‌اندازه گیری واقعی توسط ضرایب تصحیح جبران می شوند،که در آنها ضریب انتقال حرارت برای آب یا هوا ضرب‌می شود:

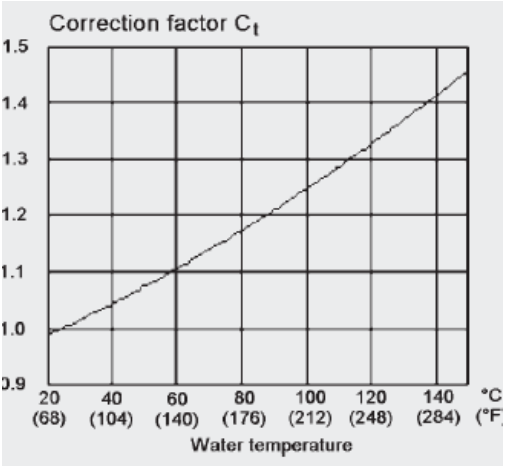
$$\alpha_W = C_t \cdot C_\beta \cdot C_{be} \cdot \alpha_{nw} \qquad (2\text{-}54)$$

$$\alpha_L = C_\beta \cdot C_{be} \cdot \alpha_{nL}$$

C_t = correction factor for the water temperature (see Figure 2.49)

C_β = correction factor for the angle of incident flow (see Table 2.9)

C_{be} = correction factor for coating and/or contamination of protective tube (see Figure 2.50)

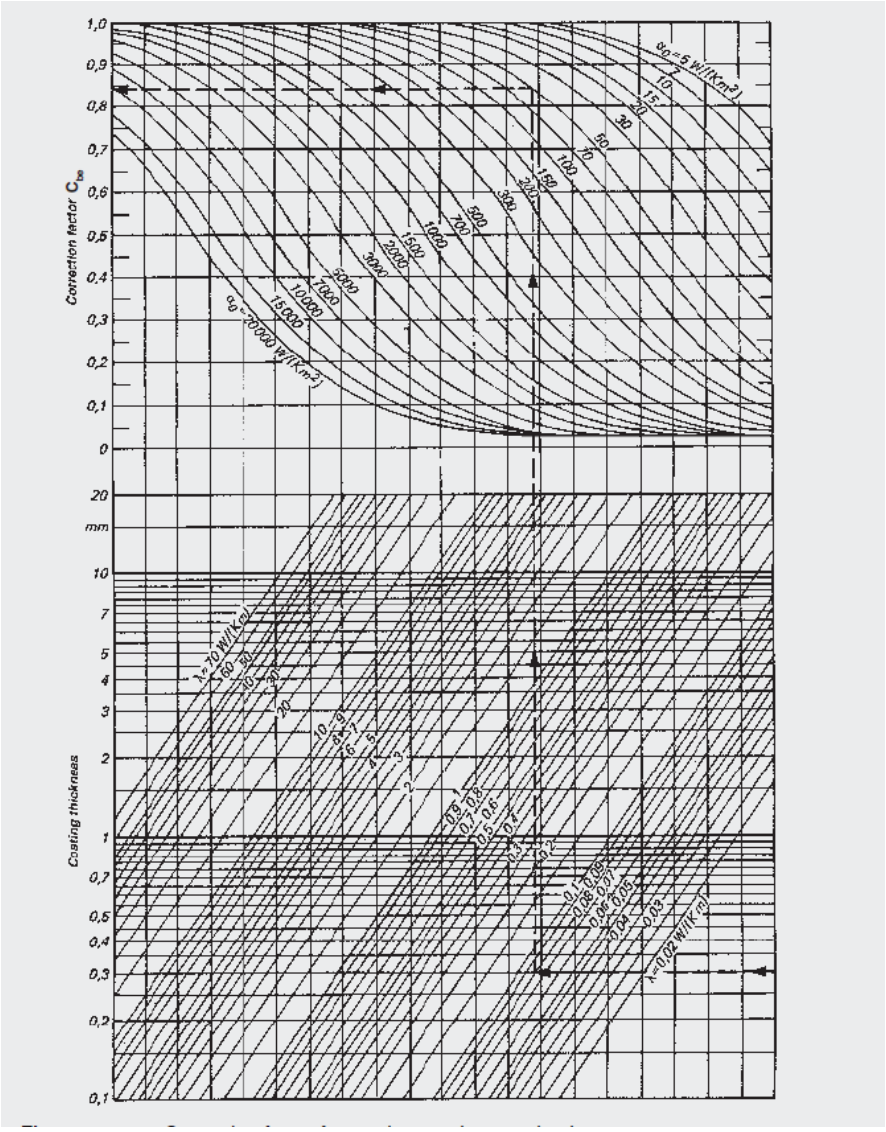


شکل۲.۴۹ ضریب‌اصلاح c برای دم‌ای آب

°(βچ و)	۸۰درجه ۱۷۶درجه	۷۰درجه ۱۵۸درجه	۶۰درجه ۱۴۰درجه	۵۰درجه ۱۲۳درجه	۴۰درجه ۱۰۴درجه
	۱.۰	۰.۹۹	۰.۹۵	۰.۸۶	۰.۷۵

بل۲.۹ضریب تصحیح برای زاویه جریان‌حادثه β

دماسنج‌اغلب با یک پوشش ضد رسوب عرضه می شودتا از رسوب کثیفی و دوده روی دماسنج جلوگیری‌شود. این پوشش ضخیم... **ها**و رسانایی گرمایی۸ پوشش (جدول 2.9) انتقال حرارت به آنتر را تعریف‌می کنند. مقدار ضریب انتقال حرارت دماسنج،که بدون پوشش حاصل می شود، نیز بر اثر پوشش‌محافظ تأثیر می گذارد. ضریب تصحیح را می توان‌از شکل 2.50 با ... خواند.**ها**α و ۸ ،۵.



شکل۲.۵۰ ضریب‌اصلاح برای پوشش ها و آلودگی ها

اندازه گیری‌در ماده ای غیر از هوا یا آب

برای‌اندازه گیری در مواد دیگر برای محاسبه ضریب انتقال حرارت، می توان یک ضریب تبدیل تعیین کرد:

$$\alpha_F = a_F \cdot \alpha_w \quad \text{for liquid} \quad (2\text{-}55\,a) \qquad \alpha_G = a_G \cdot \alpha_L \quad \text{for gases} \quad (2\text{-}55b)$$

ماده	۱۰۰-درجه‌سی) ۱۵۰-درجه‌ف	-50درجه‌سی) -60درجه‌ف	۰درجه‌سی ۳۲درجه‌ف	۲۰درجه‌ج / ۶۸درجه‌ف برای مایعات ۲۵درجه‌ج / ۷۷درجه‌ف برای‌گازها	۵۰درجه‌سی ۱۲۰درجه‌ف	۱۰۰درجه‌سی ۲۱۲درجه‌ف	۲۰۰درجه‌سی ۴۰۰درجه‌ف	۳۰۰درجه‌سی ۵۷۰درجه‌ف	۵۰۰درجه‌سی ۹۳۰درجه‌ف
هیدروژن	۸.۸۹	۹.۹۹	۱۰.۹	۱۱.۱	۱۱.۲	۱۱.۱	۱۰.۸	۱۰.۴	۱۰.۴
مونوکسیدکربن	۰.۸۲	۰.۸۹	۰.۹۹	۰.۹۸	۰.۹۶	۰.۹۶	۰.۹۵	۰.۹۵	(0.95)
نیتروژن	۰.۸۷	۰.۹۷	۱.۰۲	۱.۰۲	۱.۰۲	۱.۰۲	۱.۰۲	۱.۰۱	۱.۰۱
گازدودکش (از گاز روشنایی بدون‌هوای اضافی)	—	—	—	۱.۰۳	۱.۰۴	۱.۰۵	۱.۰۵	۱.۰۵	۱.۰۵
نیتروژن۳۰۰(بار)	(۱.۸۹)	(۱.۶۲)	۱.۴۷	۱.۳۸	۱.۳۴	۱.۳۴	۱.۱۵	(۱.۱۱)	(۱.۰۳)
متان	۱.۳۶	۱.۵۵	۱.۷۷	۱.۸۳	۱.۸۸	۲.۰۰	(۲.۳۹)	(۲.۵۲)	(۳.۰۰)
اتیلن	۰.۸۳	۰.۸۹	۱.۰۷	۱.۱۳	۱.۱۸	۱.۳۷	(۱.۴۱)	(۱.۵۸)	—
دی‌اکسید کربن	—	۰.۶۳	۰.۷۱	۰.۷۳	۰.۷۷	۰.۸۰	۰.۸۵	۰.۸۸	۱.۰۱
آمونیاک	—	۱.۳۶	۱.۴۱	۱.۴۴	۱.۴۸	۱.۵۵	۱.۶۷	۱.۷۵	۱.۸۵
پروپان	(0.39)	(0.46)	۰.۹۹	۱.۰۷	۱.۱۲	۱.۲۶	(۱.۴۵)	(۱.۶۵)	—
بوتان	(0.38)	۰.۴۱	۰.۴۴	۱.۰۸	۱.۱۷	(۱.۳۲)	(۱.۵۰)	(۱.۷۳)	—
بخارآب	—	—	—	—	—	۱.۲۸	۱.۲۶	۱.۳۳	۱.۴۸
متان	—	۰.۳۷	۰.۴۸	۰.۴۱	۰.۳۶	۱.۰۷	۱.۱۸	(۱.۲۸)	—
اتانول	(0.14)	۰.۲۳	۰.۳۸	۰.۲۹	۰.۲۷	۱.۱۲	۱.۳۴	۱.۳۷	—
تراکلریدکربن	—	—	۰.۲۹	۰.۲۵	۰.۲۲	۰.۴۳	۰.۴۴	۰.۴۴	(0.45)
بنزن	—	—	—	۰.۲۹	۰.۲۶	۰.۹۳	۱.۱۷	۱.۲۶	—
نرمال-هپتان	—	۰.۳۳	۰.۳۷	۰.۳۱	۰.۲۷	۱.۱۶	۱.۴۰	(۱.۵۰)	—
دیفیل(داوترم)	—	—	—	۰.۱۶	۰.۱۷	۰.۱۸	۰.۲۱	—	—
روغنHT	—	—	—	۰.۱۰	۰.۱۱	۰.۱۲	۰.۱۵	۰.۱۹(۲)	—
اتیل‌گلیکول ۳۵٪وزنی	—	—	۰.۷۱	۰.۷۳	۰.۷۵	—	—	—	—
اسیدهیدروکلریک 30٪وزنی	—	—	۰.۷۱	۰.۶۴	۰.۶۰	—	—	—	—
اسیدسولفوریک ۹۶٪وزنی	—	—	—	۰.۲۶	۰.۲۹	—	—	—	—
سودالی ۵۰٪وزنی	—	—	(0.28)	۰.۳۱	۰.۴۰	—	—	—	—
منیزیگرید۳ ۳۰٪وزنی	—	۰.۵۰(۲)	۰.۶۹	۰.۷۰	—	—			

۱)ضرایب تبدیل برای -100درجه‌سی (-150درجه‌و) و -50درجه‌سی (-60درجه‌و) به آب و هوا در نقطه صفر اشاره دارددرجه‌سی)۳۲(درجه‌و)

۲)به آب با نرخ ۳۰۰ ارجاع داده شده است‌درجه‌سی (400درجه‌و)

۳)در -20درجه‌سی ۴(-درجه‌و)

الف‌درسمت چپ خط تقسیم، و a در سمت راست‌ت قرار دارد

جدول۱۰.۲ ضرایب‌تبدیل برای مواد اندازه گیری شده

۳.۱.۴.۲انتقال گرما از طریق تابش

فقطانتقال حرارت از طریق ماده یا در تماس مستقیم با سطوح‌بین ماده مورد اندازه گیری و دماسنج در بخش های ۱.۱.۴.۲و ۲.۱.۴.۲ توضیح داده شده است.**تابش حرارتی**شکل دیگری‌از انتقال گرما است. اگر ماده مورد اندازه گیری در برابرگرمای تابشی نفوذپذیر باشد، دماسنج و سطح دیواره محیط،انرژی گرمایی را تبادل می کنند. این اثر برای مواد اندازه گیری‌شده که در برابر تابش گرمایی نفوذناپذیرند، نیازی‌به در نظر گرفتن ندارد. موارد زیر در مورد لوله دماسنجی‌صدق می کند که سطح A آن دمای متفاوتی با سطح‌دیواره محیط A دارد.

$$P_{st} = \alpha_{st} \cdot A \cdot (T_t - T_w) \qquad (2\text{-}56)$$

$$\alpha_{st} = a_{st} \cdot \varepsilon \cdot C_s$$

$$a_{st} = \frac{\left(\frac{T_t}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_w}{100}\right)^4}{T_t - T_w}$$

$$C_s = 10^8 \cdot k = 5.67 \cdot \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$$

P_{st} = transferred thermal power
α_{st} = heat radiation transfer coefficient
A = thermocouple surface
a_{st} = temperature factor
ε = degree of emission of thermometer surface, see Table 2.11
C_s = "Technical radiation constant" with k = Stefan-Boltzmann constant
T_t = thermometer temperature
T_w = surface temperature of vessel wall

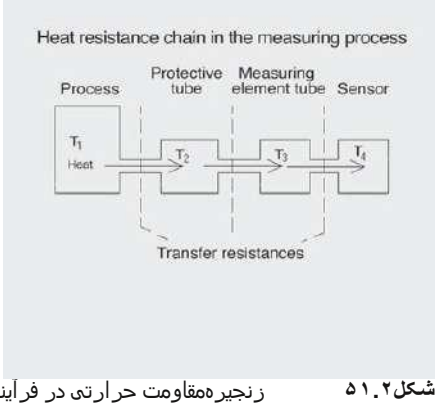
مواد	ε	ε· سی ها [وزن/متر۲] ک)؛
فلزات،فولادهای آلیاژی صیقل‌داده شده	۰۴.۰تا ۰۷.۰	۲۳.۰تا ۴.۰
ورق‌آلومینیوم، خام	۰.۰۷	۰.۴
ورق‌آهن، روکش نیکل مات	۰.۵۵	۰.۶۵
برنجی،مات	۰.۲۲	۱.۳
ورق‌آهن تازه‌لپ شده	۰.۲۵	۱.۴
سرب،نیکل، اکسید شده	۰.۲۹	۱.۶
ورق‌فولادی، پوسته نورد شده	۰.۶۵	۳.۷
آهن،مس اکسید شده	۷.۰تا ۸۴.۰	۴تا ۸.۴
موادسرامیکی، آهن‌لعاب کاری شده	۹۰.تا ۹۶.۰	۱.۵تا ۵.۵

جدول۲.۱۱ میزان‌انتشار مواد مختلف

این‌مکانیسم ها طبق قانون روی هم قرار گرفتن به عنوان کل‌توان حرارتی منتقل شده با هم جمع می شوند. از این رو ضریب‌انتقال کل آلفابه شرح زیر است:

$$\alpha_{th} = \alpha_k + \alpha_{st} \qquad (2\text{-}57)$$

درشرایط اندازه گیری واقعی، تصویر پیچیده ای از انتقال حرارت‌و تلفات حرارتی حاصل می شود. شکل ۵۱.۲ به صورت‌ساده شده، یک زنجیره انتقال معمول از انتقال حرارت‌را تا حسگر نشان می دهد:



شکل۵۱.۲ زنجیره‌مقاومت حرارتی در فرآیند اندازه گیری

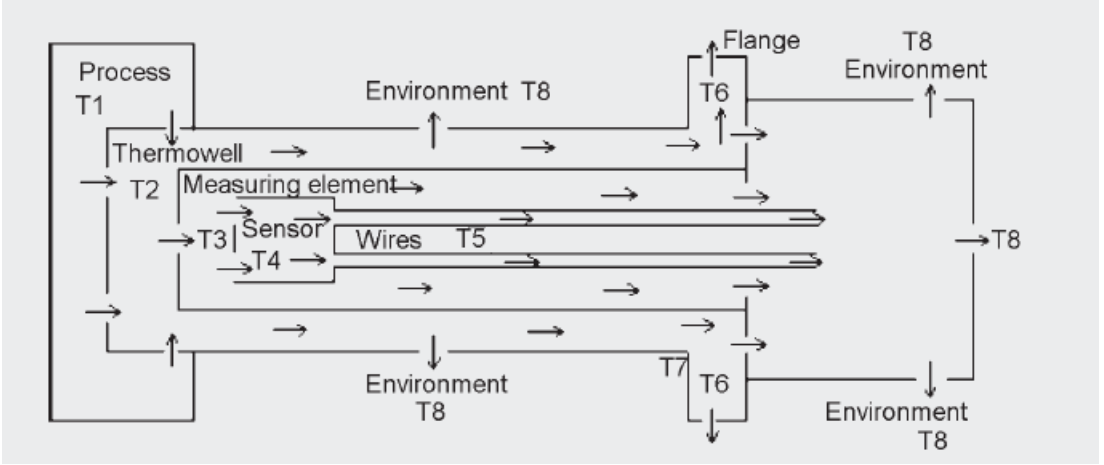
اتصال‌و جمع مقاومت های هدایت حرارتی و مقاومت های انتقال‌حرارت در یک دماسنج، شبیه به اتصال و قرار دادن لوله های‌مختلف برای تشکیل یک شبکه لوله است. همانطورکه آب از طریق یک شبکه لوله به یک سنسور فشار جریان‌می یابد، انرژی حرارتی باید از طریق شبکه مقاومت های‌انتقال به سنسور برسد. اگر هیچ اتلاف حرارتی‌تا سنسور یا در سنسور وجود نداشته باشد، پس از مدت‌زمان مشخصی، علیرغم مقاومت های انتقال، دمای یکسانی‌در همه جا حاکم خواهد بود:

$$T_1 = T_2 = T_3 = T_4$$

به‌همین ترتیب، در مورد آب در یک شبکه لوله بدون اتلاف، فشاریکسانی در همه جا حاکم است. این اثر در اندازه گیری فشاراستفاده می شود. اگر جریان گرمایی در حسگر وجود داشته‌باشد که از طریق آن انرژی گرمایی از دست می رود، یکگرادیان دمای دای‌می بین نوک دماسنج و حسگر با توجه به‌بزرگی جریان گرمایی خروجی ایجاد می شود:

$$T_1 > T_2 > T_3 > T_4$$

چنین‌جریان خروجی انرژی گرمایی همیشه در طول اندازه گیری‌دما وجود دارد. در تمام دماسنج های غوطه وری، گرماز طریق لوله دماسنج به محیط جریان می یابد. انرژی گرمایی‌ممکن است از طریق ترموول فلنج دار، لوله عنصر اندازه گیری،پر شدن عنصر اندازه گیری و ... جریان یابد.



شکل۲.۵۲ زنجیرمقاوم در برابر حرارت دماسنج

لوله،کابل یا سیم های رابط برق. همه این احتمالات اتلاف گرماباید در نظر گرفته شوند. شکل ۵۲.۲ جریان های حرارتی ممکن‌را نشان می دهد.

محاسبه‌مستقیم و دقیق خطای انتقال حرارت برای یک دماسنج‌بسیار زمان بر و پیچیده است. یک سیستم معادلات‌با حداقل ده معادله دیفرانسیل وابسته به یکدیگر بایدحل شود. هر خط اتصال ممکن بین دو نقطه دما باید توسطیک معادله دیفرانسیل توصیف شود. با این حال، اگر خطای‌انتقال حرارت یک دماسنج منفرد در دو ماده اندازه گیری‌شده مختلف، یعنی آب و هوا، مشخص باشد، رفتاراین دماسنج را می توان از طریق دو معادله مرتبط با دماسنج‌محاسبه کرد. **پارامترهای K‌وپنجم**برای سایر شرایط‌اندازه گیری. پارامتر K نشان دهنده رفتار رسانایی حرارتی‌داخلی دماسنج است. پارامتر V معیاری از کل رفتار انتقال‌حرارت دماسنج صرف‌نظر از ماده اندازه گیری شده مورداستفاده است. اگر اندازه گیر ی‌در ماده اندازه گیری شدهX غیر از آب یا هوا انجام شود، رفتار دماسنج با کمک ضرایب‌تبدیل a برای‌گازها نسبت به هوا و a برای مایعات نسبت‌به آب محاسبه می شود (به جدول 2.10 مراجعه کنید)
.

ازنظر ریاضی**ضریب انتقال حرارت مؤثرالف** اثر به‌صورت مجموع دو ضریب نشان داده شده است کمبودها:

$$\frac{1}{\alpha_{xeff}} = \frac{1}{\alpha_{thx}} + \frac{1}{c_{th}} \qquad (2\text{-}58)$$

α_{xeff} = the effective transfer coefficient for the measured substance X

α_{thx} = the transfer coefficient α_{th} for the measured substance X according to equation 2-55

c_{th} = constant internal transfer coefficient for this thermometer, which is based only on the type of thermometer

به‌عنوان مرحله دوم، یک ماده فرضی اندازه گیری شده M معرفی‌می شود. M ضریب انتقالی صد برابر ضریب انتقال اندازه گیری‌شده در هوا برای این دماسنج دارد که با سرعت ۱متر بر ثانیه تعیین شده است.

$$\frac{\alpha_{thm}}{\alpha_{thL}} = 100 \qquad (2\text{-}59)$$

α_{thm} = transfer coefficient of the thermometer in the measured substance M

α_{thL} = transfer coefficient of the thermometer in air according (1 m/s)

ضریب‌انتقال مؤثر در ماده فرضی اندازه گیری شده M نسبت‌به ضریب انتقال مؤثر در هوا به عنوان پارامتر دماسنجV تعریف می شود.

$$V_T = \frac{\alpha_{meff}}{\alpha_{Leff}} \qquad (2\text{-}60)$$

V_T = thermometer parameter for the total transfer behavior

a_{meff} = effective transfer coefficient in measured substance M

a_{Leff} = effective transfer coefficient in air (1 m/s)

بنابراین V پارامتری است که فقط با نوع دماسنج تعیین می شود.ضریب انتقال مؤثر برای یک ماده اندازه گیری شده اختیاریX برابر است با:

$$\frac{\alpha_{Leff}}{\alpha_{xeff}} = \frac{1}{0{,}99\,V_T} \cdot \left[\frac{V_T - 1}{\left(\frac{\alpha_{thx}}{\alpha_{thL}}\right)} + 1 - \frac{V_T}{100} \right] \qquad (2\text{-}61)$$

(۲-۶۱)

اگرمقدار استاندارد در آب برای ماده مورد اندازه گیری درج شود،X و V را می توان از مقادیر استاندارد در هوا و آب تعیین‌کرد:

$$V_T = \frac{\frac{\alpha_{thw}}{\alpha_{thL}} - 1}{\left(\frac{\alpha_{thw}}{\alpha_{thL}}\right) \cdot \left(0.01 + 0.99\ \frac{\alpha_{Leff}}{\alpha_{weff}}\right) - 1} \qquad (2\text{-}62)$$

تعریفK: ثی

همراه هندسه ساختار ارجاع داده شده به اندازه گیری استانداردر هوا است λ شامل خلاصه ای از ثابت های هدایت‌حرارتی داخلی K

برای‌دماسنجی که حسگر در نوک آن قرار دارد و طول آن در مقایسه‌با طول حسگر زیاد است، موارد زیر در مورد نسبت استاتیک‌صدق می کند:**خطای نصب:**X در ماده اندازه گیری شدهF

$$F_x = \frac{1}{\cosh\left(\sqrt{\frac{\alpha_{xeff}}{\alpha_{Leff}} \cdot K_T}\right)} \qquad (2\text{-}63)$$

with

$F_x = \frac{T_x - T_{thx}}{T_x - T_w}$ = relative installation error in the measured substance X

T_X = temperature of the measured substance X

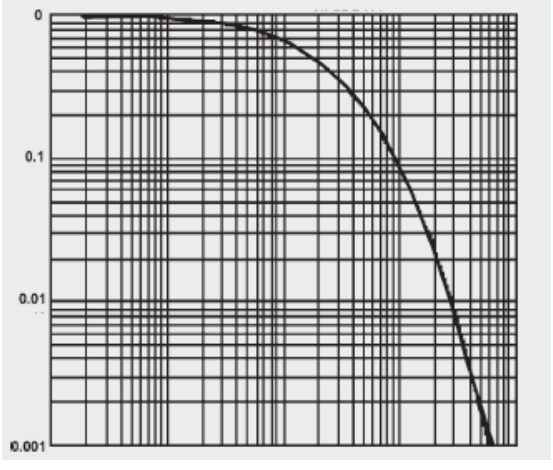
T_{thx} = sensor temperature in the measured substance X

= measured value of the thermometer in X

T_w = wall or flange temperature of the thermometer

K_T = thermometer parameter

رابطه‌بین F ایکو اصطلاح زیر
ریشه‌معادله ۶۳-۲ در شکل ۵۳.۲ نشان داده شده است:



مواردزیر در مورد خطای اندازه گیری نسبی در هوای F اعمال می شود. ل تحت‌شرایط استاندارد:

$$F_x = \frac{1}{\cosh\left(\sqrt{\frac{\alpha_{xeff}}{\alpha_{Leff}} \cdot K_T}\right)} \qquad (2\text{-}64)$$

$$\frac{\alpha_{xeff}}{\alpha_{Leff}} \cdot K_T = K_T$$

$$K_T = \left(\operatorname{acosh}\left(\frac{1}{F_L}\right)\right)^2$$

بنابراین،K را م یتوان مستقیما آز اندازه گیری استاندارد در هواتعیین کرد.

ثابت های‌دماسنج K به صورت زیر نیوV می توی اند de- باشد
خاتمه‌می یابند: الف) تعیین a و a
برای‌جایگاه-
اندازه گیریard با کمک شکل تو های ۴۷.۲، ۴۸.۲، ۴۹.۲،
جداول۸.۲، ۱۱.۲ و معادلات مربوطه ۵۳-۲ تا ۵۷-۲

تعیین‌تجربی خطای نسبی F با شکل 2.53 یا معادله 2-64.تع یین K از F با شکل 2.5.3 یا معادله 2-64. a با شکل2.53 و F تعیین می شود.

$$\frac{\alpha_{Leff}}{\alpha_{weff}} \cdot K_T$$

is calculated:

$$\frac{\alpha_{Leff}}{\alpha_{weff}} = \frac{K_T}{\frac{\alpha_{weff}}{\alpha_{Leff}} \cdot K_T}$$

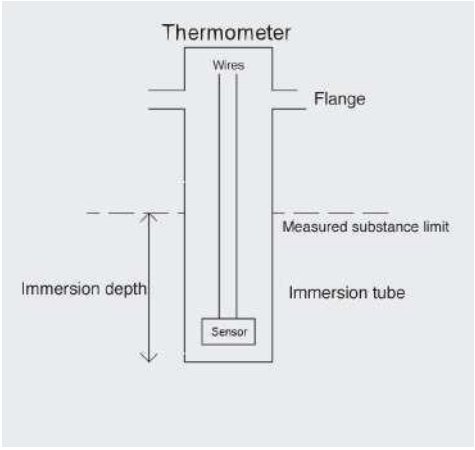
پنجی م‌سپس‌با معادله ۶۲-۲ محاسبه می شود. پس از تعیینV وK، خطای نصب برای سایر شرایط اندازه گیری‌و ماده اندازه گیری شده دیگر X به راحتی قابل‌محاسبه است.

د) a و a از جداول و نمودارهای زیر (الف) تعیین می شوند. جمله‌ریشه ای ۶۴-۲ با V و K محاسبه می شود.
نی ازمعادله
بخش.۶۱-۲

خطای‌نصب نسبی F که با شکل ۵۳.۲ ایکو سی پس‌تعیین می شود- استخراج‌شده است.

۲.۴.۲عمق غوطه وری دماسنج

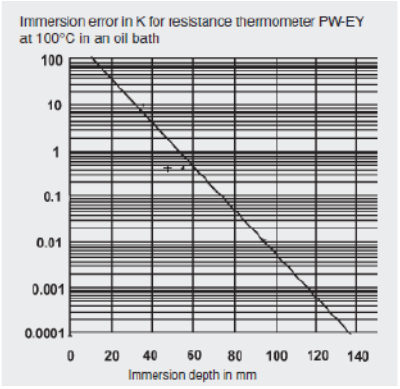
مباحث‌مطرح شده در بخش 2.4.1 بر اساس این الزام است که‌دماسنج آنقدر عمیق در مواد مختلف مورد اندازه گیری نفوذکند که شرایط اندازه گیری قابل مقایسه باشند.**عمق غوطه وری**طولی از دماسنج است که مستقیما در ماده مورداندازه گیری نفوذ می کند یا در آن فرو می رود.



شکل۲.۵۴ عمق‌غوطه وری دماسنج

The طول فعالطول یک دماسنج، طولی است که در آن دماسنج‌به طور مؤثر میانگین دماها را در نتیجه ورود و خروج‌گرما محاسبه می کند. بنابراین**حداقل عمق غوطه وری**عمق غوطه وری دماسنج در ماده مورد اندازه گیری،عمق غوطه وری است که پایین تر از آن، اندازه گیری‌در محدوده دقت مورد نیاز قرار می گیرد. عمق غوطه وری‌برابر با طول فعال به علاوه ۱۵ ضربدر قطر داخلی است.

خطای‌غوطه وری بر حسب K برای دماسنج مقاومتی PW-EY در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراددرحمام روغن



عمق‌غوطه وری (میلی متر)

شکل۲.۵۵ نمودار اندازه گیری عمق غوطه وری

طول‌فعال دماسنج باید برای اندازه گیری های dard استفاده‌شود. طول فعال یا عمق غوطه وری m با برداشت‌همزمان از یک کنترل دما تعیین می شود (به بخش3.2.3.3 مراجعه کنید). مقدار اندازه گیری شده برای‌هر عمق غوطه وری خاتمه یافته و خطای اطمینان‌روی h غوطه وری رسم شده است.

خودگرمایش‌دماسنج های الکتریکی

اگردما با یک مقاومت سنج اندازه گیری شود، مقاومت‌الکتریکی R حسگر باید با کمک جریان I_s اندازه گیری‌شود. خروجی الکتریکی P

پنجم
مقاومت اندازه گیری R در انرژی‌گرمایی:

$$P_V = R_S \cdot I_m^2 \qquad (2\text{-}65)$$

بنابراین،اگر دماسنج الکترونیکی مستقیما رّوی حسگر قرارگیرد، انرژی گرمایی h خطای خودگرمایی را به مقدار‌اندازه گیری شده اضافه می کند.
این‌انرژی گرمایی باید از طریق همان کوپلینگ های گرمایی‌که از طریق h به داخل جریان می یابند، منتقل شود.
یابه سمت ریشه دماسنج. برای اندازه گیری های دمای‌آهنگ، اثر خودگرمایی به این معنی است که اندازه گیری هاباید با کوچکترین جریان های ممکن انجام‌شوند و دماسنج یا عنصر حسگر تماس گرمایی ممکن‌را با زیرلایه اندازه گیری شده داشته باشد.
بنابراین،یک جریان اندازه گیری I حداکثر ۱ ثانیه برای مقاومت های100 PT توصیه می شود. با این مرتبه از بزرگی‌جریان اطمینان، خطای خودگرمایی عموماً

ورودی های‌زیر 0.05 کلوین

شرایط‌مشابه با شرایط خطای القایی استاتیک، برای تعیین‌خطای خودگرمایشی E نیز اعمال می شود.ایکس.

خودگرمایی‌در دو ماده مختلف تحت شرایط عادی اندازه گیری‌می شود.

(هوا و آب طبق بند 2.7.1.5) و پارامتر V بر این اساس برای این‌دماسنج تعیین می شود. خطای خودگرمایی E در ماده اندازه گیری‌شده X از طریق این پارامتر V محاسبه می شود. V را می توان طبق روش زیر تعیین کرد.

الف) تعیین a و a طبق بخش 4.1.2 و معادلات 2-53 تا 2-57.
ب) تعیین تجربی خطای خودگرمایی برای جریان مرجع اندازه گیری‌I در آب و هوا طبق بند 2.7.1.5.

ج) معادله زیر اعمال می شود:

$$\frac{\alpha_{Leff}}{\alpha_{weff}} - \frac{E_W}{E_L} \qquad (2\text{-}66)$$

E_W = self-heating error in water
E_L = self-heating error in air
α_{Leff} = effective transfer coefficient in air
α_{weff} = effective transfer coefficient in water

پنجم‌با معادله ۲-۶۲ محاسبه می شود.

خطای‌خود گرمایشی E‌در ماده اندازه گیری شده، X را می توان‌با V معلوم محاسبه کرد.یک الزام این است که جریان‌اندازه گیری یکسانی I‌همانطور که در تعیین V‌ای استفاده‌می شود. اگر اندازه گیری با جریان اندازه گیری دیگری‌انجام شود، I‌مربخطای خودگرمایی تعیین شده باید مطابق‌بخش ۵.۱.۷.۲ تبدیل شود.

-طبق بخش های ۱.۴.۲ و ۲.۴.۲ ضریب انتقال حرارت a‌ای برای ماده اندازه گیری شده X تعیین می شود. علاوه براین، a‌ای از الف) و از ب) استفاده می شوند.

-موارد زیر با معادله 2-61 و V محاسبه می شود‌ای:

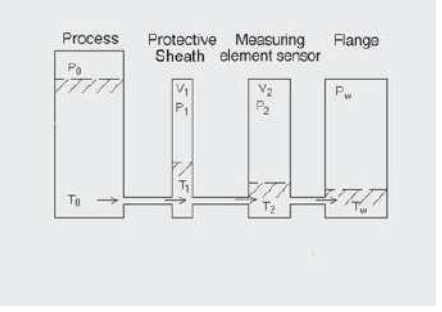
$$E_X = \frac{\alpha_{Leff}}{\alpha_{xeff}} \cdot E_L \qquad (2\text{-}67)$$

۲.۵پاسخ زمانی دماسنج های تماس‌مستقیم

۲.۵.۱پاسخ زمانی در مدل آب

تمام‌فرآیندهای انتقال فیزیکی، چه انتقال آب و چه انتقال حرارت،فرآیندهایی در زمان هستند. زمان در بخش 2.4 موردبررسی قرار گرفت. در آن بخش، فقط دمایی که پس از زمان‌کافی به عنوان حالت تعادل ایجاد می شود، شرح داده شد.

تارسیدن به حالت تعادل، می توان پاسخ زمانی انرژی گرمایی‌را با رفتار انتقال آب مقایسه کرد. در این مقایسه، نقطه‌اندازه گیری دما توسط یک مخزن بزرگ آب نشان داده شده‌است، فرآیند با فشار P۰و چندین مخزن کوچکتر با حجم V۱، V۲و V۳که توسط لوله هایی به یکدیگر متصل شده و به ترتیب‌پر می شوند.



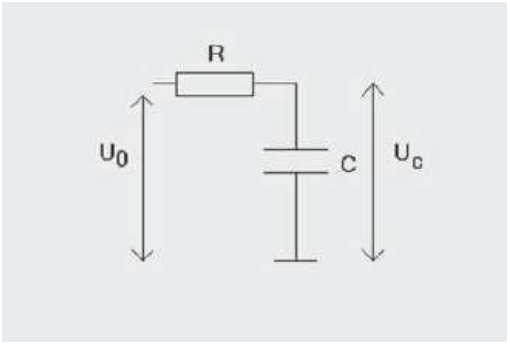
شکل۲.۵۶جریان های متعادل کننده ی آب های مجاور مخازن‌آب

فشار=P۱ پ=۲ 0 در مخازن در زمان t۰هر مخزن باید کاملا پُر شودتا بتواند فشار آب را که نشان دهنده دما است، به طور کامل‌منتقل کند. اندازه مخزن نشان دهنده ...**ظرفیت گرمایی**مقدار آبی که می تواند در هر ثانیه از یک مخزن به مخزن‌دیگر جریان یابد، به اختلاف فشار بین مخازن بستگی دارد.هرچه مخازن به طور مساوی پر شوند، برابرسازی فشار کندتراتفاق می افتد. مقدار آب در هر ثانیه مربوط به ... است.**خروجی حرارتی‌یاجریان گرما**بین مخازن، و اختلاف فشاربه اختلاف دما.

۲.۵.۲مدل های **RC** برای توصیف رفتار دینامیکی دماسنج ها

۱.۲.۵.۲دماسنج با تابع نمایی پاسخ‌گذرا و مدل **RC**

رفتارانتقال حرارت نسبت به زمان از الگویی پیروی می کند که‌اغلب در مقالات شرح داده شده است -**عناصر RC**(ترکیب های‌مقاومت/خازن) در مدارهای الکترونیکی.



شکل۲.۵۷عنصر RC

In Figure 2.57:

electrical resistance R	=	heat transfer resistance $1/\alpha$
voltage U_0	=	measured substance temperature T_m
voltage U_C	=	thermometer temperature T_{th}
electrical capacitance	=	heat capacity of the thermometer C_{th}
electrical current I	=	heat flow

مواردزیر در مورد پاسخ زمانی ولتاژ U صدق می کند:

Dynamic relative response error:

$$\delta_c (t - t_0) = \frac{U_c(t) - U_c(t_0)}{U_c(t_0) - U_0} = e^{-\frac{t-t_0}{R\cdot C}} \qquad (2\text{-}68)$$

Relative transient response:

$$\eta_c (t - t_0) = \frac{U_c(t) - U_0}{U_c(t_0) - U_0} = e^{-\frac{t-t_0}{R\cdot C}} \qquad (2\text{-}69)$$

$$= 1 + \delta_c (t - t_0)$$

$U_c(t)$ = voltage at capacitor at time t
U_0 = constant process voltage at the R-C element input
t_0 = starting time

زمانτ + t = t کهه در آن اختلاف ولتاژ)t(U - U به e/1 از مقدار اولیه کاهش می یابد، برابر است با

$$\tau_c = R \cdot C \qquad (2\text{-}70)$$

so that

$$\eta_c (t - t_0) = 1 - e^{-\frac{t-t_0}{\tau_c}} \qquad \delta_c (t - t_0) = 1 - e^{-\frac{t-t_0}{\tau_c}}$$

اعمال‌می شود.

پاسخ‌زمانی یک دماسنج با سطح مقطع و ساختار یکنواخت درطول فعال (به بخش 2.4.2 مراجعه کنید) از نظر فیزیکی باپاسخ زمانی یک عنصر RC مطابقت دارد. بنابراین دماسنج های‌از این نوع با ... مشخص می شوند.
دماسنج هایی‌با پاسخ گذرای نمایی.

طبق‌عنصر RC، فرمول های مربوط به **خطای پاسخ نسبی پویا**اعمال شود. (برای ساده سازی، t = 0 درج شده است).

0

$$\delta (t) = \frac{T_{th} (t) - T_{th} (0)}{T_{th} (0) - T_m} = e^{-\frac{1}{\tau}} \qquad (2\text{-}71)$$

transient response:

$$\eta (t) = \frac{T_{th} (t) - T_m}{T_{th} (0) - T_m} = 1 - e^{-\frac{1}{\tau}} = 1 + \delta(t) \qquad (2\text{-}72)$$

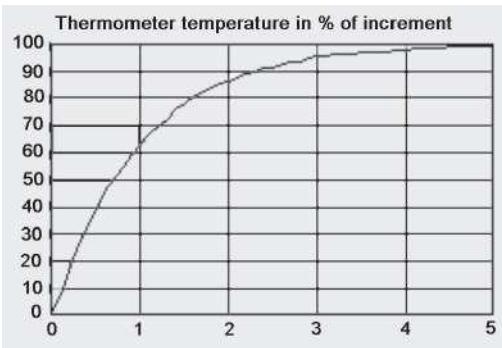
$T_{th}(t)$ = thermometer temperature at time t
T_m = measured substance temperature

with:

$$\tau = \frac{v \rho c_{th}}{A \alpha_{xeff}} \qquad (2\text{-}73)$$

τ = time constant
V = thermometer volume
ρ = mean density of the thermometer
c_{th} = mean specific heat capacity
A = thermometer surface
α_{xeff} = effective heat transfer coefficient

منحنی‌دما به عنوان تابعی از زمان به صورت گرافیکی در شکل2.58 برای دماسنجی با τ = 1 ثانیه نشان داده شده است:



شکل۲.۵۸پاسخ دینامیکی زمانی یک دماسنج‌با پاسخ گذرای نمایی

علاوه‌بر**ثابت زمانی**ت... **زمان** (10٪ خطا از بین رفته است)،**نیم دوره t**
۰٫۵ (50٪ خطا از بین رفته است) و**زمان** ۰٫۹ (90٪ خطا از بین رفته است) پارامترهای مهمی در متروولوژی‌هستند. موارد زیر در مورد دماسنجی با ... اعمال می شود.**پاسخ گذرای نمایی**(در فاکتورهای τ):

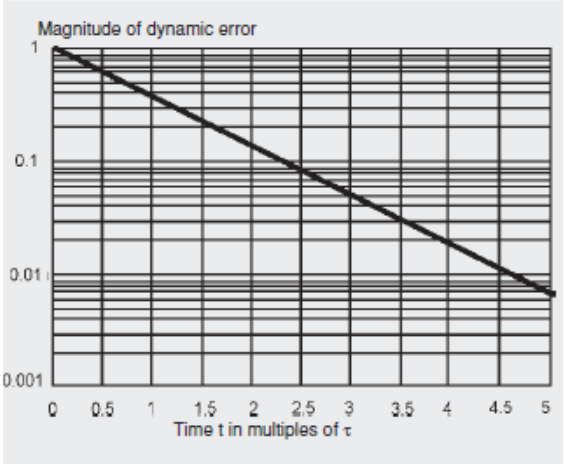
$$t_{10} = 0.104\tau \qquad \text{10\% time}$$
$$t_{50} = \tau \cdot \ln 2 = 0.693\tau \qquad \text{50\% time} \qquad (2\text{-}74)$$
$$t_{90} = 2.303\tau \qquad \text{90\% time}$$

The ratio of t_{90}/t_{50} is:

$$\frac{t_{90}}{t_{50}} = 3.32 \qquad (2\text{-}75)$$

بااندازه گیری نسبت t /۹۰تی۵۰به راحتی می تواند بررسی‌شود که آیا دماسنج پاسخ گذرای نمایی دارد یا خیر.

باپاسخ دینامیکی زمانی نمایی دماسنج، یک خط مستقیم در یکنمودار نیمه لگاریتمی (شکل 2.59) نشان دهنده بزرگی خطایپاسخ دینامیکی (t) است.



شکل۲.۵۹پاسخ دینامیکی یک اکسپوژر دماسنج‌ضروری

الف‌دماسنجw گذرای‌نمایی i ام

پاسخ‌فرکانسی را می توان به عنوان یک عنصر تأخیر ساده مانندیک عنصر RC در نظر گرفت. پاسخ فرکانسی به صورت‌زیر توصیف می شود:

$$F(p) = \frac{1}{1 + p \cdot \tau} \qquad p = i\omega \qquad (2\text{-}76)$$

f(p) = complex frequency response
ω = angular frequency (Hz)
$\psi(\omega) = \arctan\left(\frac{\omega}{\tau}\right)$
ψ = Phase delay

Theفرکانس محدود کنندهfگ،که در آن واکنش دماسنج به‌حدود ۷۰٪ زمان پاسخ دینامیکی در ماده مورد اندازه گیری کاهش‌یافته است، برابر است با:

$$f_g = \frac{1}{2\pi\tau} \qquad (2\text{-}77)$$

فرکانس‌محدود کننده fگ،برای دماسنجی با τ = 1 ثانیه، برابر با0.16 هرتز است.

به‌این معنی است که اگر دمای ماده مورد آزمایش 10کلوین بر ثانیه افزایش یابد، اولین افزایش دمای قابل‌تشخیص این دماسنج حدود۱ ثانیه بعد و تا زمانی که افزایش دما ادامه داشته‌باشد، نشانه تقریبا ۱۰ کلوین خیلی کم است. اگر افزایش‌دما در ماده اندازه گیری شده پایان یابد، اندازه گیری از10 هزار واپاشی با زمان های پاسخ ۵۰(t،

۲.مدار پایه مدل RC در اندازه گیری دما

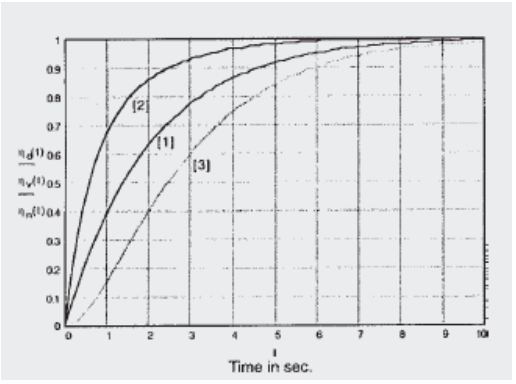
ساختارواقعی دماسنج ها تقریبا یکسان است. بین غلاف‌محافظ عنصر اندازه گیری، یک شکاف هوا وجوددارد که اثر تأخیری دارد. حسگر ترموکوپل ها اغلب‌مستقیما در نوک دماسنج به لوله جوش داده می شود.بنابراین پاسخ زمان واقعی به طور قابل توجهی تحت‌تأثیر قرار می گیرد.

الف) اگر/۹۰تی۵۰از ۳۲.۳ بیشتر شود، به دماسنجی با ... ارجاع داده‌می شود.**سرب‌یااثر سطحی**، زیرا با همان t ۵۰Tکوچکتر ازدماسنجی با پاسخ گذرای نمایی است. دماسنج هایی که حسگرآنها نزدیک سطح است، یعنی در مورد ترموکوپل جوش‌داده شده، دارای یک سیم رابط هستند.

ب) اگر $t_{۵}/t_{۹}$. برابر با ۳۲.۳ باشد، پاسخ گذرای نمایی یا اثر حجمی‌اعمال می شود.

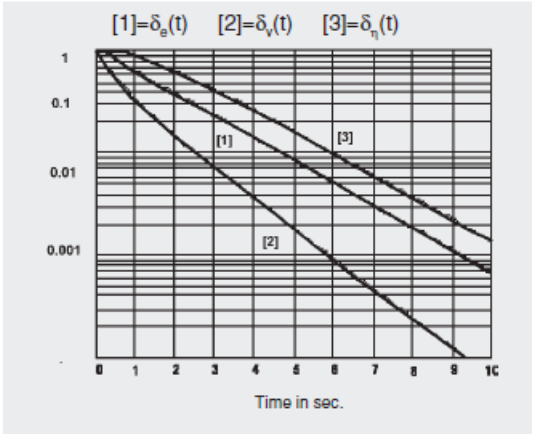
ج) اگر $t_{۵}/t_{۹}$. کمتر از 3.32 باشد، به دماسنجی با ... مراجعه کنید.**تأخیر**یا**اثر مرکزی**زیرا با همان τ، t بزرگتر از دماسنجی باپاسخ گذرای نمایی است$_{۵}$.در دماسنج هایی که حسگر آنها در ...قرار دارد، تأخیر رخ می دهد.**مرکز لوله**یعنی در المان های‌اندازه گیری استاندارد PT 100. به همین ترتیب، تأخیردر دماسنج هایی که با یک شکاف هوایی در غلاف محافظنصب می شوند، نیز رخ می دهد. این دماسنج ها یک"منحنی S" را به عنوان پاسخ گذرا نشان می دهند.

شکل۲.۶۰ منحنی زمانی پاسخ گذرا را برای



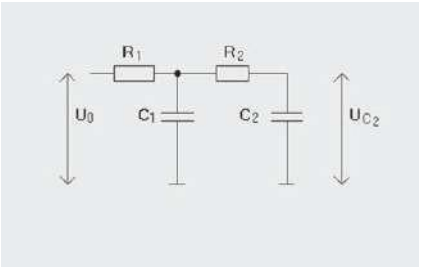
شکل۲.۶۰پاسخ های گذرای مختلف
دماسنج هایی‌با منحنی نمایی [1]،
تقدم[2] و تأخیر [3]

اگرتوابع خطای دینامیکی این نوع دماسنج ها به صورت نیمه‌لگاریتمی نمایش داده شوند (شکل 2.61)، انحرافات مشخصه‌از خط مستقیم در دماسنج های دارای تقدم یا تأخیر مشهوداست.



شکل۲.۶۱خطای دینامیکی دماهای مختلف
مترهای‌با منحنی نمایی [1]، تقدم
[2] و تأخیر [3]

پاسخ‌زمانی دماسنج
می توان‌سیستمی با تأخیر زمانی را که بر اساس نوع ساخت‌خاتمه می یابد، به صورت نمادین با ترکیب عناصرRC کلی نشان داد. یک سیستم با تأخیر زمانی را می توان‌با اتصال سری دو عنصر RC نشان داد.



شکل۲.۶۲سیستم RC با تأخیر

پاسخ‌گذرا را می توان عموما بّه صورت روی هم قرار دادن چندین‌تابع نمایی نمایش داد. معمولا دّو تابع نمایی برای نمایش‌دقیق کافی هستند. نمایش ریاضی پاسخ گذرا h و پاسخ‌فرکانسی مختلط)F(p برای این مورد به شرح زیر است:

$$\eta_{th}(t) = 1 - \frac{\tau_1 - \tau_v}{\tau_1 - \tau_2} \cdot e^{-\frac{1}{\tau_1}} + \frac{\tau_2 - \tau_v}{\tau_1 - \tau_2} \cdot e^{-\frac{1}{\tau_2}} \qquad (2\text{-}78)$$

and

$$F(p) = \frac{1 + p + \tau_v}{(1 + p + \tau_1) \cdot (1 + p + \tau_2)} \qquad (2\text{-}79)$$

τ_v = lead time constant
τ_1, τ_2 = delay time constant

۳.۵.۲مقادیر مشخصه برای پاسخ زمانی

مقادیر مشخصه t، tبرای مقایسه پاسخ زمانی The دماسنج های‌مختلف استفاده می شوند. t به این معنی است‌که حسگر فقط محیط نزدیک خود را در ماده مورد اندازه گیری‌و دماسنج «درک» می کند. t به این معنی است که‌حسگر علاوه بر این، اثر محیط بیشتر را نیز «درک» می کند.**دو**رقطعات دماسنج ها. این رفتار اجازه می دهد تا دماسنج هابه صورت انتخابی و بر اساس پاسخ زمانی مورد نیازتولید شوند. موقعیت حسگر، انتخاب مناسب مواد و طراحی‌هندسی می تواند رفتار میرایی مورد نیاز را تنظیم کند.

مقادیرمشخصه واقعی t و t دماسنج مختص‌موا د در اندازه گیری‌شده هستند و دقیقا مانند خطای گرمایش استاتیک(بخش 2.4) تحت تأثیر شرایط اندازه گیری قرار می گیرند.از آنجایی که محاسبه دقیق از طریق ساختار دماسنج‌بسیار دشوار است، اندازه گیری زمان های انتقال دماسنج‌برای دو شرایط اندازه گیری استاندارد برای مقدار موردنیاز η و تشکیل یک ثابت V بر این اساس نیز به عنوان روش‌در این مورد استفاده می شود. با Vو زمان های انتقال‌اندازه گیری شده tدبلیو تی، زمان انتقال tایکس‌در ماده‌ث اندازه گیری‌شده، X می تواند دوباره برای این مقدار تعیین شود. ηوقتی ضرایب انتقال حرارت برای ماده اندازه گیری شده(Xتی اچ ایکس) و برای هوا (aتی اچ ال) شناخته می شوند.

الف) تعیین V تی

.طبق‌رویه اندازه‌گیری استاندارد با کمک شکل های ۴۷.۲، ۴۹.۴۸،۲.۲ و جداول ۸.۲، ۱۱.۲ و معادلات مربوطه ۵۳-۲ تا ۵۷-۲تعیین می شوند a و a -

- تی‌ها وt به صورت تجربی برای مقدارگذاری مورد نیاز (مثلا t، t) در آب وهوا.

-موارد زیر اعمال می شود:

$$\frac{t_w}{t_L} = \frac{\alpha_{Leff}}{\alpha_{weff}} \qquad (2\text{-}80)$$

α_{Leff} = effective transfer coefficient in air
α_{weff} = effective transfer coefficient in water
t_w, t_L = transfer time in water and air with fixed η

پنجم‌سپس با معادله ۶۲-۲ محاسبه می شود.

ب) تعیین زمان انتقال t‌ایکس‌برای η در ماده اندازه گیری‌شده X

-طبق بخش های ۱.۴.۲ و ۲.۴.۲ ضریب انتقال حرارت aتی اچ ایکس‌برای ماده اندازه گیری شده X تعیین می شود. علاوه بر این،aتی اچ الو تی‌از الف) استفاده می شوند.

-موارد زیر با معادله 2-61 و V محاسبه می شودث:

$$t_x = t_L \cdot \frac{\alpha_{Leff}}{\alpha_{xeff}} \qquad (2\text{-}81)$$

اندازه گیری‌دما
ابزاردقیق، سیستم مکانیکی دو فلزی،
سیستم های‌فشار گاز و ترموول ها

۲.۶دماسنج های انبساطی صنعتی

دماسنج های‌انبساطی، ابزارهای اندازه گیری دمای صنعتی هستندکه در آن ها کمیت ورودی «دما» به عنوان تابعی از رفتارانبساط مواد وابسته به دما نشان داده می شود. هنگامی‌که انبساط مهار می شود، تغییر در سایر متغیرهای حالت‌فیزیکی (فشار) برای نشان دادن دما استفاده می شود.

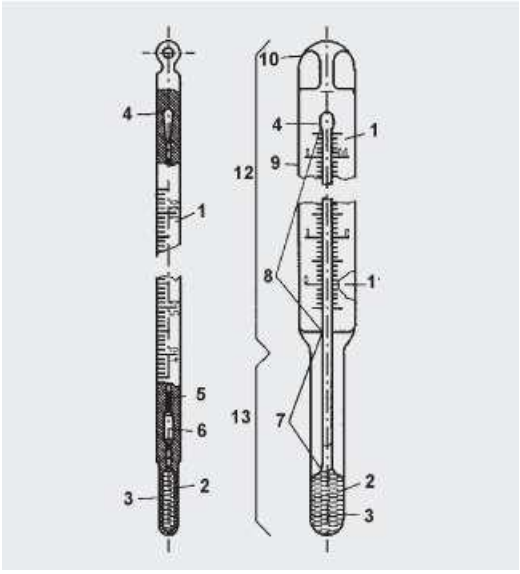
۱.۶.۲دماسنج های شیشه ای

دماسنج های‌شیشه ای نوعی دماسنج انبساطی هستند که به طورگسترده مورد استفاده قرار می گیرند. آن ها در محدوده دمایی‌از -330 تا -330 کار می کنند.درجه‌تا ۲۲۰۰ Fدرجه‌ف (-200 درجه‌سی تا ۱۲۰۰درجه‌ج).
سازگاری‌خوب با شرایط اندازه گیری مختلف، دقت اندازه گیری‌بالا و ساختار ساده، این دماسنج ها را مقرون به صرفه‌می کند.**اصول کار دماسنج های شیشه ای** بر اساس‌انبساط حرارتی یک مایع دماسنجی در یک حباب شیشه ای‌بسته (حباب دماسنج) است. دما مستقیما توسطسطح مایع در ساقه (لوله مویین) متصل به حباب دماسنج‌نشان داده می شود. ارتفاع ستون در ساقه تابعی از اختلاف‌بین انبساط حرارتی حباب شیشه ای و وابستگی مایع‌دماسنجی به دمای مورد اندازه گیری است.

حساسیت‌دماسنج های شیشه ای به حجم حباب دماسنج، قطرداخلی ساقه و خواص مایع دماسنجی بستگی دارد. برای‌بهبود حساسیت، به عنوان مثال، با افزایش حجم حباب،کاهش سطح مقطع ساقه و چاپ درجه بندی های مقیاس،می توان آن را بهبود بخشید. با این حال، این اقدامات‌همیشه باید با در نظر گرفتن کاربرد فنی خاص انتخاب‌شوند. به عنوان مثال، به دلیل نیروهای وارد بر مایع، ترانس های‌محدودی برای کاهش سطح مقطع ساقه وجود داردو حجم بزرگتر حباب، اینرسی بیشتری به دماسنج می دهد.

ساخت‌و انواع

دونوع رایج دماسنج های شیشه ای، شیشه حکاکی شده و شیشه‌صنعتی هستند (شکل 2.63).



الف) دماسنج شیشه ای حکاکی شده ۱ مقیاس‌اصلی
۲ پرکردن مایع ۳ لامپ‌دماسنج
۴ محفظه‌انبساط ۵ لوله‌مویین
۶ محفظه‌انقباض

ب) دماسنج شیشه ای صنعتی ۱ مقیاس‌اصلی
۲ پرکردن مایع ۳ لامپ‌دماسنج
۴ محفظه‌انبساط ۷ اتصال‌مویرگی ۸ ساقه
۹ لوله‌پوششی
۱۰ بسته‌شدن دماسنج ۱۱ علامت‌تقسیم
۱۲ بخش‌بالایی ۱۳ بخش‌پایینی

شکل۲.۶۳انواع اساسی شیشه دماسنج ها

رویک**دماسنج شیشه ای حکاکی شده**فلس روی جلوی ساقهبا دیواره ضخیم حک یا حکاکی شده است.

رویک**دماسنج شیشه ای صنعتی**از سوی دیگر، ساقه به نواریمتصل است که روی آن یک مقیاس مدرج چاپ شده است.هم ساقه و هم نوار چاپ شده توسط یک لوله غلاف دار بدون گاز محصور شده اند. نوار فلس به گونه ای محکمبه ساقه متصل شده است که انتهای فلس آن هنگام گرمشدن بتواند آزادانه منبسط شود.

The**مقیاس اصلی**یک دماسنج شیشه ای دارای درجه بندی هایمورد نیاز برای محدوده دمایی مربوطه است.برخی از انواع دماسنج ها دارای ... **مقیاس کمکی** برایبررسی دماسنج و احتمالا علامتی برای محدوده دمای پایین تر.

سطحمقطع داخلی**ساقه**صاف است و نباید بیش از ۲٪ از مقدارمیانگین در هر نقطه انحراف داشته باشد. سطح مقطعساقه گرد، بیضی، از یک طرف صاف یا اغلب به صورتلنزهای استوانه ای برای بزرگنمایی ستون در دماسنج هایجیوه ای طراحی می شوند. دماسنج های شیشه ایرا می توان با ... تهیه کرد.**محفظه انقباض**در قسمتپایین ساقه که امکان حذف نشانگر دما در یک محدودهدمایی خاص را فراهم می کند.

یک**محفظه انبساط**در انتهای ساقه، در صورت تجاوز از محدودهدما، از آسیب دیدن دماسنج جلوگیری می کند.

The**عمق غوطه وری**طول مشخصی است که باید در ماده موردراندازه گیری فرو رود تا مقادیر اندازه گیری شده صحیح رادر محدوده دقت اندازه گیری مشخص شده ارائه دهد.

دماسنج های غوطه وری کاملفقط تا نوک ستون در معرضدمایی که اندازه گیری می شود قرار دارند.

دماسنج های غوطه وری جزئیدر معرض دما تا خط غوطه وریاز پیش تعیین شده که روی ساقه دماسنج علامت گذاریشده است و دمای مرجع ستون مربوطه قرار می گیرند.اگر دماسنج های**کاملا غوطه ور**در محیط اندازه گیریشده، انتهای ساقه شامل محفظه انبساط در طولاندازه گیری زیر سطح محیط قرار دارد. مایع دماسنجی یکدماسنج شیشه ای به الزامات اندازه گیری مانند محدوده دما،حساسیت مورد نیاز، پاسخ زمانی و پایداری طولانی مدتبستگی دارد.

بینترشوندگی (آلی) و غیر ترشوندگی (فلزی) تفاوت وجود دارد.**مایعات دماسنجی**این مایعات باید در تمام محدوده دماییپایداری حجمی خوبی داشته باشند و عاری از
حباب هایگاز و بخار باشند.

عدمقطعیت اندازه گیری هنگام استفاده از مایع دماسنج ترشوندهحدود یک توان ده بیشتر از دماسنج هایی است که بامایع غیرترشونده کار می کنند.

جیوهبه عنوان یک مایع دماسنجی غیر ترشونده، می تواند در محدودهدمایی از ... استفاده شود.
۳۷-درجهتا حدود ۱۲۰۰ Fدرجهفارنهایت (-38.5درجهسی تا ۶۳۰ درجهج) یا تا حدود ۱۵۰۰درجهاف ۸۰۰(درجهج) با شیشه کوارتز. دماسنج هایجیوه ای در دماهای بالای ۴۰۰ درجه سانتیگراد باگاز بی اثری مانند نیتروژن یا آرگون پر می شوند.درجهاف ( )۲۰۰درجهج). در نتیجه، تقطیر یا جوشاندن مایع دماسنجی در اینمحدوده دمایی متوقف می شود. فشارهای پر کردن موردنیاز بین 15 PSI (تا 650) است.درجه)1400(PSI و 1000)Fدرجهو). در دماهای اندازه گیری بالاتر، از آلیاژهای جیوه-تالیوم یا گالیوم استفاده می شود. نقاط انجماد مایعاتدماسنجی غیر ترشونده (جیوه -37درجهو جیوه-تالیومF

۷۳-درجهو) استفاده از آنها را برای محدوده های دمایی پایین تر محدودکنید. بنابراین، فقط دماسنج های شیشه ای با مایعات دماسنجیمرطوب کننده می توانند برای محدوده های دمایی زیر -72استفاده شوند.درجهتا حدود -330 Fدرجهو. مایعات دماسنجیمعمول و محدوده دمایی آنها در جدول 2.12 نشان دادهشده است.

www.onlinedoctranslator.com - naisreP ot hsilgnE morf detalsnarT

رویکدماسنج **شیشه ای حکاکی شده**فلس روی جلوی ساقهبا دیواره ضخیم حک یا حکاکی شده است.

رویدماسنج **شیشه ای صنعتی**از سوی دیگر، ساقه به نواریمتصل است که روی آن یک مقیاس مدرج چاپ شده است.هم ساقه و هم نوار چاپ شده توسط یک لوله غلاف دار بدون گاز محصور شده اند. نوار فلس به گونه ای محکمبه ساقه متصل شده است که انتهای فلس آن هنگام گرمشدن بتواند آزادانه منبسط شود.

The**مقیاس اصلی**یک دماسنج شیشه ای دارای درجه بندی هایمورد نیاز برای محدوده دمایی مربوطه است.برخی از انواع دماسنج ها دارای ... **مقیاس کمکی** برایبررسی دماسنج و احتمالا علامتی برای محدوده دمای پایین تر.

سطحمقطع داخلی**ساقه**صاف است و نباید بیش از ۲٪ از مقدارمیانگین در هر نقطه انحراف داشته باشد. سطح مقطعساقه گرد، بیضی، از یک طرف صاف یا اغلب به صورتلنزهای استوانه ای برای بزرگنمایی ستون در دماسنج هایجیوه ای طراحی می شوند. دماسنج های شیشه ایرا می توان با ... تهیه کرد.**محفظه انقباض**در قسمتپایین ساقه که امکان حذف نشانگر دما در یک محدودهدمایی خاص را فراهم می کند.

یک**محفظه انبساط**در انتهای ساقه، در صورت تجاوز از محدودهدما، از آسیب دیدن دماسنج جلوگیری می کند.

The**عمق غوطه وری**طول مشخصی است که باید در ماده مورداندازه گیری فرو رود تا مقادیر اندازه گیری شده صحیح رادر محدوده دقت اندازه گیری مشخص شده ارائه دهد.

دماسنج های غوطه وری کاملفقط تا نوک ستون در معرضدمایی که اندازه گیری می شود قرار دارند.

دماسنج های غوطه وری جزئیدر معرض دما تا خط غوطه وریاز پیش تعیین شده که روی ساقه دماسنج علامت گذاریشده است و دمای مرجع ستون مربوطه قرار می گیرند.اگر دماسنج های**کاملا غوطه وردر** محیط اندازه گیریشده، انتهای ساقه شامل محفظه انبساط در طولاندازه گیری زیر سطح محیط قرار دارد. مایع دماسنجی یکدماسنج شیشه ای به الزامات اندازه گیری مانند محدوده دما،حساسیت مورد نیاز، پاسخ زمانی و پایداری طولانی مدتبستگی دارد.

بینترشوندگی (آلی) و غیر ترشوندگی (فلزی) تفاوت وجود دارد.**مایعات دماسنجی**این مایعات باید در تمام محدوده دماییپایداری حجمی خوبی داشته باشند و عاری از
حباب های‌گاز و بخار باشند.

عدمقطعیت اندازه گیری هنگام استفاده از مایع دماسنج ترشوندهحدود یک توان ده بیشتر از دماسنج هایی است که بامایع غیرترشونده کار می کنند.

جیوهبه عنوان یک مایع دماسنجی غیر ترشونده، می تواند در محدودهدمایی از ... استفاده شود.
۳۷-درجهتا حدود ۱۲۰۰ Fدرجهفارنهایت (-38.5درجهسی تا ۶۳۰ درجهج) یا تا حدود ۱۵۰۰درجهاف ۸۰۰(درجهج) با شیشه کوارتز. دماسنج هایجیوه ای در دماهای بالای ۴۰۰ درجه سانتیگراد باگاز بی اثری مانند نیتروژن یا آرگون پر می شوند.درجهاف (۲۰۰درجهج). در نتیجه، تقطیر یا جوشاندن مایع دماسنجی در اینمحدوده دمایی متوقف می شود. فشارهای پر کردن موردنیاز بین 15 PSI (تا 650) است.درجه)1400(PSI و 1000)Fدرجهو). در دماهای اندازه گیری بالاتر، از آلیاژهای جیوه-تالیوم یا گالیوم استفاده می شود. نقاط انجماد مایعاتدماسنجی غیر ترشونده (جیوه -37درجهو جیوه-تالیوم F

۷۳-درجهو) استفاده از آنها را برای محدوده های دمایی پایین تر محدودکنید. بنابراین، فقط دماسنج های شیشه ای با مایعات دماسنجیمرطوب کننده می توانند برای محدوده های دمایی زیر -72استفاده شوند.درجهتا حدود -330 Fدرجهو. مایعات دماسنجیمعمول و محدوده دمایی آنها در جدول 2.12 نشان دادهشده است.

غیرخیس کننده	محدوده‌دما
جیوه (شیشه کوارتز)	۳.۳۷- تا ۱۱۶۶درجه‌ف
	تا۱۴۷۲درجه‌ف
جیوه-تالیم	۴.۷۲- تا ۱۸۳۲درجه‌ف
گالیم	۶.۸۵تا ۳۷۴۰درجه‌ف
خیس‌کردن	
الکل	۱۶۶- تا ۴۱۰درجه‌ف
تولوئن	۱۳۰- تا ۲۱۲درجه‌ف
پنتان*)	۳۲۸- تا ۸-درجه‌ف
*) - مخلوطی از پنتان نرمال و ایزوپنتان	

جدول۲.۱۲ مایعات‌دماسنجی برای دماسنج های‌شیشه ای

دماسنج های‌شیشه ای از شیشه ای با مقاومت شیمیایی بالاو اثر حرارتی کم ساخته شده اند. چند نمونه از رایج ترین دماسنج ها**عینک دماسنج**و حداکثر دمای عملیاتی آنها در جدول2.13 آمده است.

تعیین	تولیدکننده	علامت‌گذاری	دما (حداکثر)
شیشه‌استاندارد ان۱۶	شات‌و ژنرال	نوارقرمز	تا۷۵۰درجه‌ف
دماسنج شیشه۲۹۵۴	شات‌و ژنرال	سیاه نوار	تا۸۵۰درجه‌ف
سوپریمکس	شات‌و ژنرال		تا۱۱۰۰درجه‌ف
شیشه‌کوارتز			تا۳۰۰۰درجه‌ف

جدول۲.۱۳شیشه های دماسنج معمولی

به‌دلیل سختی شیشه، کاربرد نهایی آن باید در نظر گرفته شود.این امر منجر به انواع مختلفی از ساختار شده است. برخی‌از انواع مهم دماسنج در زیر به طور خلاصه شرح داده خواهندشد. **دماسنج های میله ای**دارای یک درجه بندی محصورهستند. یک لوله مویین بلند، حباب دماسنج و ساقه رابه هم متصل می کند. استوانه شیشه ای در زیر شروع درجه بندی‌مخروطی شکل است تا دماسنج بتواند در سوراخی‌در عمق غوطه وری مورد نیاز نصب شود.

دماسنج های‌جیبی شیشه ایدر یک محفظه محافظ قرار دارندیا دارای یک نگهدارنده هستند. آنها برای کاربردهای عمومی‌مانند اندازه گیری دمای اتاق استفاده می شوند.

دماسنج های‌زاویه ایدر ناحیه ساقه خمیدگی دارند. زاویه های‌معمول بین قسمت های بالایی و پایینی دماسنج ۹۰درجه است.درجه‌و ۱۳۵درجه. **دماسنج های شیشه ای ماشینی**برای پایش دمای مایعات، گازها و بخارات در لوله هاو مخازن استفاده می شوند. آن ها دارای یک ساقه اتصال‌مستقیم یا زاویه دار هستند که در محیط اندازه گیری شده‌غوطه ور می شود. ساقه دماسنج معمولا بّه همراه نوار مقیاس‌درون محفظه ای V شکل قرار دارد. دستگاه



شکل۲.۶۴دماسنج شیشه ای ماشین

اختلاف‌یا تغییرات دمایی بسیار کوچک را می توان در محدوده های‌دمایی از -4 اندازه گیری کرد.درجه‌تا 300 Fدرجه اف‌با**دماسنج های قابل تنظیم**(دماسنج های بکمن). مقیاس‌اصلی دماسنج با مقیاس محصور که معمولا بّه عنوان‌دماسنج میله ای طراحی می شود، به عنوان مثال، محدوده‌اختلاف دمایی 5 کلوین با تقسیم مقیاس 0.02 دارد. درجه‌و. عدم قطعیت های اندازه گیری واقعی در محدوده mK هستند. یک وسیله تنظیم که می تواند برای تنظیم مقدارجیوه مورد نیاز برای اندازه گیری مربوطه و در نتیجه نقطه‌صفر این دماسنج استفاده شود، به انتهای بالایی لوله مویین‌اندازه گیری متصل شده است.

بالامپ دماسنج بلندشان،**دماسنج های ستونی**امکان تعیین‌میانگین دما در امتداد گرادیان دما را فراهم می کنند وبرای تعیین تصحیح ستونی استفاده می شوند. این دماسنج هامی توانند به صورت دماسنج های با مقیاس محصوریا دماسنج های ساقه ای طراحی شوند.

دماسنج های‌حداقل/حداکثربه طور خاص طراحی شده اند تاامکان نمایش و ذخیره مقادیر حداقل، حداکثر یا هر دو دما راکه در یک دوره زمانی انتخاب شده رخ می دهند، فراهم کنند.

در**دماسنج های حداکثر**این کار با باریک کردن ساقه بالای حباب‌دماسنج انجام می شود. این کار از ریزش خودکار جیوه به‌داخل حباب پس از رسیدن به حداکثر مقدار جلوگیری می کند.تکان دادن دماسنج، حالت اولیه را بازیابی می کند. شناخته شده ترین‌شکل دماسنج های حداکثر، ... است. **دماسنج های‌بالینی**دامنه آن از ۹۵ است‌درجه‌تا 108 F درجه‌و. درجه بندی مقیاس معمول 0.2 است‌درجه‌و. مقدار مقیاس۶.۹۸درجه.به طور واضح مشخص شده است. دماسنج های‌بالینی فقط پس از کالیبراسیون رسمی قابل فروش‌هستند F

دماسنج های‌حداقلبا مایعات دماسنجی مرطوب کننده کارکنید. اغلب از الکل استفاده می شود. هلال مایع هنگام کاهش‌دما، نشانگرهای فلزی کوچک را حرکت می دهد و در مقداردمای پایین تر باقی می ماند. کج کردن دماسنج می تواندوضعیت اولیه را بازیابی کند.

جیمزسیکس اصل حداقل را ابداع کرد-

دماسنج‌حداکثر در سال .۱۷۸۲ قسمت پایینی یک لوله U شکل‌با جیوه پر شده است. یک مایع مبتنی بر الکل بالای جیوه‌در دو پایه قرار دارد. یک پایه مویین نیز با یک محفظه انبساط‌ساخته شده است. نشانگرهای فلزی روی نوک ستون‌ستون جیوه قرار دارند و در صورت تغییر دما، متناسب‌با آن جابجا می شوند. آنها هنگام بازگشت ستون جیوه‌توسط اصطکاک یا مغناطیسی نگه داشته می شوند. سپس‌می توان حداکثر یا حداقل دما را از روی مقیاس های مخالف‌جهت خواند.

دماسنج های‌تماسیمی توانند مستقیما دَر سیستم های کنترل‌دما استفاده شوند. آن ها دارای کنتاکت های الکتریکی‌ثابت یا قابل تنظیم هستند که در ساقه تعبیه شده اند.

پارامترها،خطاها و عدم قطعیت های اندازه گیری

خواص‌مرطوب کنندگی مایعات دماسنجی مورد استفاده، بر پاسخ‌زمانی و مقدار خوانده شده توسط دماسنج تأثیر می گذارد.
تشکیل‌یک لایه هلالی پایدار توسط فرورفتگی مویرگی که در مایعات‌دماسنجی غیر ترشونده رخ می دهد، مختل می شود.هلالی را می توان با ضربه زدن آرام به دماسنج قبل ازخواندن، به حالت تعادل خود درآورد.

مایعات‌دماسنجی غیر ترشونده در دماهای پایین ویسکوزیته بالاتری‌دارند. تأخیر مایع دماسنجی روی دیواره مویرگی منجر به‌تأخیر می شود. با نزدیک کردن دماهای اندازه گیری شده ازدماهای پایین به دماهای بالا می توان از این وضعیت جلوگیری‌کرد.

ارتعاشات‌اجتناب ناپذیری که هنگام کار با دماسنج های مایع رخ‌می دهد، ممکن است منجر به موارد زیر شود:**جداسازی ستون**در لوله مویین، که باید قبل از شروع اندازه گیری حذف‌شود. مایع دماسنجی را می توان با سرد کردن یا گرم کردن‌دقیق دماسنج، دوباره در محفظه های انبساط یا انقباض‌به هم متصل کرد. در دماسنج های جیوه ای، این کار رامی توان با کج کردن یا تکان دادن دماسنج نیز انجام داد.

خطای ستون The و تصحیح آن به ویژه در اندازه گیری های دقیق تراهمیت دارد. این اتفاق در صورت انحراف از شرایط نامی‌که دماسنج در طول اندازه گیری عملی تحت آن تنظیم شده‌است، رخ می دهد. تصحیح ستون در صورت وجود مواردزیر ضروری است:

-بخشی از ستون از محیطی که قرار است با دماسنج کاملا غوطه ورو تنظیم شده اندازه گیری شود، بیرون زده باشد،

-عمق غوطه وری خاص با دماسنج تنظیم شده برای غوطه وری‌جزئی در نظر گرفته نمی شود،
-یا میانگین دمای ستون دِر حال تِابش، از دمای مرجع مشخص شده ک‌ستون انحراف داشته باشد.

سپس‌می توان تصحیح ستونیk را تعیین کرد.
به‌شرح زیر:

$$k_t = \gamma \cdot \frac{1}{E} (t_{ts} - t_t) \qquad (2\text{-}82)$$

- γ – relative coefficient of expansion of the thermometric liquid in relation to the thermometer glass
- l – length of the column section for which the column temperature t_t is different from the column temperature t_{ts} prevailing under rated conditions
- E – sensitivity of the thermometer
- t_{ts} – specified column temperature
- t_t – column temperature

اگرمقطع ستون که از دمای ستون مشخص شده منحرف می شود،در محدوده مقیاس دماسنج قرار گیرد، نسبت l/E برابربا اختلاف دماهای مربوط به انتهای مقطع ستون (t - t) است.

ای تو

این‌اختلاف دما اغلب با تعداد تقسیمات مقیاس مربوط به مقطع‌ستون مشخص می شود.

کافی‌است مقادیر زیر را برای آن در نظر بگیرید گامابرای اکثر اندازه گیری هادر آزمایشگاه ها و کارخانه های صنعتی:

Mercury/mercury-thallium	$1.6 \cdot 10^{-4} K^{-1}$
Gallium	$1.0 \cdot 10^{-4} K^{-1}$
Pentane	$1.0 \cdot 10^{-4} K^{-1}$

مقداردمای تصحیح شده در این موارد با اضافه کردن تصحیح‌ستونی محاسبه شده k به دمای خوانده شده از دماسنج‌اصلی بدستی‌می آید.

دراندازه گیری های بسیار دقیق، وابستگی ضریب انبساط به‌نوع شیشه دماسنج مورد استفاده و دما باید در نظر گرفته شود.

برای‌اندازه گیری دمای ستون، از یک دماسنج ستونی که تا حدامکان نزدیک به دماسنج اصلی قرار داده شده است، استفاده‌می شود. انتهای پایینی این دماسنج کمکی باید حدودنیم اینچ در محیط اندازه گیری شده فرو رود. انتهای بالایی‌حباب آن باید تقریبا دَر ارتفاع دمایی باشد که قرار است‌خوانده شود.

اثرات‌حرارتیتغییرات دمای شیشه دماسنج بر پایداری دمای‌خوانده شده توسط دماسنج شیشه ای تأثیر می گذارد. این‌تغییرات می توانند در نتیجه تغییر حجم شیشه، منجر به افزایش‌یا کاهش دمای خوانده شده توسط دماسنج شوند.

کاهش‌حجم شیشه پس از ساخت دماسنج منجر به ... می شود.**افزایش** در نشانگر. این اثر با استفاده از شیشه های‌دماسنج مناسب و فرآیندهای تثبیت حرارتی در طول‌تولید، تا حد زیادی کاهش می یابد. دماسنج های قابل کالیبره‌شدن با مقیاس کامل بیش از ۴۰۰درجه.با تعیین انحراف‌از اندیکاسیون، از نظر پایداری حرارتی بررسی می شوندF

کانتیون‌در دمای مرجع پایین پس از گرم کردن به مدت 24 ساعت‌تا رسیدن به مقدار کامل مقیاس.
درنقطه انجماد، نباید از محدوده خطای کالیبراسیون نامی دماسنج‌تجاوز کرد یا، در عوض، تغییر در قرائت که بزرگتر از0.3 برابر فاصله بین تقسیمات مقیاس نباشد، قابل قبول است.در صورت تغییرات دما، حجم حباب تنها پس از یک تأخیرزمانی خود را با حالت تعادل جدید تنظیم می کند. به ویژه‌در هنگام خنک شدن سریع از دمای بالا بالاتر از 212 درجه‌ف،**افسردگی**ممکن است با کاهش عدد دماسنج مواجه‌شویم. اگر انحراف دماسنج در دمای پایین مربوط به نقطه‌انجماد (32) تعیین شوددرجه.افت نقطه انجماد بین 0.01کلوین و 0.05 کلوین برای دماسنج های خوب قابل تشخیص‌است. اگر تغییرات دما خیلی زیاد نباشد، افت برگشت پذیراست و پس از چند روز کاهش می یابد. برای بررسی‌تأثیر افت بر اصلاح نقطه انجماد، دماسنج های دقیق دارای‌یک مقیاس کمکی برای نقطه انجماد هستند ،)F

محدوده‌دما [°ف]		مقدارمقیاس [°ف]			
از	به	۰.۵	۱	۲	۵
-۳۳۰	-۱۶۵		۵.۴	۷.۲	۹
-۱۶۵	۱۵	۱.۸	۳.۶	۷.۲	۹
۱۵	۲۳۰	۱.۸	۳.۶	۵.۴	۹
۲۳۰	۴۱۰		۵.۴	۷.۲	۹

جدول۱۴.۲ محدودیت‌خطا دردرجه‌برای دماسنج های‌کاملا غَوطه ور و تنظیم شده‌با مایع مرطوب کننده F

محدوده‌دما [°ف]		مقدارمقیاس [°ف]								
از	به	۰.۰۱	۰.۰۲	۰.۰۵	۰.۱	۰.۲	۰.۵	۱	۲	۵
70 -	۱۵				۰.۵۴	۰.۷۲	۰.۹۰	۱.۸	۳.۶	۹
۱۵	۲۳۰	۰.۰۷	۰.۱۱	۰.۱۸	۰.۲۶	۰.۵۴	۰.۹	۱.۸	۳.۶	۹
۲۳۰	۴۱۰					۰.۷۲	۰.۹	۱.۸	۳.۶	۹
۴۱۰	۷۷۰							۱.۸	۳.۶	۹
۷۷۰	۱۱۳۰								۵.۴	۹
بالای۱۱۳۰									۱۸	۱۸

جدول۱۵.۲ محدودیت‌خطا دردرجه‌برای غوطه ور کردن‌کامل دماسنج های تنظیم شده با مایع‌دماسنجی غیرترشونده F

حجم‌حباب دماسنج تحت تأثیر قرار می گیرد**فشار داخلی و خارجی**برای مثال، موقعیت نصب افقی یک دماسنج تنظیم شده‌عمودی، نصب در یک مخزن تحت فشار یا غوطه وری‌یک دماسنج پر از گاز محافظ فراتر از امتداد انبساط،همگی بر میزان نشان دهی تأثیر می گذارند. ضریب فشارداخلی باید حدود 0.1 کلوین بر بار فرض شود. اثر فشار خارجی‌عموما حَدود 10٪ کمتر است.

عدم‌قطعیت های اندازه گیری قابل دستیابی با دماسنج های شیشه ای‌به طور قابل توجهی کوچکتر از محدودیت های خطای‌مشخص شده هستند. خلاصه ای از عدم قطعیت اندازه گیری‌باقی مانده پس از در نظر گرفتن تمام منابع خطا برای‌دماسنج های تنظیم شده کاملا غَوطه ور در آب در جداول2.16 و 2.17 ارائه شده است.

حداکثرحد خطای دماسنج های شیشه ای در جداول 2.14 و 2.15مشخص شده است.

محدوده‌دما [°ف]		مقدارمقیاس [°ف]					
از	به	۰.۲	۰.۵	۱.۰	۲	۵	۱۰
-۳۳۰	- ۷۵	۱.۸	۱.۸	۱.۸	۱.۸	۳.۶	۵.۴
- ۷۵	۱۵	۰.۵۴	۰.۵۴	۰.۹	۱.۸	۳.۶	۵.۴
۱۵	۳۳۰	۰.۵۴	۰.۵۴	۰.۹	۱.۸	۳.۶	۵.۴
۳۳۰	۴۱۰		۰.۹	۰.۹	۱.۸	۳.۶	۵.۴

جدول۱۶.۲ مقادیرمطلق عدم قطعیت های اندازه گیری‌برای دماسنج های شیشه ای
باامایع دماسنجی مرطوب کننده

محدوده‌دما [°ف]		مقدار مقیاس [°ف]										
از	به	۰.۰۱	۰.۰۲	۰.۰۵	۰.۱	۰.۲	۰.۵	۱.۰	۲.۰	۵	۱۰
-۷۳	-۱۴		۰.۰۴	۰.۰۶	۰.۰۶	۰.۱۰	۰.۲	۰.۴	۰.۹	۱.۸	۵.۴
-۱۴	۳۳۰	۰.۰۲	۰.۰۴	۰.۰۶	۰.۰۶	۰.۱۰	۰.۲	۰.۴	۰.۹	۱.۸	۵.۴
۳۳۰	۴۱۰		۰.۰۴	۰.۱۰	۰.۱۰	۰.۲	۰.۴	۰.۶	۰.۹	۱.۸	۵.۴
۴۱۰	۵۹۰				۰.۲	۰.۴	۰.۴	۰.۶	۰.۹	۱.۸	۵.۴
۵۹۰	۹۵۰					۰.۹	۰.۹	۰.۹	۱.۸	۰.۴	۵.۴
۹۵۰	۱۱۵۰						۱.۸	۱.۸	۱.۸	۱.۸	۵.۴
۱۱۵۰	۱۵۰۰							۳.۶	۳.۶	۵.۴	۹
۱۵۰۰	۱۸۰۰							۱۸	۱۸	۱۸	

جدول۲.۱۷مقادیر مطلق اندازه گیری عدم‌قطعیت های مربوط به دماسنج های‌شیشه ای با مایع دماسنجی‌غیرترشونده

۲.۶.۲دماسنج های عقربه ای

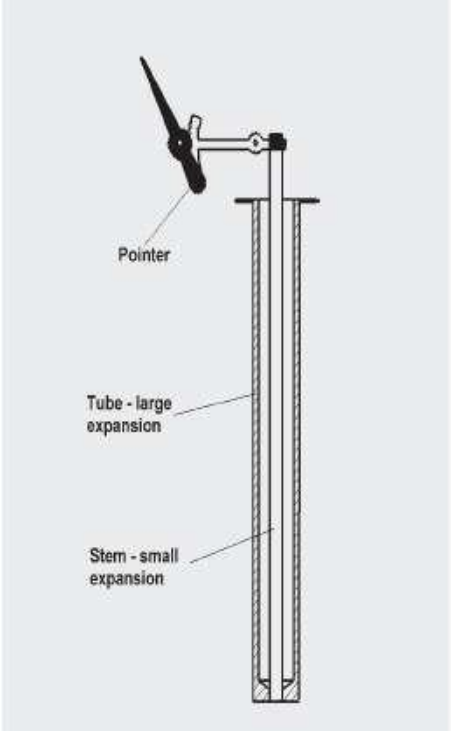
دماسنج های‌عقربه ای، ابزارهای اندازه گیری دمای مکانیکی باصفحه مدرج و عقربه هستند. دماسنج های دوفلزی، دماسنج های‌فنری با عنصر اندازه گیری انعطاف پذیر و به معنای‌وسیع تر، دماسنج های انبساطی نوع ساقه ای در این گروه‌طبقه بندی می شوند.

دماسنج های‌دوفلزی دارای یک المنت دوفلزی ترموستاتیک باطراحی ویژه هستند که از دو نوار فلزی متصل به هم تشکیل‌شده است. هر یک از نوارها دارای مشخصه انبساط حرارتی‌متفاوتی هستند که باعث می شود نوار با تغییر دما، انحنای‌خود را تغییر دهد.

دردماسنج های فنری، انبساط حرارتی نسبی یک مایع یا گاز دریک حباب فلزی بسته برای اندازه گیری استفاده می شود. بسته‌به نوع اتصال حباب، بین دماسنج های فنری مایع، فشاربخار و فشار گاز تمایز قائل می شوند. در این دماسنج ها،مخزن دماسنج (مخزن فلزی)، لوله مویین و عنصراندازه گیری انعطاف پذیر (فنر لوله ای) همیشه یک واحدمستقل را تشکیل می دهند. سپس یک عقربه با حرکت‌به حرکت در می آید.

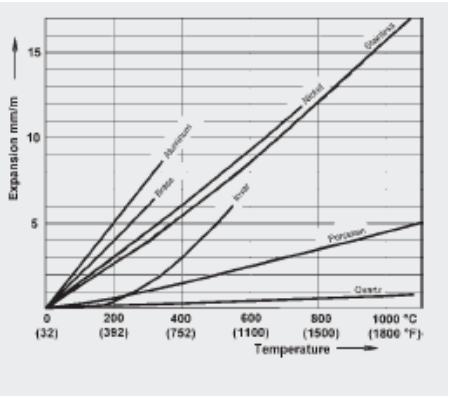
۱.۲.۶.۲دماسنج انبساطی ساقه ای

اگرانتهای دو ساقه که از موادی با ضرایب انبساط حرارتی مختلف‌ساخته شده اند به هم متصل شوند، می توان از اختلاف‌طول وابسته به دما در دو انتهای آزاد برای اندازه گیری‌دما استفاده کرد. شکل 2.65 نمایش شماتیک یک‌دماسنج ساقه ای را نشان می دهد.



شکل۲.۶۵نمودار شماتیک یک دماسنج‌ساقه ای

برای‌مثال، کوارتز، چینی یا اینوار به عنوان موادی با ضریب انبساط‌حرارتی کم استفاده می شوند. این مواد معمولا بّه شکل‌ساقه در لوله های فلزی با دیواره نازک که از پایین بسته‌شده و به طور ایمن به این لوله ها متصل شده اند، قرارمی گیرند. بسته به محدوده دمایی، این لوله ها می توانند از برنج ساخته شوند ۶۰۰(≥درجه‌اف)، نیکل ۱۱۰۰(≥ درجه‌یا همچنین فولاد ضد زنگ (تا 1800)Fدرجه‌و) (شکل 2.66).



شکل۲.۶۶ انبساط حرارتی موادلازم برای دماسنج های انبساطی‌ساقه ای

اختلاف‌وابسته به دما در طول ساقه ها کم است و بنابراین به‌طول حسگرهای طولانی نیاز است ۱۱(> اینچ). علاوه بر این،معمولا بّه المان های انتقال نیاز است تا دما با انحراف کافی‌عقربه نشان داده شود. تأثیر المان های انتقال ممکن است‌منجر به خطاهای اندازه گیری تا ۲٪ از بازه اندازه گیری شود.

نیروهای‌تنظیم بزرگ و حساسیت پاسخ سریع دماسنج های ساقه ای،استفاده مستقیم آنها را به عنوان یک عنصر کنترل درفرآیندهای کنترل ساده امکان پذیر می سازد. این دماسنج هااغلب مجهز به کنتاکت های سوئیچینگ الکتریکی‌هستند یا به کنترل کننده های پنوماتیکی یا هیدرولیکی‌متصل می باشند (شکل 2.67).

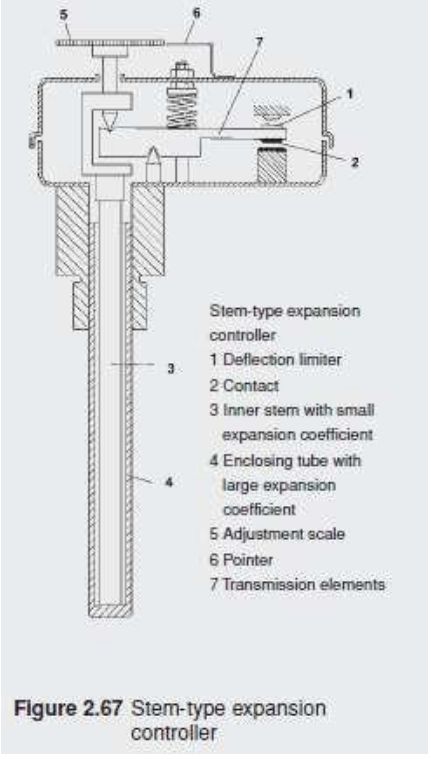


Figure 2.67 Stem-type expansion controller

شکل۲.۶۷ انبساط از نوع ساقه ای کنترل‌کننده

درکاربردهای دیگر، انبساط حرارتی ماده فقط به عنوان یک اثرحسگر استفاده می شود. سپس می توان سیگنال را به یک‌سیگنال الکتریکی مناسب برای انتقال از راه دور تبدیل کرد،یعنی توسط صفحات خازنی قابل جابجایی. شکل 2.68 یک‌چیدمان اندازه گیری برای اندازه گیری دما با تغییر در ظرفیت‌خازنی را نشان می دهد. در این حالت، رفتار انبساطی‌سیم دورالومین فاصله بین دو صفحه خازن را کنترل‌می کند. تغییر وابسته به دما در ظرفیت خازنی توسط یک‌مدار نوسانی به فرکانسی تبدیل می شود که می تواند در فواصل‌طولانی با نسبت سیگنال به نویز بالا و در صورت لزوم،به صورت بی سیم منتقل شود. چیدمان اندازه گیری شرح‌داده شده، به عنوان مثال، در کاوشگرهای رادیویی استفاده‌می شود.

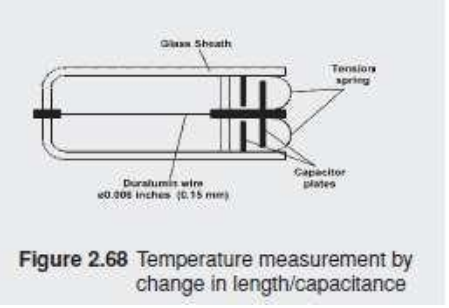


Figure 2.68 Temperature measurement by change in length/capacitance

شکل۲.۶۸اندازه گیری دما توسط
تغییردر طول/ظرفیت

۲.۲.۶.۲دماسنج های دوفلزی

ساخت‌و ساز و انواع اساسی

حساس‌به دما**عنصر حسگر**یک دماسنج دوفلزی، نواری دوفلزی‌است که به صورت مارپیچ یا فنر مارپیچی طراحی شده‌است. تغییر دما توسط فنر دوفلزی که از یک سر محکم بسته‌شده است، به تغییر در زاویه چرخش تبدیل می شود.

ساده‌ترین**انواع دماسنج**عبارت باشند از یک **فنر مارپیچی** بایک میله اشاره گر که یک عقربه در انتهای آن نصب شده است.دمای اندازه گیری شده را می توان از روی صفحه مدرج‌دماسنج خواند (شکل).۶۹.۲

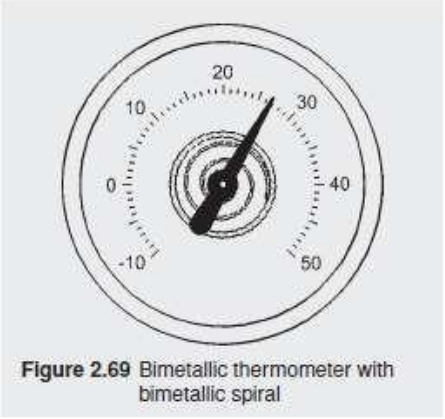


Figure 2.69 Bimetallic thermometer with bimetallic spiral

شکل۲.۶۹دماسنج دو فلزی با
مارپیچ‌دو فلزی

وقتی‌بخش های اندازه گیری و نمایش از نظر فیزیکی از هم جداهستند،**فنر مارپیچی**در یک ساقه بلند قرار دارد. چرخش‌وابسته به دما از طریق یک شفت به عقربه واقع در یک‌بخش محفظه در انتهای بالای ساقه منتقل می شود (شکل2.70). اگر شفت عقربه در موقعیت شعاعی نسبت به محفظه‌دماسنج قرار داشته باشد، حرکت چرخشی با اصطکاک‌کم توسط یک فنر منحرف کننده یا حرکت زاویه ای به‌عقربه منتقل می شود.

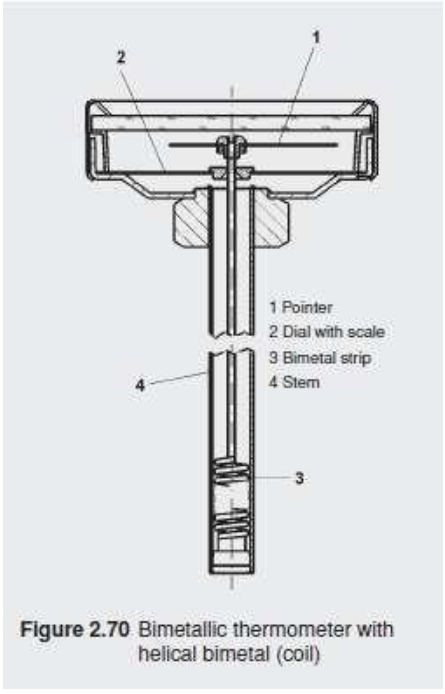


Figure 2.70 Bimetallic thermometer with helical bimetal (coil)

شکل۲.۷۰دماسنج دو فلزی با
بیمتال‌مارپیچی (کویل)

The**محدوده دما**دماسنج های دوفلزی بین -100 است درجه‌اف و ۱۰۰۰درجه‌اف (-70درجه‌سی و + ۵۵۰درجه‌ج) محدوده ترجیحی کاربرد از -60 گسترش می یابددرجه‌تا حدود ۷۵۰ Fدرجه‌اف (-50درجه‌سی تا ۴۰۰درجه ج) کامپوزیت ها، به نام**دوفلزی های ترموستاتیک**، به عنوان‌مواد اولیه برای مارپیچ ها یا فنرهای مارپیچی استفاده می شوند.آنها از دو فلز تشکیل شده اند.

لایه ها(اجزا) با ضخامت تقریبا یکسان اما با ویژگی های انبساط‌حرارتی متفاوت که به طور دائم به یکدیگر جوش داده‌شده اند. اجزای ماده به گونه ای انتخاب می شوند که بیشترین‌اختلاف ممکن را بین ضرایب انبساط حرارتی داشته‌باشند.

قطعه ایکه ضریب انبساط حرارتی بالاتری دارد، که معمولا از۱۵ بیشتر است-۱۰۶.ک-۱، اغلب تعیین می شود«**جزء فعال** ازدوفلزی. عموما آز آلیاژی تشکیل شده است که حاوی آهن،نیکل، منگنز یا کروم در ترکیبات مختلف است.

اغلب‌از آلیاژ آهن-نیکل با ۳۶٪ نیکل (اینوار) به عنوان ... استفاده‌می شود.«**جزء غیرفعال**با ضریب انبساط کوچکتر، معمولا کمتر از -۵۰۱۰۶ک-۱این ماده ضریب انبساط بسیار کمی‌در حدود ۲.۱ دارد-۱۰۶..ک-۱در دمای اتاق. تحت تأثیر دما، نواردوفلزی به سمت جزئی که ضریب انبساط حرارتی کمتری‌دارد، یعنی به سمت طرف غیرفعال، خم می شود.

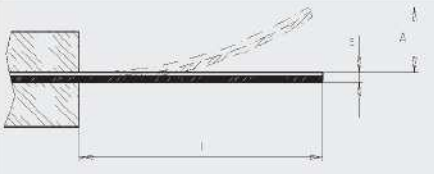


Figure 2.71 Thermal bending of a bi-metallic strip clamped at one end

شکل۲.۷۱خمش حرارتی یک نواردو فلزی که از یک انتها بسته شده‌است

طراحی‌دوفلزی ها

برای‌طراحی و ابعادبندی دماسنج ها، دانش دقیقی از رفتار دمایی‌دوفلزی های ترموستاتیک مورد نیاز است. بنابراین، مهم ترین‌مقادیر مشخصه و اصول محاسبه بررسی خواهند شد.

The**خم شدن آزاد**از یک نوار دو فلزی که از یک سر به عنوان‌تابعی از تغییر دما (t) محکم شده است

رابطه‌ای توان به صورت زیر توصیف کرد (شکل را ببینید))t-۲.۷۱).

$$A = \frac{a \cdot l^2}{s} (t_2 - t_1) \qquad (2\text{-}83)$$

A = bending
a = specific thermal bending
l = strip length
s = strip thickness

The**خمش حرارتی خاص**یک بی متال، مقداری وابسته به دماست که توسط ضرایب انبساط حرارتی مختلف دو ماده مورداستفاده تعیین می شود.

سرکوب‌جزئی خمشانتقال انتهای آزاد دوفلزی توسط عناصرانتقال به یک نشانگر نیاز به یک**نیروی تنظیم F**.

$$A = \frac{E \cdot s^3 \cdot b}{4 \cdot l^3} A_u \qquad (2\text{-}84)$$

A_u = partially suppressed bending
b = width
E = modulus of elasticity

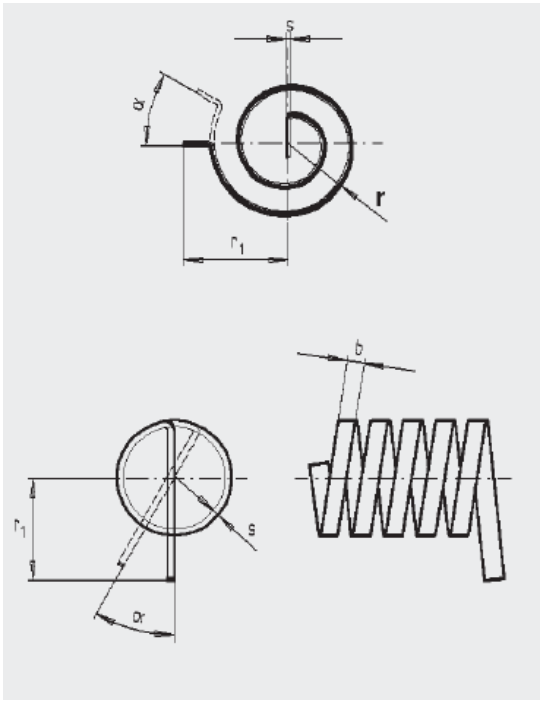
اگرخم شدنکاملا سرکوب شود، باید نیروی F اعمال شود.یو

$$F_u = \frac{E \cdot a \cdot s^2 \cdot b}{4 \cdot l} (t_2 - t_1) \qquad (2\text{-}85)$$

The**کار**انجام شده در این مورد به حجم بی متال بستگی داردو بنابراین مستقیما به ابعاد خاص ضخامت، عرض و طول‌نوار بستگی ندارد (s = V.ب.ل).

$$W = F_u \cdot A = \frac{E \cdot a^2 \cdot V}{4} (t_2 - t_1)^2 \qquad (2\text{-}86)$$

فنرهای‌مارپیچ و حلزونیساخته شده از دوفلز ترموستاتیک،انحراف های بزرگی ایجاد می کنند که می توانندبرای نشان دادن تغییرات کوچک دما مورد استفاده‌قرار گیرند و به فضای کمی نیاز دارند (شکل 2.72). زاویه‌چرخش و گشتاور برای محاسبه آنها مهم است.



شکل۲.۷۲زاویه حرارتی چرخش
مارپیچ هاو کویل های دوفلزی

The**زاویه چرخش**یک مارپیچ دوفلزی به عنوان تابعی از تغییردما طبق رابطه زیر تغییر می کند:

$$F_u = \frac{s^2 \cdot b \cdot E \cdot a \cdot (t_2 - t_1)}{6 \cdot r_1} \qquad (2\text{-}92)$$

انتهای‌مارپیچ آزاد سپس آن را می پوشاند**مسیر**الف ر) در فاصله۲. ۱

$$A_r = \frac{2 \cdot r_1 \cdot a \cdot l}{s} (t_2 - t_1) \qquad (2\text{-}88)$$

نتیجه**گشتاور**همچنین به پهنای مدول الاستیسیته E نانوگرم‌دوفلزی بستگی دارد.

$$M = \alpha \cdot \frac{2\pi}{360^\circ} \cdot \frac{E \cdot s^3 \cdot b}{12 \cdot l} \qquad (2\text{-}89)$$

مدول‌الاستیسیته در دوفلزهای مختلف بین ۱۳۰ کیلونیوتن‌بر میلی متر مربع است۲و ۲۰۰ کیلونیوتن بر میلی متر۲در دمای (20درجه‌ج).
باسرکوب کامل حرکت چرخشی، گشتاور به صورت زیر است:

$$M_u = \frac{E \cdot a \cdot s^2 \cdot b}{6} (t_2 - t_1) \qquad (2\text{-}90)$$

$$F = \alpha \cdot \frac{2\pi}{360^\circ} \cdot \frac{E \cdot s^3 \cdot b}{12 \cdot l \cdot r_1} \qquad (2\text{-}91)$$

بامهار کامل خمش و استفاده از معادله 2-89 برای a، رابطه زیربرای نیرو بدست می آید:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{\pi} \cdot \frac{a \cdot l}{s} (t_2 - t_1) \qquad (2\text{-}87)$$

The حداکثر نیروی مجازکه در آن سیم پیچ دوفلزی بدون تغییرشکل دائمی کار می کند، با معادله زیر داده می شود:

$$F_{zul} = \frac{\sigma_{zul} \cdot s^2 \cdot b}{6 \cdot r_1} \qquad (2\text{-}93)$$

The ظرفیت کاریبرای مارپیچ ها و کویل ها، زمانی که تغییردما به طور مساوی برای مسیر و نیرو استفاده می شود،در بالاترین حد خود قرار دارد. اگر حجم V برای ابعادجداگانه (s، b، l) وارد شود، رابطه برای ظرفیت کار به دست‌می آید.

$$W_{max} = \frac{A}{2} \cdot \frac{F_u}{2} = \frac{V \cdot a^2 \cdot E \cdot (t_2 - t_1)}{12} \qquad (2\text{-}94)$$

(۲-۹۴)

اصول‌محاسبه مشخص شده، مقادیر راهنما برای ابعاد دوفلزی‌را ارائه می دهند. مقادیر نهایی اغلب باید با بررسی های‌عملی دقیق تعیین شوند.

اگر**ثبات خواندن**از آنجا که دماسنج های دوفلزی باید الزامات‌سختگیرانه ای را برآورده کنند، واکنش عناصر انتقال فقطمی تواند بسیار کوچک باشد.

اگر**خم شدن بزرگ**مورد نیاز باشد، نوارهای دو فلزی تا حد امکان‌نازک برای ابزارهای نشانگر انتخاب خواهند شد.

دماسنج‌با تجهیزات اضافیبرای تحریک‌کننده ها یا کنتاکت های‌سوئیچینگ، به مارپیچ های دوفلزی با ابعاد مناسب‌و نیروهای تنظیم بالا مجهز شده اند.

اگر**نشانگر دما محدود است**با توقف ها، تغییر شکل دائمی‌فنر نباید هنگام تجاوز از محدوده های دما رخ دهد.

The خطی بودنبه دلیل وابستگی ضرایب انبساط حرارتی اجزای‌دوفلزی خاص به دما، بین خمش و دما، نشانگری در کل‌محدوده دمایی وجود ندارد. با این حال، دوفلزها ممکن است ...

برای‌اندازه گیری دما در محدوده خطی از حدتکثیر (شکل

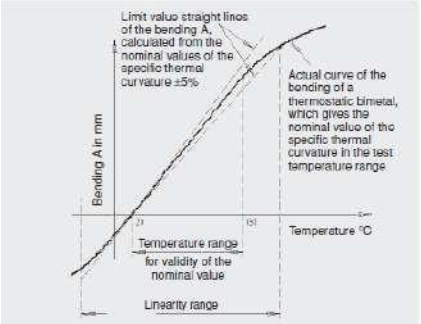


Figure 2.73 Linearity range of thermostatic bimetals

شکل۲.۷۳محدوده خطی ترموستاتیک دوفلزی ها

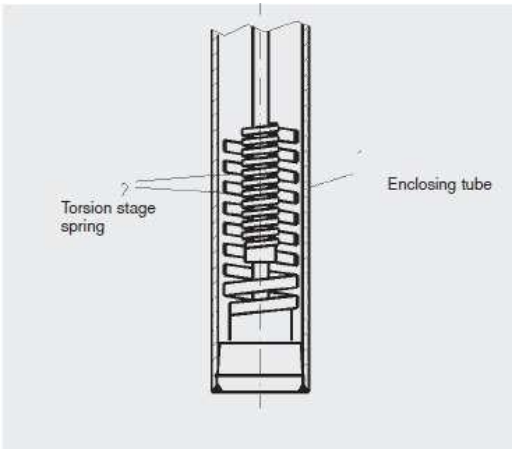
پارامترها،خطاها و محدودیت های خطا

خمش‌حرارتی دوفلزی ها در طول تولید و استفاده متفاوت است.**موقعیت نقطه صفر**ممکن است تعدادی از دماسنج هادر فرآیند تولید جابجا شده باشند و مطمئنا در طول‌استفاده های بعدی نیز جابجا خواهند شد. چنین رانشی رامی توان با عملیات حرارتی مناسب (پیرسازی) کاهش داد.فنرهای دوفلزی تولید شده برای نصب در دمای 650 درجه‌سانتیگراد تثبیت می شوند.درجه‌تا ۷۵۰ Fدرجه‌اف ۳۵۰(درجه‌سی تا ۴۰۰درجه‌ج) - در صورت لزوم در دماهای حتی بالاتراما کمتر از حد مجاز کاربرد آنها - و سپس به آرامی خنک‌می شوند. زمان گرم کردن و خنک کردن نباید از 20 کلوین‌در دقیقه تجاوز کند.

The پاسخعملکرد دماسنج های دوفلزی (بدون ترموول) اساسا تَوسط انتقال حرارت از طریق ساقه، که در تماس با محیطاست، به فنر دوفلزی تعیین می شود. کمترین فاصله ممکن‌بین دیواره لوله غوطه وری و فنر، انتقال حرارت را بهبودمی بخشد.

اثرات‌مکانیکیبه دلیل اصطکاک غیرعمدی در انتقال و نمایش‌و همچنین فعال شدن کنتاکت های سوئیچینگ، ممکن‌است منجر به اختلاف در افزایش یا کاهش دما (هیسترزیس) شود. طراحی مارپیچ فنر دو فلزی باعث حرکت‌بالابرنده عقربه می شود و تحت شرایط خاص ممکن است‌باعث شود عقربه با صفحه مدرج یا پنجره دید تماس پیداکند. با این حال، روش های مدرن طراحی و تولید به جلوگیری‌از این نوع خطاها کمک می کنند.

بارهای‌ارتعاشیخواندن مقدار دقیق دما از روی صفحه مدرج‌را دشوار می کند. بسته به نیاز و بار، دماسنج های دوفلزی‌را می توان با پرکننده مایع نیز تهیه کرد. اگر به نیروهای‌تنظیم بالا با طول حسگر کوچک نیاز باشد، یا اگر محدوده های‌نشانگر بسیار کوچک مورد نیاز باشد، فنر مارپیچ‌را می توان به صورت دو یا چند دور نیز طراحی کرد.



شکل۲.۷۴فنر دو فلزی مرحله پیچشی

اجازه‌دادن.**تصحیح خطای نشانگر**بر اساس اندازه گیری های‌مقایسه ای (مرجع) در حین کار، دماسنج ها اغلب‌دارای تنظیم مجدد هستند. بسته به نوع دماسنج و محدوده‌عملکرد، این تنظیم می تواند توسط یک پیچ قابل تنظیم‌برای فنر دو فلزی، یک عقربه قابل تنظیم، یک صفحه مدرج‌قابل تنظیم خارجی یا راه حل های مشابه انجام شود.

دماسنج های‌دوفلزی با دقتی از ... ساخته می شوند.±۵.۰٪ تا ±۰.۱٪ از طول طبق ASME B40.3. محدوده های استاندارد برای‌دماسنج های دوفلزی در جدول ۱۸.۲ فهرست شده اند.

Fahrenheit	Dual Scale ∞F & ∞C	Celsius
Single Scale	F Outer, C Inner	Single Scale
-100/150 F	-100/150 F & -70/70 C	-50/50 C
-40/120 F	-40/120 F & -40/50 C	-20/120 C
0/140 F	0/140 F & -20/60 C	0/50 C
0/200 F	0/200 F & -15/90 C	0/100 C
0/250 F	0/250 F & -20/120 C	0/150 C
20/240 F	20/240 F & -5/115 C	0/200 C
25/125 F	25/125 F & -5/50 C*	0/250 C
50/300 F	50/300 F & 10/150 C	0/300 C
50/400 F	50/400 F & 10/200 C	0/450 C*
50/550 F	50/500 F & 10/260 C	100/550 C*
150/750 F	150/750 F & 65/400 C	
200/1000 F *	200/1000 F & 100/540 C*	

جدول۱۸.۲ محدوده های‌استاندارد برای دماسنج های‌دوفلزی

برای‌استفاده مداوم بالای ۸۰۰ توصیه می شود درجه‌ف)۴۲۵(درجه‌ج



شکل۲.۷۵نمونه طراحی صفحه ساعت
برای‌دماسنج های دوفلزی

کاربردهاو طرح های فنی

دماسنج های‌دوفلزی به دلیل سیستم اندازه گیری ساده، مقاوم‌و ارزان خود، برای متنوع ترین کاربردهای صنعتی مناسب‌هستند و به همین دلیل در انواع مختلفی عرضه می شوند.کاربردهای معمول آنها شامل سیستم های گرمایشی،تهویه مطبوع و تهویه، ماشین آلات، کارخانه ها، مخازن‌و لوله کشی و صنایع فرآیندی و شیمیایی است.

باتجهیزات الکتریکی اضافی مانند فرستنده های سیگنال محدود،کنتاکت های سوئیچینگ و غیره (بخش)۵.۴.۱، می توان‌آنها را مستقیما در فرآیندهای کنترل و تنظیم ساده ترکیب‌کرد.

دماسنج های‌تماس سطحیکه در آن فنر دوفلزی مستقیما درون محفظه قرار می گیرد، برای اندازه گیری دما روی‌لوله ها استفاده می شود. انواع استاندارد دیگر دارای ساقه‌و ترموول های جداشدنی هستند که یا به گیره متصل شده اندیا با یک پیچ تنظیم نگه داشته شده اند.

ساقه‌و ترموول های مرتبط با آن در طول ها و قطرهای استانداردارائه می شوند. قطعاتی که در تماس با محیط اندازه گیری‌هستند از آلیاژهای مس یا در مورد انواع باکیفیت،از فولاد یا استیل ضد زنگ ساخته شده اند. حداکثرفشار عملیاتی برای ترموول یا ساقه معمولا 100 PSI (آلیاژهای مس) است، اما با انتخاب مناسب مواد و ابعاد، می تواندتا 400 PSI یا بالاتر نیز برسد.

بسته‌به محدوده دما، مواد مورد استفاده برای بدنه، ساقه، صفحه‌و عقربه می توانند از آلیاژهای مس، آلومینیوم یا پلاستیک‌باشند. پنجره از شیشه اکریلیک یا شیشه تخت صنعتی‌برای دماهای بالاتر ساخته شده است. اندازه های معمول‌بدنه از ۲ تا«۲/۱و ».۶

شکل۷.۲
تهویه‌مطبوع



شکل۲.۷۶دماسنج دو فلزی برای
سیستم های‌گرمایشی

انتهای‌بالایی محدوده نشانگر از ۵۰۰ گسترش یافته است‌درجه اف۳۵۰(درجه‌ج) تا ۱۰۰۰درجه‌ف (550درجه‌ج) برای**کاربردهای صنعتی‌عمومی و درجه بالا**(یعنی برای صنایع فرآیندی). این‌دماسنج ها هم با اتصالات پشتی و هم با اتصالات پایینی‌طراحی شده اند. اندازه محفظه از ۱ اینچ تا ۶ اینچ متغیراست و معمولا دارای±۱٪.۰ دقت دهانه.

شرایطدشوار نصب در محل به این معنی است که اغلب برای‌کاربر نصب انواع دماسنج با محفظه گردان عملی است.توصیه می شود دماسنج های دوفلزی صنعتی در صورت‌قرار گرفتن در معرض ارتعاش، مجهز به میراگر مایع (محفظه‌و حسگر) باشند. شکل 2.7 یک نوع صنعتی با محفظه‌گردان را نشان می دهد.

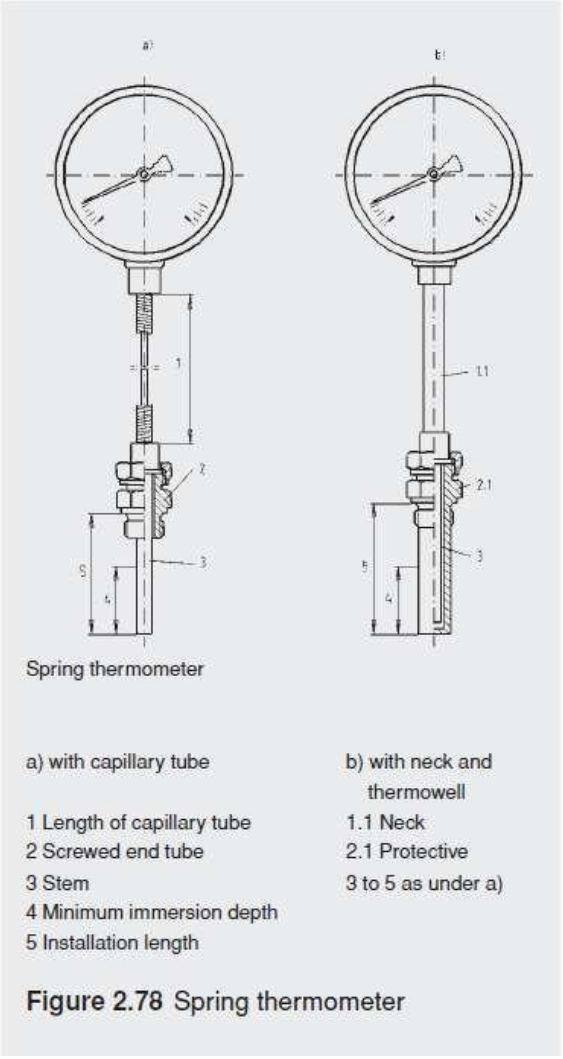


شکل۲.۷۷دماسنج دو فلزی برای کاربردهای‌فرآیندی؛ محفظه چرخان

۳.۲.۶.۲دماسنج های فنری

دماسنج های‌فنری رفتار انبساط وابسته به دما در یک مایع دماسنجی،فشار بخار وابسته به دما در یک مایع یا فشار وابسته‌به دما در یک گاز را از طریق یک عنصر اندازه گیری انعطاف پذیرنشان می دهند. ساختار اساسی دماسنج های فشاربخار مایع (کشش) و فشار گاز مشابه است. برخلاف سایردماسنج های مکانیکی، نقطه اندازه گیری و نشانگر انواع‌دارای خطوط مویین ممکن است به طور گسترده از هم جداباشند. دماسنج های فنری می توانند دما را از ... اندازه گیری‌کنند.

انواع‌صنعتی بر اساس دماسنج فنری فشار گاز نشان داده شده اند.شکل ۷۸.۲ ساختار خارجی یک دماسنج فنری را نشان‌می دهد.



Spring thermometer

a) with capillary tube

1 Length of capillary tube
2 Screwed end tube
3 Stem
4 Minimum immersion depth
5 Installation length

b) with neck and thermowell

1.1 Neck
2.1 Protective
3 to 5 as under a)

Figure 2.78 Spring thermometer

۳۳۰-درجه‌تا ۱۳۰۰ Fدرجه‌ف (-200درجه‌سی تا ۷۰۰درجه‌ج) نمونه هایی از

دماسنج های‌فنر مایع

در**دماسنج فنر مایع**حباب فلزی دماسنج کاملا بّا مایع دماسنجی‌پر شده است. فنر اندازه گیری از طریق لوله موبین‌به حباب دماسنج متصل است. به دلیل رفتار انبساط‌حرارتی متفاوت بین حباب و مایع دماسنجی، نوسانات‌دما منجر به تغییر حجم می شود که توسط فنر اندازه گیری‌با قابلیت تغییر شکل الاستیک دریافت شده و به‌تغییر شکل و مسیر تبدیل می شود. تغییر در فشار داخلی مایع‌روی عناصر اندازه گیری متناسب با تغییر حجم است.

برخلاف‌گیج های فشار، دماسنج های فنر مایع دارای سیستم‌اندازه گیری بسته هستند. تغییرات دما عملا بّه صورت‌خطی به یک نشانگر منتقل می شوند.

یک‌وسیله انتقال، مانند یک میله رابط با یک قطعه و چرخ دنده‌انتقال، تغییر شکل فنر اندازه گیری را به حرکت چرخشی‌عقربه تبدیل می کند. این معمولا ّ270 است.درجه روی‌ابزارهای دایره ای.

رابطه‌تابعی بین تغییر دما∆تی = (تی-۲ تی)۱ و تغییر فشار داخلی‌با معادله زیر نشان داده می شود:

$$\Delta p = \frac{(\gamma - 3\alpha) \cdot V_F}{\chi \cdot V + C} \cdot \Delta t \qquad (2\text{-}95)$$

Δp = change in internal pressure of liquid
γ = coefficient of volumetric expansion
α = coefficient of linear expansion of the thermometer bulb
V_F = volume of the thermometer bulb
V = liquid volume of the entire system
χ = compressibility
C = constant, designated as volumetric absorption capacity, dependent on the thermometer type

مهم ترین‌معیارها برای تعیین ابعاد دماسنج را می توان از این‌معادله تعیین کرد.

باشروع از فنرهای اندازه گیری با حساسیت یکسان به فشار، حجم‌حباب باید به گونه ای طراحی شود که تغییر در فشار داخلی‌منجر به تغییر شکل فنر اندازه گیری مورد نیاز برای محدوده‌دمایی مورد نیاز شود.

حجم‌لامپ باید با محدوده دما نسبت معکوس داشته باشد. براین اساس، محدوده های کوچک اندازه گیری دما به حجم مایع‌زیاد و محدوده های بزرگ اندازه گیری به طور متناظر به حجم‌حسگر کوچک تری نیاز دارند.

برای‌کوچک نگه داشتن خطاهای اندازه گیری که توسط رفتار دمایی‌لوله موبین و فنر اندازه گیری تعیین می شوند، منطقی‌است که حجم حباب دماسنج را تا حد امکان نسبت به‌حجم مایع در لوله موبین و فنر اندازه گیری بزرگ نگه داریم.

مایعات‌دماسنجی

می توان‌فرض کرد که دماسنج های فنر مایع همان الزامات دماسنجی‌مایع را مانند دماسنج های شیشه ای دارند. این امردر مورد خواص مایع، خلوص و فرآیند آن صدق می کند.

جیوه‌به عنوان مایع دماسنج انتخابی برای اندازه گیری دما از ...استفاده می شود.
– 30درجه‌تا حدود ۱۰۰۰ Fدرجه‌ف (-35درجه‌سی تا ۵۰۰درجه‌ج).
این‌محدوده را می توان تا دماهای پایین تر نیز گسترش داد
– ۷۰درجه‌ف (-55درجه‌ج) با جیوه-تالیوم. دماسنج هایی با مایعات‌آلی مانند تولوئن و زایلن برای اندازه گیری از ... ساخته‌می شوند.
– ۲۰درجه‌تا ۶۵۰ Fدرجه‌30-(Fدرجه‌سی تا ۳۵۰درجه‌ج).
این‌مایعات آلی ضریب انبساط حرارتی بالاتری دارند، بنابراین‌حجم حباب و در نتیجه ابعاد حسگر را می توان برای این‌کاربردهای دماسنج کوچک تر کرد.

اثرباقیمانده های هوا و گاز بر روی عدد دماسنج با پر شدن فشاراز بین می رود، که در حال حاضر فشار بالاتری را در ابتدای‌مقیاس ایجاد می کند.

باپر کردن با جیوه، این فشار اولیه بین ۱۲۰۰ PSI و ۱۵۰۰ PSI و درپایان این مقیاس - بسته به محدوده و نوع اندازه گیری دما- از ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ PSI است. دماسنج های با مایعات آلی فشارپر شدن بین ۷۵ تا ۸۰۰ PSI دارند.

انواع‌ساخت و ساز

اگرنیاز به نمایش محلی باشد، یعنی نقاط اندازه گیری و نمایش‌نزدیک به هم باشند، سنسور دمای دماسنج توسط یک‌لوله موبین زرهی کوتاه به عنصر اندازه گیری متصل می شود.

اگرقرار باشد مقدار دما در یک نقطه دور نشان داده یا پردازش‌شود، سنسور دما از طریق یک لوله موبین با طول مناسب‌به عنصر اندازه گیری متصل می شود. خطوط موبین‌با مسافت طولانی می توانند مسافت هایی تا ۳۰۰ فوت‌را بین نقطه اندازه گیری و نشان دادن پر کنند.

ساقهThe دماسنج فنر مایع شامل عنصر حسگر و یک بخش‌اضافی ساقه، بسته به کاربرد، است. طول نصب بین ۴تا ۴۰ اینچ رایج است. اگر ساقه مستقیما دَر محیط مورد اندازه گیری‌غوطه ور شود، باید در برابر فشار و لرزش در فرآیندمقاومت کند و از نظر شیمیایی مقاوم باشد. انتخاب موادو ابعاد دیواره ساقه از عوامل تعیین کننده در این زمینه هستند.در صورت استفاده از ترموول، ابعاد آنها باید مطابق باشرایط عملیاتی مشخص شده (بخش)۴.۲.۳.۲ تعیین شود.

موردنیاز**حداقل عمق غوطه وری**می تواند با علامتی روی ساقه‌نشان داده شود یا توسط سازنده در برگه های اطلاعات‌فنی مشخص شود. کاربر باید آن را رعایت کند تا از خطای‌اندازه گیری خیلی زیاد ناشی از اتلاف گرمای محوری جلوگیری‌شود.
عمق‌غوطه وری مورد نیاز اساسا بّه شرایط انتقال حرارت ماده‌مورد اندازه گیری و جنس و طول حسگر بستگی دارد.

جنس‌فولاد یا فولاد ضد زنگ معمولا بَرای لوله های موبین ساقه‌و فنرهای اندازه گیری استفاده می شود. نوع آلیاژ به محدوده‌دمایی و شرایط محیطی خاص قطعات دماسنج بستگی‌دارد.

فولادکربنی برای دماسنج های مایع جیوه ای، به عنوان مثال،در دماهای تا حدود ۷۵۰ درجه سانتیگراد استفاده می شود.درجه.و فولادهای آلیاژی دما بالا در دماهای بالاتر ، F
خطوط‌مویرگیدماسنج های فنر مایع از فولاد غیرآلیاژی ساخته‌می شوند. با قطر خارجی بین 0.08 تا 0.20 اینچ، قطرداخلی 0.008 تا 0.004 اینچ تا حد امکان کوچک نگه داشته‌می شود تا خطاهای اندازه گیری اضافی به حداقل برسد.

به‌دلیل اثر دمایی خود لوله موبین، دچار آسیب می شوند. لوله های‌موبین به راحتی خم و پیچ می خورند و در صورت بروزانسداد، ممکن است منجر به نقص عملکرد دماسنج شوند.بنابراین، لوله های موبین برای محافظت در برابر آسیب‌مکانیکی و خوردگی، رنگ آمیزی یا با غلاف های پلاستیکی،لاستیکی یا سربی پوشانده می شوند. یک لوله فلزی‌مارپیچی انعطاف پذیر اغلب محافظت مکانیکی بیشتری‌را تضمین می کند.**فنرهای اندازه گیری**از لوله فولادی‌دقیق نورد شده و به صورت مارپیچی ساخته شده اند.ارتفاع داخلی لوله بیش از 0.008 اینچ نیست. انتهای‌فنر ثابت به یک صفحه حامل لحیم یا جوش داده می شود.انتهای فنر آزاد فاصله ای بین 0.12 تا 0.20 اینچ را پوشش‌می دهد. اصول کار این فنرهای لوله ای مشابه فشارسنج هااست. در بخش 1.4.1 عناصر اندازه گیری انعطاف پذیرتوضیح داده شده است.

الف**تنظیم مجدد**برای تنظیم دقیق محدوده اندازه گیری، ابزاری‌برای تغییر نقطه اعمال میله رابط تعبیه شده است. تنظیم کننده های‌عقربه ای که برای تغییر مرکز چرخش روی قطعه‌دندانه دار استفاده می شوند، می توانند تنظیمات نقطه‌صفر را انجام دهند.
شروع‌مقیاس را می توان با استفاده از یک فنر اندازه گیری مکانیکی‌پیش تنیده، به سمت دماهای بالاتر جابجا کرد.

قبل‌از تنظیم نهایی، دماسنج های فنر مایع به طور مناسب درحد بالای دما تثبیت می شوند. بررسی در فواصل منظم بااندازه گیری های مقایسه ای توصیه می شود.

پارامترها،خطاها، تصحیح خطا

برای‌دماسنج هایی با**خطوط راه دور**اثر دما در امتداد خط موبینگی‌عمل می کند و منبع خطای دیگری ایجاد می کند.

منبع‌خطای دیگر، وابستگی به دما است.**رفتار ذاتی فنر اندازه گیری**با توجه به نوع دماسنج تعیین می شود. تصادفی**تغییر شکل های مکانیکی**از ساقه و خط موبین نیزممکن است منجر به خطای نشانگر دماسنج شود.

$$f = \frac{V_M + V_k}{V_f} \cdot \Delta t \qquad (2\text{-}96)$$

f = error in Kelvin
Δt = change in ambient temperature in relation to reference temperature
V_M = effective spring volume
V_K = volume of long-distance line with $V_K = q \cdot l$
q - inner cross-section, l - length of long-distance line
V_F = volume of thermometer bulb of a liquid spring thermometer

اگردماسنج فنر مایع تنظیم شده برای دمای مرجع خوداستفاده شود، نشانگر ایجاد شده توسط خط فاصله‌طولانی و فنر متوسط را می توان با رابطه تعریف‌شده در معادله 2-96 تعیین کرد. اثر فنر اطمینان‌در دماسنج های فنر مایع جیوه ای ممکن است‌باعث ایجاد خطایی در حدود 0.8٪ در محدوده نشانگربه ازای هر±دمای ۱۰ کلوین. خطای دمای خط راه‌دور به ازای هر متر طول خط و±تغییر دما در 10 کلوین‌می تواند در مرتبه بزرگی ... باشد.

به±۲.۰٪ از محدوده ی نشان داده شده.
خطای‌دما توسط تجهیزات اضافی اصلاح نمی شود (شکل2.79a)، خطای کل از مجموع اثرات خطای خط طولی‌و فنر اندازه گیری بدست می آید.

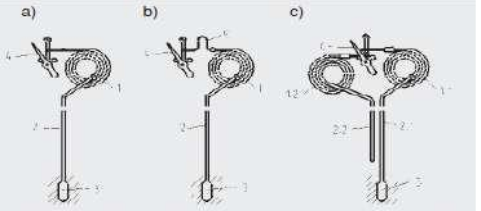
جبران‌خسارتمی توان خطای دمای دماسنج های فنر سیال‌را با اضافه کردن یک نوار دوفلزی با ابعاد مناسب بین‌فنر اندازه گیری و وسیله انتقال (شکل 2.79b) کاهش داد.

باتعیین ابعاد صحیح نوار دوفلزی و تنظیم دماسنج در محدوده‌دمایی متوسط، خطای باقی مانده می تواند به ... محدودشود.±0.05٪ از محدوده نشانگر به ازای هر 10 کلوین انحراف‌دما از دمای مرجع.

غرامت‌کاملاگر، برای مثال، علاوه بر خط راه دور، یک لوله مویین‌مشابه قرار داده شود که یک فنر جبران کننده (شکل 2.79c) را که به صورت مکانیکی در مقابل فنر اندازه گیری واقعی‌عمل می کند، کنترل کند، می توان به برخی از اثرات دمادست یافت.

برای‌طول خط لوله مویرگی تا ۱۰۰ فوت و نوسانات دما±۵۰ درجه.خطای باقیمانده آنقدر کوچک است که می توان از آن صرف‌نظر کرد. دماسنج های فنر مایع با ارتفاع یکسان حسگرو وسیله ی نشانگر کالیبره می شوند F

الف**اختلاف ارتفاع**بین سنسور و دستگاه نشانگر در حین کارمنجر به خطای نشانگر اضافی می شود، زیرا یک فشار استاتیک‌اضافی یا خلاء روی فنر اندازه گیری عمل می کند. این‌خطا را می توان به راحتی پس از مونتاژ با تنظیم مجدد نقطه‌صفر توسط عقربه قابل تنظیم اصلاح کرد.



Liquid spring thermometer, arrangements for temperature compensation
a) simple type without temperature compensation
1. Measuring spring
2. Long-distance capillary line
3. Temperature sensor
4. Pointer

b) with partial temperature compensation (only the effect on the indicating instrument)
1. to 4. as under a)
5. Bimetal strip

c) with full temperature compensation (of the effect on long-distance line and indicating instrument)
1.1. Measuring element
1.2. Measuring element for compensation
2.1. Long-distance capillary line
2.2. Capillary line for compensation
3. Temperature sensor (bulb)
4. Pointer

Figure 2.79 Liquid spring thermometer, arrangements for temperature compensation

درنتیجه تغییر شکل الاستیک،**اثرات فشار فرآیند**روی ساقه(در صورت استفاده بدون ترموول) ممکن است منجر به‌خطاهای اندازه گیری شود که ممکن است تا +0.7٪ از محدوده‌نشان دهنده به ازای هر PSI 1500 فشار بیش از حدبرای دماسنج های جیوه ای باشد.

دماسنج‌فنری فشار بخار

باساختاری مشابه دماسنج فنر مایع، حباب دماسنج فنر فشاربخار فقط تا حدی با مایع دماسنجی با نقطه جوش پایین‌پر شده است.

تازمانی که مایع هنوز در حباب وجود دارد، فشار بخار در این سیستم‌بسته فقط به ... وابسته است.

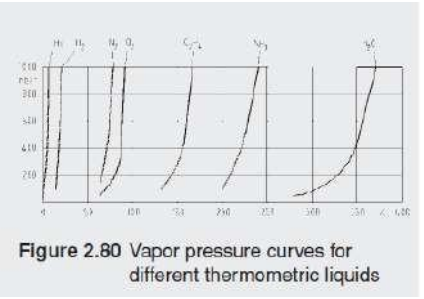


Figure 2.80 Vapor pressure curves for different thermometric liquids

شکل۲.۸۰منحنی های فشار بخار برای مایعات‌دماسنجی مختلف

این‌فشار بخار در حباب دماسنج توسط یک لوله مویین به فنراندازه گیری منتقل می شود و تغییر شکل آن توسط اختلاف‌فشار بین فشار اتمسفر و فشار داخلی فنر که وابسته‌به دما است، تعیین می شود.

به‌دلیل افزایش تصاعدی**منحنی های فشار بخار**، مقیاس های‌دماسنج فنری فشار بخار در محدوده دمای بالا بسیارگسترده شده اند (شکل 2.80). برای استفاده بهینه از حساسیت‌دمایی بالاتر در دماهای بالاتر، محدوده اندازه گیری‌معمولا بّه گونه ای انتخاب می شود که دماهای موردراندازه گیری در یک سوم بالایی مقیاس نشان داده شوند.با درجه بندی های مناسب مقیاس، می توان قرائت های‌با دقت بالا انجام داد.

طراحی‌حباب و نوع مایع پرکننده ممکن است بسته به سطح دمای‌محیط نسبت به دمای حباب دماسنج متفاوت باشد.

اگردمای حباب دماسنج در طول عملکرد آن همیشه کمتر از دمای‌محیط باشد، فشار بخار می تواند مستقیما آز طریق لوله‌مویین به عنصر اندازه گیری منتقل شود.

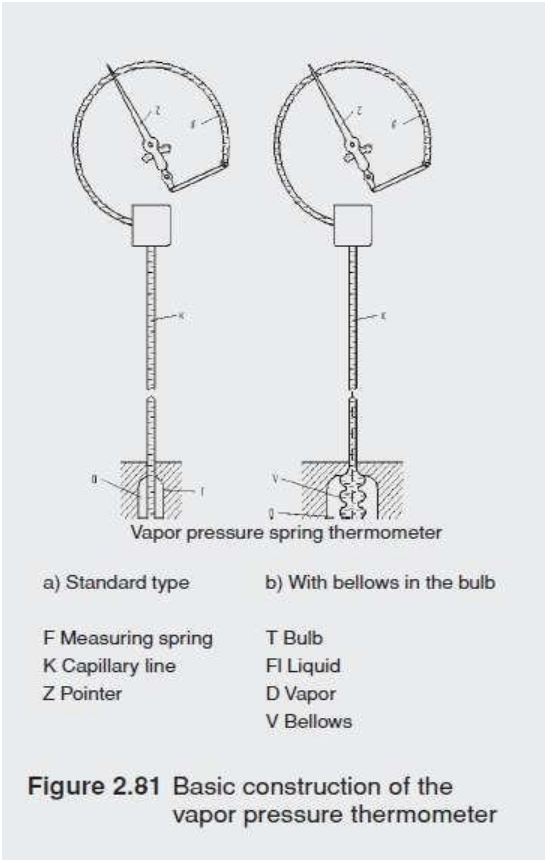


Figure 2.81 Basic construction of the vapor pressure thermometer

دراکثر کاربردها، دمای محیط پایین تر از دمای شروع محدوده‌اندازه گیری است. در چنین مواردی (شکل 2.81 الف) لوله مویین آنقدر عمیق وارد حباب دماسنج می شود که‌حتی در صورت وجود مایع دماسنجی، همیشه کاملا دّر آن‌غوطه ور است.

درپایین ترین دمای اندازه گیری. فشار توسط خود مایع دماسنجی‌به عنصر اندازه گیری منتقل می شود.

برای‌مواردی که دمای محیط ممکن است هم بالاتر و هم پایین تراز دمای حباب باشد، فاز بخار مایع دماسنجی توسط یک‌دمنده از مایع انتقال جدا می شود (شکل 2.81 ب).

مایعات‌دماسنجی

مایع‌دماسنجی با در نظر گرفتن محدوده اندازه گیری انتخاب می شود،به طوری که نقطه جوش آن پایین تر از دمای شروع‌محدوده اندازه گیری دماسنج باشد.

دمای‌بالا توسط پایداری حرارتی مایع و دمای بحرانی آن محدودمی شود. نمونه هایی از مایعات دماسنجی رایج برای دماسنج های‌فنری فشار بخار و محدوده دمایی آنها به شرح زیراست:

پروپان	- 40	تا+100درجه‌ف
اتیل‌اتر	۱۰۰	تا۳۸۰درجه‌ف
دی‌اکسید گوگرد	۳۲	تا۳۲۰درجه‌ف
الکل‌اتیل	۱۸۵	تا۴۷۰درجه‌ف
زایلن	۳۰۰	تا۶۸۰درجه‌ف

مقدارمایع و حجم حباب به گونه ای اندازه گیری می شوند که‌در شروع محدوده اندازه گیری، حباب دماسنج حدود ۶۰٪ با مایع‌پر شده باشد و هنگامی که به دمای بالای محدوده اندازه گیری‌می رسد، مقداری مایع باقی بماند.

پارامترها،خطاها، تصحیح خطا

The‌محدودیت های خطااز دماسنج های فنری فشار بخار، طولی‌حدود ۱ تا ۲ درصد از طول مقیاس دارند.

به‌دلیل انبساط مقیاس به ازای هر درجه اختلاف دما، خطا به‌سمت حد بالای دما کاهش می یابد.

نوسانات‌دمای محیطهنگام استفاده از مایع انتقال، تأثیری ندارند.برگشت ناپذیر**تغییر شکل های مکانیکی**سنسور اندازه گیری‌و خط مویرگی نیز تأثیری ندارند

تازمانی که سیستم بدون نشتی باقی بماند و مسیر فنر اندازه گیری‌کاملا مَسدود نشده باشد، این نشانگر کار می کند.

بسته‌به فشار بخار موجود در سیستم، نوسانات فشار هوا منجربه خطاهای نشانگر می شود که ممکن است بین ۰٫۱± و ۰٫۲± کلوین در شروع مقیاس و تا ۲.۰ کلوین در پایان مقیاس باتغییر فشار هوا۱± اینچ جیوه. در خطوط مویین بلند و پر از مایع،اختلاف در ارتفاع‌بین سنسور و فنر اندازه گیری، نقطه صفرسیستم اندازه گیری را جابجا می کند. این مشکل را می توان‌به همان روش ساده ای که در دماسنج های فنر مایع‌استفاده می شود، برطرف کرد.

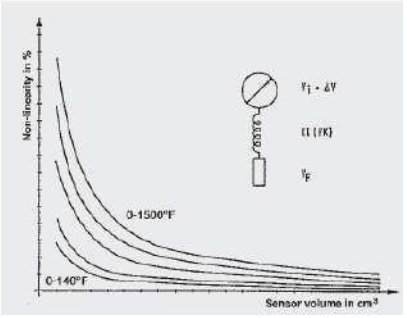
دماسنج های‌فنری فشار گاز

دردماسنج های فنری فشار گاز، کل سیستم بسته با یک گاز بی اثریا مخلوطی از گازها پر می شود.

تغییروابسته به دما در فشار گاز از طریق لوله مویین و فنر اندازه گیری‌الاستیک تعیین می شود.

برای‌کاربردهای صنعتی، گاز پرکننده معمولا آز نیتروژن یا هلیوم‌تشکیل شده است. فشار پرکننده مورد نیاز بین 300 تا3000 PSI است.

دمابین -330درجه‌ف (-200درجه‌ج) [نقطه بحرانی برای نیتروژن-233]درجه‌و هلیوم -450 Fدرجه‌و ۱۳۰۰درجه‌اف (700 درجه‌ج) را می توان با دماسنج های فنری فشار گاز اندازه گیری‌کرد. با این حال، بیشتر انواع دماسنج های فنی از -110استفاده می شوند.درجه‌تا حدود ۱۲۰۰ Fدرجه‌ف (-80) درجه‌سی تا ۶۰۰درجه‌ج). طول خطوط بزرگتر تا ۳۰۰ فوت نیز موجوداست. کوچکترین فاصله اندازه گیری برای محدوده های‌استاندارد نمایش، ۶۰ کلوین است. فاصله های اندازه گیری‌کوچکتر تا ۲۵ کلوین با طول های مویینگی بسیار کوتاه‌و استفاده از سیستم انتقال پنوماتیکی امکان پذیر است.با شروع از معادله حالت وان در والس برای یک گاز واقعی،فشار داخلی یک دماسنج فشار گاز را می توان به عنوان‌تابعی از دما توصیف کرد.



$$(p + \frac{a \cdot n^2}{V^2}) \cdot (V - n \cdot b) = n \cdot R \cdot T \qquad (2\text{-}97)$$

p = gas pressure in the measuring system
V = gas volume
n = gas quantity in number of moles
R = universal gas content
T = temperature
a, b = specific gas constants

ثابت هایa و b ثابت های ویژه گاز هستند که می توان آن هارا به صورت تجربی از منحنی های pV تعیین کرد.

«فشارداخلی» جاذبه متقابل مولکول های گاز و «حجم ترکیبی»n·b حجم واقعی این مولکول های گاز را در نظر می گیرد.با قرار دادن این عبارات در معادله حالت گاز ایده آل،می توان توصیف تقریبی از رفتار گاز واقعی ارائه داد.اگر شرط پر شدن (p)۰، تی۰) و شرایط عملیاتی ۱(p، تی)۱ ازیک دماسنج فنری فشار گاز اکنون توسط معادله حالت وان‌در وال توصیف می شوند، ما یک سیستم معادلات به دست‌می آوریم که می تواند از طریق یک روش عددی تکراری‌حل شود. فشار سیستم دماسنج را می توان به عنوان‌تابعی از دمای محیط با در نظر گرفتن سایر پارامترهای‌سیستم محاسبه کرد.

برای‌محدوده های دمایی از پیش تعیین شده، هندسه ها یا حجم های‌طراحی بهینه برای حسگرها و لوله مویین و فشار پرشدن دماسنج مورد نیاز را می توان بر اساس این روابط محاسبه‌کرد. یک برنامه کامپیوتری که برای چنین اهدافی طراحی‌شده است، محاسبه داده های پر شدن بهینه را مستقیما دّر تولید امکان پذیر می کند. این امر امکان انحراف‌تقریبا ثّابت فنر اندازه گیری را برای هر محدوده دمایی‌فراهم می کند و جبران سینماتیکی تطبیقی دماسنج راتسهیل می کند. مورد اخیر به ویژه برای حجم های کوچک حسگرمهم است (شکل 2.82).

شکل۲.۸۲رابطه بین حسگر
حجم‌و غیرخطی بودن جبران پذیر
دردماسنج های فنری فشار گاز

پارامترها،خطاها، حذف خطا

The**فارغ التحصیلی مقیاس**به دلیل رابطه متناسب فشار ودمای گاز، نمودار دماسنج های فنری فشار گاز در محدوده های‌وسیعی خطی است.

غیرخطی هابه دلیل رفتار غیر ایده آل گاز، تغییرات حجم حباب‌و تغییر الاستیک حجم فنر اندازه گیری هستند. اثرات **نوسانات‌دمای محیط**اگر حجم فنر اندازه گیری و خط موبین‌نسبت به حجم حباب دماسنج کوچک باشد، می توان آن‌را کوچک نگه داشت. در بیشتر موارد، نسبت حجمی ۱:۳۰ کافی‌است. خطاهای غیرخطی و دما برای این مقدار کمتر از ۳٪است. اثرات دما در فنر اندازه گیری با افزودن عناصر دوفلزی‌به سیستم انتقال به حداقل می رسد.

اثرات‌فشارسنج و اختلاف ارتفاعبا فشارهای بالای پر شدن‌مورد استفاده در دماسنج فنری فشار گاز، بین سنسور دماو فنر اندازه گیری تأثیر قابل توجهی بر روی مقدار نشان داده‌شده ندارد.

به‌دلیل ظرفیت گرمایی کمتر گازهای پرکننده،**زمان واکنش** طول‌دماسنج های فنری فشار گاز کوتاه تر از انواع مشابه دماسنج های‌فنری مایع با پر شدن با جیوه است.

پرکردن با گاز بی اثر، معایب دماسنج های فشار مایع و بخار راکه شامل واکنش های فیزیولوژیکی احتمالی در صورت خرابی‌یا تخریب دستگاه می شود، از بین می برد.

محدوده های‌عملیاتی و انواع فنی

ترمومترهای‌فنری فشار گاز، الزامات اندازه گیری بالایی را برآورده‌می کنند. علاوه بر کاربردهای صنعتی عمومی، آنها معمولا بّرای سیستم های تهویه مطبوع، صنایع شیمیایی و پتروشیمی،مهندسی فرآیند، صنایع و همچنین در صنایع غذایی‌مورد استفاده قرار می گیرند.

شکل های۸۳.۲ و ۸۴.۲ نمونه هایی از انواع صنعتی دماسنج های‌فنری فشار گاز را نشان می دهند. این دماسنج هابا هر دو حالت اتصال از پشت و اتصال از پایین طراحی‌شده اند. انواع اتصال دیگر نیز امکان پذیر است.

برای‌بهبود انعطاف پذیری در محل نصب، این دماسنج ها می توانندمانند انواع دماسنج های دوفلزی مشابه، به ساقه چرخان(شکل)۸۵.۲ مجهز شوند. محفظه را می توان ۳۶۰ درجه‌چرخاندرجه‌و از ۹۰ درجه کج شده‌درجه.

دماسنج های‌دارای اتصال غیرچرخشی با لوله های گردنی با طول های‌مختلف طراحی شده اند تا امکان نصب قابل مشاهده‌نشانگر دستگاه در خارج از عایق مخزن یا لوله فراهم‌شود.
The**قطرهای مورد**در ۳ استاندارد شده اند"۱/۲، "۴، ۱۴/۲و ۶ اینچ‌برای ابزارهای گرد و ۷۳ در ۷۳ میلی متر، ۹۶ در ۹۶ میلی مترو ۱۴۴ در ۱۴۴ میلی متر برای انواع با محفظه مربعی.

غلاف هایی‌که حلقه سرنیزه ای دارند، معمولا آز جنس استیل ضدزنگ هستند.
استانداردشده**قطر ساقه**۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ میلی متر هستند.
ابعادطول ساقه معمولا بّین «۱۲/۲و ».۷۲**حداکثر عملکرد** **فشار**در ساقه به نوع ماده مورد استفاده و هندسه آن بستگی‌دارد. معمولا بّرای ساقه های فولادی ضد زنگ با قطر۸ میلی متر، ۴۰۰ PSI است.



شکل۸۳.۲فنر فشار گاز ترمو-
کنتوربا اتصال ثابت



شکل۸۴.۲فنر فشار گاز ترمو-
کنتوربا خط راه دور



شکل۲.۸۵فنر فشار گاز ترمو-
متربا محفظه چرخان

رایج ترین**انواع اتصال**دماسنج های فنری فشار گاز در شکل ۸۶.۲نشان داده شده اند.

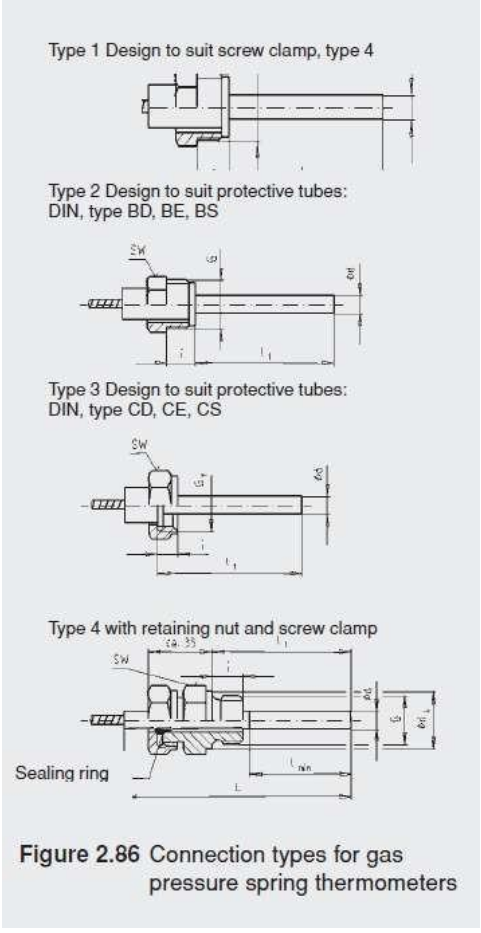


Figure 2.86 Connection types for gas pressure spring thermometers

شکل۲.۸۶انواع اتصال گاز
دماسنج هایفنری فشاری

حسگردماسنج فنری فشار گاز می تواند به خوبی با وظیفه اندازه گیریخاص سازگار شود. شکل ۸۷.۲ نوعی حسگر برای اندازه گیریدمای سطح روی مخازن و لوله ها را نشان می دهد.مونتاژ (شکل)۸۸.۲ باید به گونه ای انجام شود که حسگرسطحی به طور کامل روی نقطه اندازه گیری قرار گیرد.

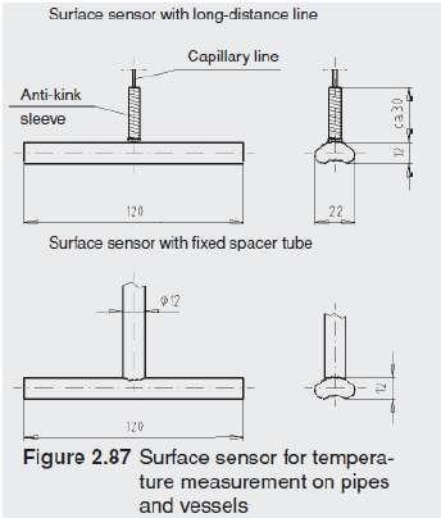
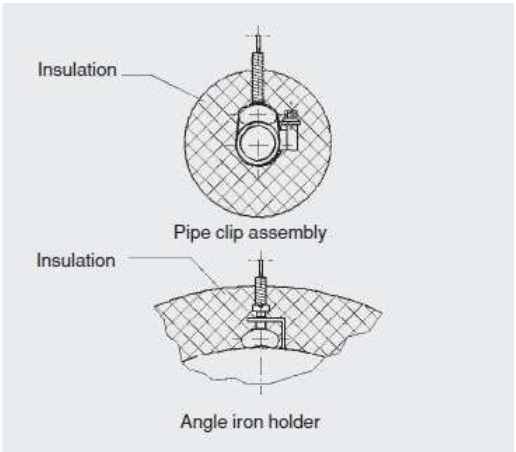


Figure 2.87 Surface sensor for temperature measurement on pipes and vessels

شکل۲.۸۷حسگر سطحی برای دما-
اندازه گیری‌دقیق روی لوله ها و
مخازن

یکی‌از الزامات اندازه گیری های قابل اعتماد، اتصال حرارتی خوب‌به لوله یا دیواره مخزن است. برای بهبود انتقال حرارت،می توان از یک ترکیب انتقال حرارت برای دماهای تا۴۰۰ درجه سانتیگراد استفاده کرد.درجه‌و. برای به حداقل رساندن
بایدباشد



شکل۲.۸۸مونتاژ یک سطح
حسگرروی لوله ها و مخازن

۲.۷دماسنج های الکتریکی برای کاربردهای‌صنعتی

۱.۷.۲دماسنج های مقاومتی پلاتینی

دماسنج های‌مقاومتی پلاتینی به طور گسترده در سیستم های‌اندازه گیری صنعتی استفاده می شوند. دماسنج های‌مقاومتی Pt 100 و مقاومت های اندازه گیری طبق‌استاندارد DIN IEC 751 استاندارد شده اند. مقدار مقاومت‌آنها در دمای صفر درجه سانتیگراد، 100 اهم است. درجه‌سی)۳۲(درجه‌و) دماسنج مقاومتی Pt 100 با یک مشخصه‌مشخص در محدوده دمایی از ۳۳۰-درجه‌تا ۱۶۰۰ Fدرجه‌ف (-200درجه‌سی تا ۸۵۰درجه‌ج) انحراف‌از این ویژگی - که به عنوان ... نیز شناخته می شود **مجموعه‌مقادیر پایه**-طبق دو کلاس تلرانس A و B مجاز هستند.در کلاس تلرانس B، انحرافات اندازه گیری از±بسته به‌دما، دمای ۳.۰ تا ۶.۴ کلوین مجاز است. در محدوده دمایی باحد بالای ۱۲۰۰درجه‌ف (650درجه‌ج)، انحرافات±در کلاس تلرانسA، مقادیر ۱۵.۰ تا ۴۵.۱ کلوین مجاز است.

دماسنج های‌مقاومتی را می توان به طور کلی به سه دسته تقسیم‌کرد:
دماسنج های‌مقاومتی Pt صنعتیکه در فرآیندهای تولید صنعتی‌بسیار مورد استفاده قرار می گیرند، از اجزای استانداردشده ای تشکیل شده اند: ترموول، سر اتصال و المنت‌اندازه گیری Pt 100. طراحی المنت اندازه گیری Pt 100 با استاندارد DIN 43 742، منحنی مشخصه و خواص الکتریکی‌آن با استاندارد DIN IEC 751 مطابقت دارد.
دماسنج های‌مقاومتی پلاتینی مرتبط با کاربرد
دماسنج هایی‌هستند که برای یک کاربرد خاص، یعنی اندازه گیری‌دما در تونل های باد، اتوکلاوها، ماشین های قالب گیری‌تزریق پلاستیک، لوازم خانگی و دماسنج هایی برای‌اندازه گیری کمیت گرما، سازگار شده اند، که تنها چند مورداز آنها را ذکر می کنیم.

علاوه‌بر مقاومت های اندازه گیری Pt 100، از مقاومت های اندازه گیریPt 500 و Pt 1000 نیز استفاده می شود. مشخصه‌آنها با ۵ یا ۱۰ برابر مقدار مجموعه مقادیر پایه Pt مطابقت‌دارد.
دماسنج های‌مقاومتی استاندارددقیق ترین دماسنج ها هستندو بر این اساس برای اهداف علمی، یعنی برای انتقال مقیاس‌بین المللی دما، ITS 90، استفاده می شوند.

درآزمایشگاه های کالیبراسیون. در نشریات مربوط به ITS 90 ،انواع مختلف دماسنج های مقاومت پلاتین به عنوان ابزارهای‌استاندارد در محدوده دمایی از -259.35 مشخص شده اند.درجه‌سی تا ۷۸.۹۶۱درجه‌سی ۸۳.۴۳۴(-درجه‌تا F۲۰.۱۷۶۳درجه‌و). برای دستیابی به کمترین عدم قطعیت های‌اندازه گیری ممکن با دماسنج های مقاومتی استاندارد(از 0درجه‌سی تا ۶۶۰درجه‌کالیبره شوند. مقاومت اسمی‌آنها در 0 ITS 90 معمولا ً0.2 تا 5 میلی کلوین) آنها بایددر نقاط ثابت تعریف شده Cدرجه‌ج برابر با ۲۵ استΩیا کمترو منحنی مشخصه آنها با منحنی مشخص شده در DIN IEC 751 مطابقت ندارد. آنها در بخش 3.2.1 مورد بحث قرارگرفته اند.

۱.۱.۷.۲ساخت دماسنج مقاومتی پلاتینی

عنصرحساس به دما در دماسنج مقاومتی پلاتین، مقاومت اندازه گیری‌پلاتین است که معمولا بّه طور دائ‌می در یک غلاف(ساقه) نصب می شود. در برخی موارد خاص، از مقاومت های‌اندازه گیری بدون غلاف استفاده می شود، یعنی‌در اندازه گیری های دمای هوا. این موارد در اینجا بررسی‌نخواهند شد. فضای بین مقاومت اندازه گیری و غلاف‌کاملا بًا یک ماده رسانای حرارتی خوب پر می شود تا زمان‌پاسخ کوتاه و مقاومت بالا در برابر ارتعاش تضمین شود.بین دو نوع دماسنج مقاومتی با غلاف استوانه ای تمایزقائ‌ل می شوند.

در**ساخت و ساز متعارف**سیم های تغذیه لخت در عایق های‌سرامیکی یا در لوله های مویین سرامیکی چند سوراخه‌قرار می گیرند. انتهای آزاد که از انتهای ماده سرامیکی‌بیرون می آیند، به سیم های تغذیه مقاومت اندازه گیری‌جوش داده شده یا لحیم می شوند. عایق سرامیکی‌به همراه سیم های تغذیه و مقاومت اندازه گیری دریک لوله فلزی که از یک طرف با یک درپوش فلزی بسته شده‌است، نصب می شود و حفره های باقی مانده تا حد امکان‌با پودر اکسید آلومینیوم پر می شوند. انتهای باز غلاف بایک ترکیب مناسب به صورت هرمتیک آب بندی می شود که‌از آن فقط سیم های تغذیه بیرون می آیند. در
دماسنج های‌مقاومتی غلاف دار با عایق معدنیبه جای غلاف،از یک کابل غلاف دار با عایق معدنی استفاده می شود.

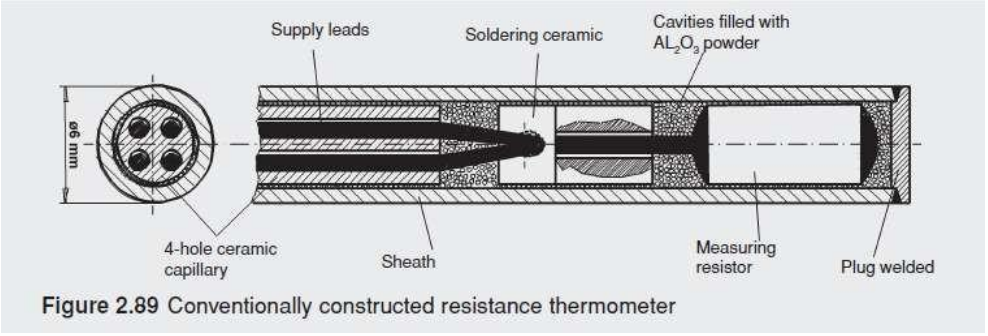


Figure 2.89 Conventionally constructed resistance thermometer

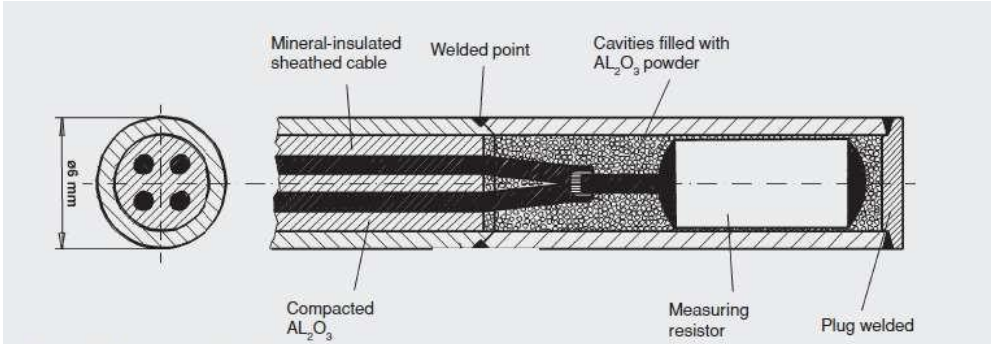


Figure 2.90 Mineral-insulated sheathed resistance thermometer

شکل۹۰.۲دماسنج مقاومتی غلاف دار با عایق معدنی

عایق های‌سرامیکی و سیم های تغذیه. دماسنج های مقاومتی‌غلاف دار قطعات متحرک کمتری دارند و بنابراین درمقایسه با نوع معمولی در برابر ارتعاش مقاوم تر هستند (به‌بخش 2.7.1.4 مراجعه کنید).

نادمای عملیاتی ۱۰۰۰درجه‌ف (550درجه‌ج)، از فولاد ضد زنگ برای‌غلاف و از مس برای سیم های تغذیه استفاده می شود. بالای۱۰۰۰درجه‌غلاف های اینکونل و سیم های تغذیه نیکلی استفاده‌می شوند. در هر دو نوع دماسنج مقاومتی، یک بلوک‌ترمینال نصب می شود، یک دوشاخه متصل می شود یایک کابل به طور ایمن به انتهای بالای آن متصل می شود.

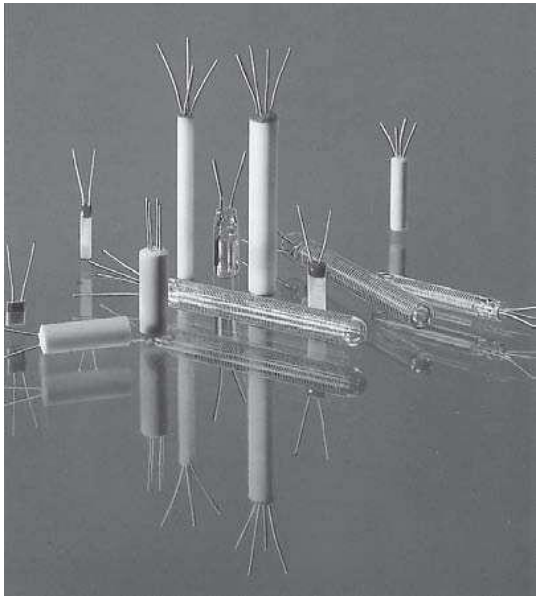
دماسنج های‌مقاومتی معمولا بّاید الزامات زیر را برآورده کنند:باید از نظر حرارتی و مکانیکی پایدار باشند، سریع پاسخ دهند،مقادیر مقاومت قابل تکرار داشته باشند، فقط مقادیر جزئی‌را نشان دهند

باتوجه به دما، در برابر فرسودگی مقاوم بوده و همیشه مقاومت‌عایق الکتریکی کافی داشته باشد. الزامات دقیق الکتریکی‌در استاندارد DIN IEC 751 ذکر شده است.

های‌پلاتینی **RTD** ۲.۱.۷.۲

The**پلاتینی RTD**عنصر حساس به دما در دماسنج مقاومتی‌پلاتینی است. این عنصر شامل حامل، سیم پیچ اندازه گیری‌و سیم های اتصال است. در مدل های اولیه، یک‌سیم اندازه گیری عایق بندی شده به سادگی روی یک قالب‌سیم پیچ عایق پیچیده می شد. این RTDها به دلیل اندوکتانس‌بالا، ابعاد بزرگ و زمان پاسخ طولانی، کاربرد محدودی‌داشتند. سه نوع رایج RTD با خواص مشخصه و

اکنون‌محدوده های دمایی مختلفی به طور گسترده مورد استفاده قرارمی گیرند: RTD های سرامیکی، شیشه ای و فیلمی (شکل ۹۱.۲ رابببنید). در RTD های سرامیکی و شیشه ای، می توان چندین سیم پیچ‌اندازه گیری را در یک محفظه نصب کرد.

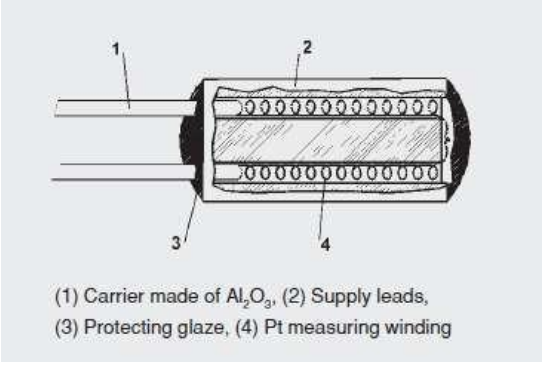


شکل۹۱.۲های مختلف RTD
انواع(عکس آثار هرائوس)

هایسرامیکی *RTD*

.هایسرامیکی به صورت سیمپلکس، دوبلکس و تریپلکس تولیدمی شوند. قطرهای معمول آنها ۱ تا ۵.۴ میلی متر و طول هایمعمول آنها ۲۵ تا ۳۰ میلی متر است. آنها برای دماهای۳۳۰- درجه سانتیگراد استفاده می شوند RTDدرجه‌تا ۱۶۰۰Fدرجه‌ف (-200درجه‌سی تا ۸۵۰درجه‌ج) و دارای سیم پیچ دوگانه‌هستند. بدنه مقاومت از یک لوله موبین سرامیکی ۳، ۴ یا ۶سوراخه، دو نیمه سیم پیچ از یک سیم پیچ اندازه گیری که در دولوله موبین مجاور قرار گرفته اند و در یک انتها به یکدیگر جوش‌داده شده اند، تشکیل شده است. قدرت ارتعاش را می توان‌با وارد کردن یک پرکننده پودری به داخل لوله موبین تا حدمحدودی افزایش داد. سیم های تغذیه به انتهای سیم پیچ آزادجوش داده می شوند، وارد لوله های موبین شده و نگه داشته‌می شوند.

بالعابی در جای خود قرار می گیرند که به عنوان تسکین دهنده‌کرنش و بسته کننده محفظه عمل می کند. RTD های سرامیکی‌بدون پر کردن پودری دقیق ترین نوع خود هستند و تکرارپذیرترین‌مقادیر را ارائه می دهند زیرا سیم پلاتین می توانداز‌ادانه در لوله موبین حرکت کند و تحت تأثیر انبساطحرارتی نابرابر مواد پلاتین و سرامیک، تحت فشار مکانیکی‌قرار نمی گیرد. انواعی با محفظه با روکش فلزی وجوددارد که می توان آن را در غلاف لحیم کرد تا زمان پاسخ افزایش‌یابد. RTD های سرامیکی عمدتا برای کارهای اندازه گیری‌و کنترل دشوار در ... استفاده می شوند.



شکل۹۲.۲سرامیکی RTD

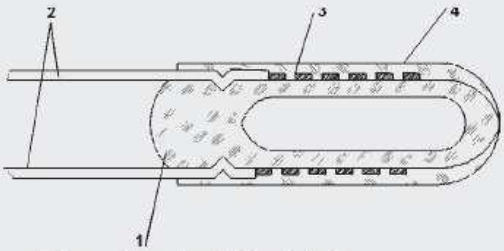
هایشیشه ای *RTD*

.هااز شیشه سخت برای محدوده دمایی ۳۲ تا ... ساخته شده اندRTD .های شیشه ای از نوع سیمپلکس و دوبلکس هستند.قطرهای معمول آنها ۸.۱ تا ۵.۵ میلی متر و طول هایمعمول آنها ۵ تا ۳۶ میلی متر است. آنها دارای سیم پیچ‌دوگانه هستند RTDدرجه‌تا ۱۰۰۰ Fدرجه‌اف (0)درجه سی‌تا ۵۵۰درجه‌ج) آنها در برابر ارتعاشات بسیار مقاوم هستندو به دلیل اینکه سیم پیچ اندازه گیری آنها درست زیر سطح‌قرار دارد، پاسخ بسیار سریعی دارند. آنها در معرض تغییرات‌سریع دما، به ویژه در حین کار زیر 0، هیسترزیس از خودنشان می دهند.درجه‌ج. بالای ۳۰۰درجه‌سی (600درجه.به دلیل‌افزایش رسانایی الکتریکی شیشه رخ می دهد DIN انحرافات‌منفی از مجموعه مقادیر پایه ،)F

.هایساخته شده از شیشه نرم برای دماهای بین -220 تا -220 استفادهمی شوند RTDدرجهسی تا ۴۰۰درجهسی ۳۶۰(-درجهتا ۷۵۲Fدرجهو) آنها عملا بّدون پسماند (هیسترزیس) هستند و می توانندر اندازه های کلی بسیار کوچک، یعنی به شکل مهره ایبا قطر ۱ میلی متر، تولید شوند.

درتولید RTD های شیشه ای، یک نوار پلاتینی به صورت دوتاییروی یک لوله شیشه ای کوچک پیچیده می شود. یک لولهشیشه ای کوچک با دیواره نازک دوم روی لوله اول جوشدادهمی شود که سیم پلاتین را در شیشه کاملا ً می پوشاند(شکل 2.93 را ببینید). بنابراین، آنها پاسخ بسیار سریعو مقاومت خوبی در برابر ارتعاش دارند. تغییرات سریع دمابه دلیل انبساط نابرابر پلاتین و شیشه سخت، منجر به تنشو در نتیجه هیسترزیس می شود. RTD های شیشه ای نرمعملا بّدون هیسترزیس هستند زیرا ضریب انبساط شیشهنرم تقریبا بّرابر با پلاتین است. RTD های شیشه ای کهتوسط لوله های شیشه ای جوش داده شده امتداد یافته اند،می توانند مستقیما دّر مایعات غوطه ور شوند. دماسنج هادر کارخانه های شیمیایی و به ویژه دماسنج ها در ماشین هایدارای ارتعاش، یعنی موتورهای دیزل، کاربردهایمعمولی برای RTD های شیشه ای هستند.

مقاومدر برابر ارتعاش هستند و به عنوان RTD های Pt 500 ،Pt100 و Pt 1000 برای استفاده در دماهای از 0 تا 1000 طراحیشده اند.درجهسی تا ۵۰۰درجهسی)۳۲(درجهتا 900 F درجهو) آنها با اعمال لایه های نازک پلاتین بر روی سطح زیرلایهاز طریق رسوب بخار یا کندوپاش تولید می شوند. حکاکیلیزری یا یونی به گونه ای که مسیر اندازه گیری به شکلشبکه ای باشد، لایه پلاتین را ساختار می دهد. بخش هایجبرانی، که شامل چندین حلقه بسته با اندازه هایمختلف هستند که می توانند برای گسترش مسیرجریان و افزایش مقاومت باز شوند، نیز تولید می شوند.قبل از اینکه لایه پلاتین ساختار یافته با یک پوشششیشه ای برای محافظت آب بندی شود، سیم های اتصالبه نواحی تماس متصل می شوند (شکل 2.94 را ببینید). به دلیل جرم کم و در نتیجه زمان پاسخ کوتاه، RTD هایتخت بدون محفظه برای اندازه گیری دمای سطح و هوا استفادهمی شوند. انواعی که دارای پشت فلزی هستند را می توانلحیم کرد. در صورت نیاز به RTD گرد، یک یا دو RTD تخت در یک ظرف سرامیکی با قطر 2.8 تا 4.5 میلی مترتعبیه می شوند.



(1) Inner glass tube, (2) Supply leads
(3) Pt strip winding, (4) Outer glass tube

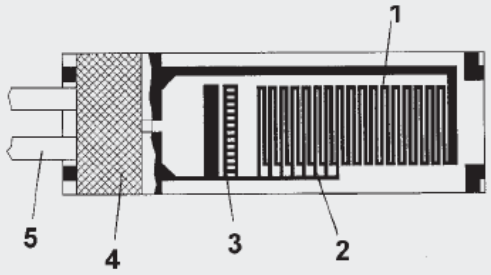
شکل۲.۹۳شیشه ای RTD

CK-های فیلم RTDشامل یک زیرلایه آمیک مسطح یا استوانه ایاست که مسیر اندازه گیری با خمیرهای رسانا توسطیک فرآیند غربالگری پوشانده شده است. خمیر رسانا،یک ذره فلزی پلاستیکی، روی سطح سرامیکی سوزانده‌می شود. پلاستیک می سوزد و ذرات فلزی با یکدیگرتماس پیدا می کنند و مناطق تماس کم و بیش حساسیرا تشکیل می دهند. جبران با برش های برش بالیزر مانند RTD لایه نازک انجام می شود. از آنجایی که مناطقتماس تحت بارهای شیمیایی و حرارتی نسبتا ناپایدار هستند،محدوده عملیاتی به حدود 0 محدود می شود.درجه سیتا ۱۵۰درجهسی)۳۲(درجهتا 300 Fدرجهو) و RTD برای اندازه گیری هایدقیق رضایت بخش نیست.

مزیتRTD های لایه نازک و لایه ضخیم در مقایسه با انواع دیگراین است که فرآیندهای تولید آنها تا حد زیادی می توانندخودکار باشند و بنابراین می توانند به صورت اقتصادیدر مقادیر زیاد تولید شوند.

فیلم های*RTD*

های لایه نازک RTDدارای یک زیرلایه سرامیکی مستطیلی به عنوانحامل هستند. ابعاد معمول آنها از 3 در 4 میلی متر تا 3.5در 12 میلی متر با ضخامت 0.15 میلی متر است.



(1) Web wind, (2) Rough compensation, (3) Fine compensation, (4) Fixing of supply leads, (5) Supply leads

شکل۲.۹۴لایه نازک RTD

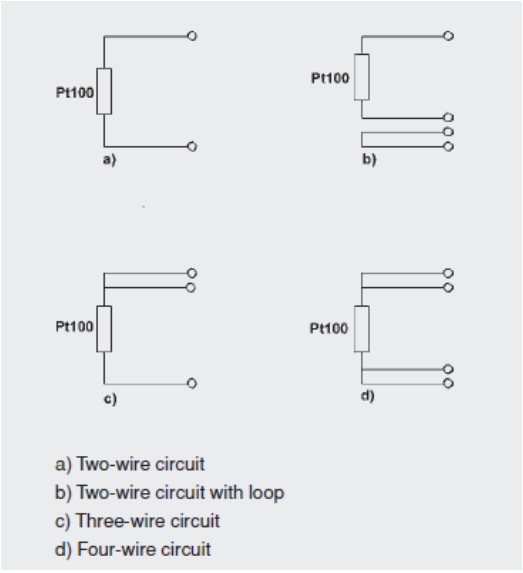
۳.۱.۷.۲مدارات

سیم های‌رابط RTD های Pt 100 در طول هایی حدود ۱۰ تا ۳۰میلی متر عرضه می شوند. این امر با در نظر گرفتن مجموعه‌مقادیر پایه DIN انجام می شود. مقاومت های خط بیشتر،خطاهایی را به مقدار اندازه گیری شده اضافه می کنند،اما می توان با استفاده از اتصالات مناسب آنها را جبران‌کرد. بین مدارهای دو، سه و چهار سیمه تمایز قائل شد.در**مدار دو سیمه**(شکل 2.95a)، مقاومت های سیم های‌تغذیه، خطاها را به مقدار اندازه گیری شده اضافه می کنند.ضریب دمایی سیم تغذیه باعث ایجاد خطایی وابسته‌به دما و در نتیجه عمق غوطه وری نیز می شود که نمی توان‌آن را به طور دقیق محاسبه کرد زیرا سیم های تغذیه‌همیشه در یک گرادیان دما قرار دارند. اگر سازنده مقاومت‌سیم تغذیه را در دمای اتاق مشخص کند، می توان آن‌را جبران کرد و در نتیجه خطای کل کاهش می یابد. بنابراین،یک مدار دو سیمه با RTD های Pt 100 فقط برای کاربردهای‌اندازه گیری بسیار ساده مناسب است. با مقاومت های‌اندازه گیری بالا، یعنی Pt 500 یا Pt 1000، خطای‌ناشی از سیم های تغذیه با ضریب 5 یا 10 کاهش می یابد،به طوری که می توان از آنها برای اندازه گیری های دقیق،یعنی در دماسنج های کمیت گرما، نیز استفاده کرد.

The**مدار دو سیمه با حلقه**(شکل b۹۵.۲) امکان جبران مقاومت‌خط را فراهم می کند زیرا می توان آن را از طریق حلقه‌در شرایط عملیاتی اندازه گیری کرد. هر چهار سیم تغذیه‌باید یکسان باشند. با این حال، این نوع مدار تقریبا دّر همه‌جا با مدار سه سیمه جایگزین شده است.**مدار سه سیمه**(شکل c۹۵.۲) است

در استفاده استاندارد در دماسنج های مقاومتی w کاربردهای‌صنعتی. تجهیزات کنترل، اندازه گیری و ارزیابی‌موجود در بازار برای اتصال Pt 100 با یک مدار سه تایی‌طراحی شده اند. اگر سه مقاومت سیم تغذیه

درهمین حال، آنها توسط مدار مناسب در این تجهیزات‌جبران می شوند. در**مدار چهار سیمه** (شکل 2.95 d)، مقاومت های سر سیم های تغذیه نیز در صورت متفاوت‌بودن، جبران می شوند. این مدار در آزمایشگاه ها و برای‌کاربردهای بسیار دشوار در سیستم های اندازه گیری صنعتی‌استفاده می شود. یک جریان اندازه گیری ثابت I از RTD عبور می کند و افت ولتاژ U ایجاد می کند که در مقاومت‌بالا اندازه گیری می شود. تا زمانی که مقاومت سر سیم‌تغذیه نسبت به مقاومت داخلی در ... کوچک باشد،



a) Two-wire circuit
b) Two-wire circuit with loop
c) Three-wire circuit
d) Four-wire circuit

شکل۲.۹۵نمودارهای چهار نوع مدار

جدول‌زیر مقاومت ها و خطاهای حاصل را برای یک مدار دو سیمه‌با دماسنج های مقاومتی Pt 100 با جنس های مختلف‌خط بر اساس طول 1 متر و قطر 0.6 میلی متر نشان‌می دهد. خطای F_1برای مقاومت خط جبران نشده، خطایF اعمال می شود.۲.که در 20 سالگی جبران می شود درجه‌سی)۶۸(درجه‌ف).

مواد	ر(20درجه‌ج)در/Ωمتر	ر(400درجه‌ج)/ ر(20درجه‌ج)	ف۱در ک	ف۲در ک
مس	۰.۰۶	۲.۷۵	۰.۴۸	0.30نقره
۰.۰۶	۲.۷۰	۰.۴۷	۰.۲۹	نیکل‌کروم
۲.۴۸	۱.۰۸۶	۷.۸	۰.۶۲	مس‌نیکل
۱.۷۷	۰.۹۹۶	۵.۱	۰.۰۲	

جدول۲.۱۹ مقاومت‌سیم های تغذیه و خطاهای‌اندازه گیری سیم های معمولی

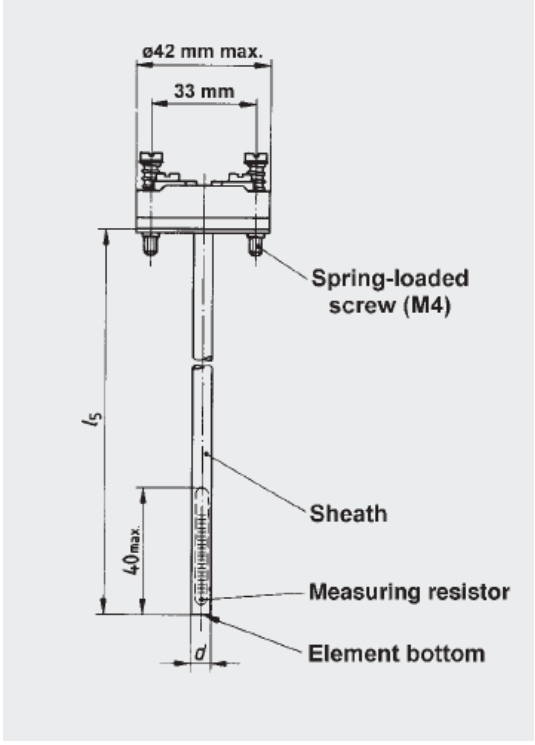
برخی‌از المان های اندازه گیری بدون سوکت ترمینال برای اتصال‌مستقیم به فرستنده هد، مانند WIKA نوع T21، تولیدمی شوند. علاوه بر این، تولیدکنندگان مختلف المان های‌اندازه گیری با پاسخ سریع و قطر لوله المان کوچکترو همچنین المان های اندازه گیری با غلاف مخروطی درنوک (قطر ¼ اینچ، مخروطی تا ¼ اینچ) ارائه می دهند.

۲.۱.۷.۴انواع ساخت و ساز

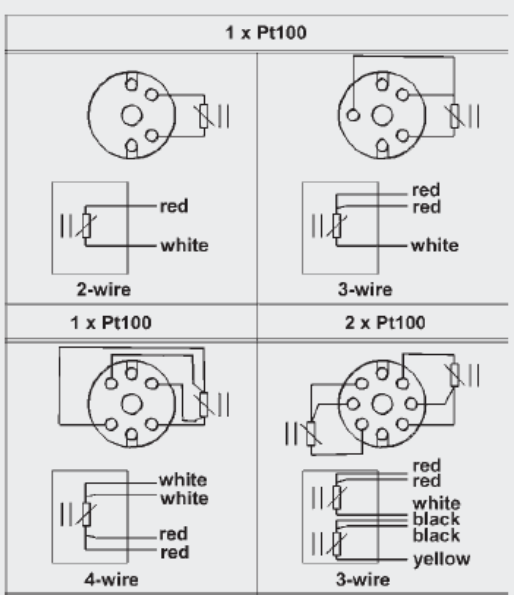
دماسنج های‌مقاومتی صنعتی با المان های اندازه گیری

دماسنج های‌مقاومتی صنعتی از اجزای اصلی تشکیل شده اند:ترموول، عنصر اندازه گیری و سر اتصال.
ترموول هاو سرهای اتصال در بخش 2.3.2.5 توضیح داده شده اند.

یک‌عنصر اندازه گیری شامل لوله عنصر (غلاف) است که شامل‌RTDها و سیم های تغذیه، صفحه نصب و سوکت اتصال‌می شود. غلاف می تواند به طور مرسوم با لوله های موبین‌سرامیکی ساخته شود یا در صورت نیاز به مقاومت ارتعاشی‌ویژه، ممکن است از یک کابل غلاف دار با عایق معدنی‌تشکیل شود. صفحه نصب با سوکت ترمینال سرامیکی‌و پیچ های فنری در سمت اتصال غلاف ساخته شده‌از آلیاژهای فولاد ضد زنگ یا فولاد ضد زنگ متصل می شود.فنرهای زیر پیچ ها تضمین می کنند که عنصر اندازه گیری‌به طور دائم محکم به کف ترموول فشرده شود تاتماس خوبی بین سر و ترموول برقرار شود. بسته به نوع مدارو تعداد سیم پیچ های RTD، تا هشت ترمینال را می توان‌روی یک سوکت ترمینال نصب کرد، یعنی 2 عدد Pt100 در یک مدار چهار سیمه.



شکل۲.۹۶عنصر اندازه گیری برای مقاومت-دماسنج های‌آنس مطابق با استاندارد DIN 43762



شکل۲.۹۷انواع اتصال الکتریکی

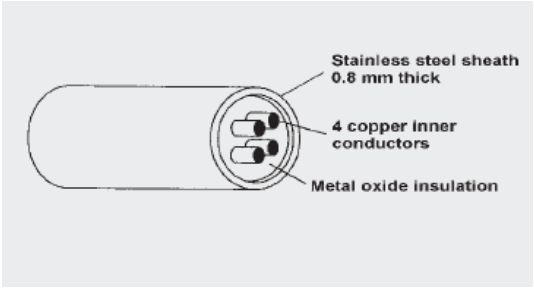
دماسنج های‌مقاومتی با درجه بندی کاربردی

دماسنج‌مقاومتی عایق معدنی

کابل های‌عایق معدنیانقلابی در تولید دماسنج ها و ترموکوپل های‌مقاومتی ایجاد کردند. آن ها از یک غلاف بیرونی‌فولادی مرغوب تشکیل شده اند که در آن هادی های داخلی‌برای عایق بندی در یک اکسید فلزی بسیار فشرده، Al2O3 یا MgO، جاسازی شده اند. ماده اولیه، به عنوان مثال،یک لوله‌فلزی با حداقل 10 فوت طول و قطر خارجی حدود1 تا 1.5 اینچ است که چندین قطعه سرامیکی استوانه ای‌با دو، چهار یا شش سوراخ که در شعاع یکسان قرارگرفته اند، یکی پس از دیگری در آن قرار می گیرند. هادی های‌داخلی، سیم مسی یا NiCr برای کابل های عایق معدنی‌در دماسنج های مقاومتی یا سیم ترموالکتریک مربوطه‌برای ترموکوپل ها، در سوراخ ها قرار می گیرند. نورد وبازپخت متناوب لوله و پر کردن آن، سیمی تولید می کند که‌در نهایت به قطر مورد نیاز کشیده می شود.

کابل های‌عایق معدنی برای ترموکوپل ها با دو هادی داخلی رامی توان تا قطر خارجی تنها 0.25 میلی متر کشید. قطعات‌سرامیکی جداگانه تخریب و فشرده می شوند تا یک توده‌همگن تشکیل دهند و در عین حال نسبت قطر هادی داخلی‌به هادی خارجی و همچنین فاصله هادی های داخلی حفظشود. در طول این فرآیند تولید، و به ویژه در طول پردازش‌بیشتر برای تبدیل به دماسنج های مقاومتی و ترموکوپل ها،کابل های عایق معدنی باید به دلیل عایق اکسیدفلزی به شدت جاذب رطوبت، انتهای باز خود را کاملا آب بندی‌کنند یا در دمای به اندازه کافی بالا در یک محفظه گرمایش‌نگهداری شوند.

کابل های‌عایق معدنی را می توان در طول هایی تا ۱۰۰ فوت تولیدکرد، انعطاف پذیر هستند و شعاع خمش ۳ تا ۳ برابر قطررا مجاز می دانند. آن ها استحکام مکانیکی و مقاومت دمایی‌بسیار بالایی و همچنین مقاومت عایق الکتریکی بالای رساناهای‌داخلی بین یکدیگر و نسبت به غلاف بیرونی را نشان‌می دهند. کابل های عایق معدنی برای ترموکوپل ها با غلاف‌بیرونی ساخته شده از فولاد ضد زنگ و قطر ۱۶/۱ اینچ دردماهای حداکثر تا ۵۵۰ درجه سانتیگراد استفاده می شوند. درجه‌سی)۱۰۰۰(درجه‌که تا حداکثر ۱۲۰۰ افزایش می یابد ،)F درجه‌سی)۲۰۰۰(درجه‌و) برای قطرهای ¼ اینچ و بالاتر. اینکونل‌اغلب به عنوان ماده غلاف برای دماهای بالاتر از 550استفاده می شود.درجه‌سی.

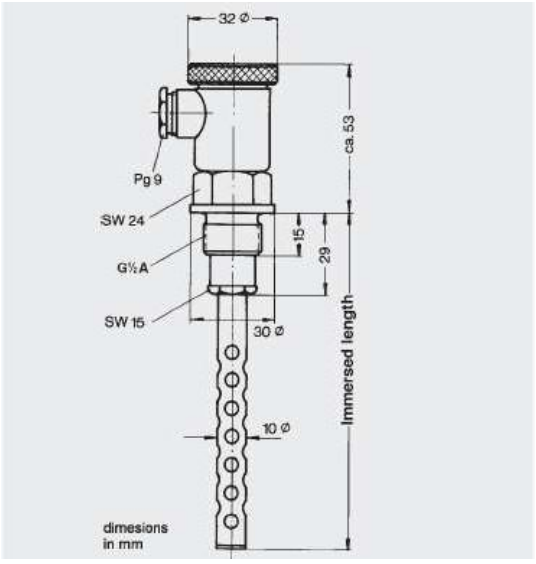


شکل۲.۹۸کابل با عایق معدنی

برای‌تولید دماسنج های مقاومتی با عایق معدنی، کابل عایق‌معدنی از یک کلاف باز شده، صاف شده، به طول مورد نظربریده شده و عایق آن از دو انتها برداشته می شود. در یک‌انتها، هادی های داخلی کابل غلاف دار به سیم های تغذیهRTD جوش داده می شوند. در انتهای دیگر

انتهای‌آن با یک ترکیب به طور کامل آب بندی شده است، درحالی که انتهای سیم های تغذیه از ترکیب آب بندی بیرون زده اند.یک لوله فلزی کوچک روی RTD قرار گرفته و به غلاف‌جوش داده می شود. برای اطمینان از انتقال حرارت خوب‌و قرارگیری محکم RTD برای مقاومت در برابر ارتعاش،فضای خالی بین RTD و لوله کوچک با پودر اکسید آلومینیوم‌پر می شود و سپس انتهای باز آن با یک درپوش بسته‌و جوش داده می شود.

کابل های‌عایق معدنی معمولی برای دماسنج های مقاومتی باغلاف خارجی ساخته شده از فولاد ضد زنگ سری 300 دارای‌قطر 1/8 اینچ یا 1/4 اینچ هستند. دماسنج های مقاومتی‌عایق معدنی برای دماهای بالاتر از 550درجه‌سی ( )۱۰۰۰درجه‌و) با هادی های داخلی نیکل ساخته شده اند؛ هادی های‌داخلی مسی در دمای زیر ۵۵۰ درجه سانتیگراد استفاده‌می شوند.درجه‌سی.
به‌دلیل انعطاف پذیری و قطر کوچکشان، دماسنج های مقاومتی‌عایق معدنی را می توان در نقاطی که به راحتی قابل‌دسترسی نیستند نیز استفاده کرد. انواع مختلفی از کانکتورها،یعنی سوکت ترمینال، اتصالات دوشاخه ای یا کابل‌متصل دای‌می، برای این دماسنج ها امکان پذیر است.

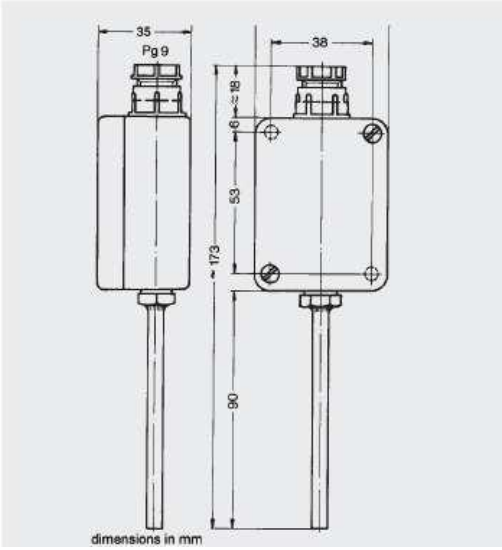


شکل۲.۹۹دماسنج تونل باد

دماسنج های‌مقاومتی برای تونل های باد و سردخانه ها

زمان‌پاسخ کوتاه، کاهش خطاهای ناشی از تابش حرارتی و محافظت‌مکانیکی کافی از دماسنج برای اندازه گیری دما در تونل های‌باد مهم است. بنابراین از دماسنج هایی با ساقه های‌سوراخ دار و براق استفاده می شود. برای زمان پاسخ‌کوتاه، یک RTD شیشه ای بدون محفظه در ساقه قرار می گیرد.محدوده عملیاتی معمول -30 است.درجه‌سی تا ۱۲۰ درجه‌سی ۲۲(-درجه‌تا ۲۴۸ Fدرجه‌و)±0.5 کلوین (شکل 2.99).

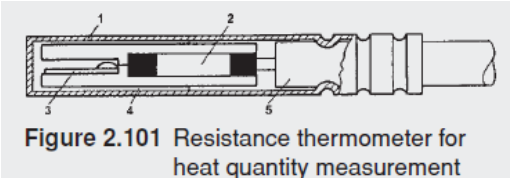
دماسنج های‌مقاومت کوتاه با قطر ¼ اینچ با محفظه ضد رطوبت(IP 65) ساخته شده از فلز سبک یا پلاستیک برای نصب‌روی دیوار (شکل 2.100) اغلب برای پایش دما در سردخانه هااستفاده می شوند. لوله غوطه وری دارای سطح براق‌برای محافظت در برابر اشعه است. محفظه، فضایی برای‌نصب فرستنده سر فراهم می کند. محدوده عملیاتی معمول-30 است.درجه‌سی تا ۷۰درجه‌سی ۲۲(-درجه‌تا ۱۶۰ F درجه‌و۵.۰)± کلوین



شکل۲.۱۰۰دماسنج سردخانه

دماسنج های‌مقاومتی برای اندازه گیری کمیت گرما

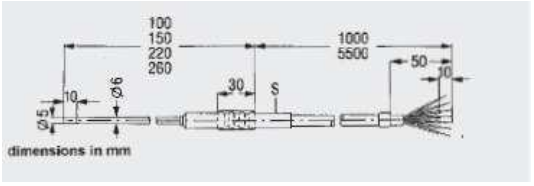
برای‌تعیین کمیت های گرما، اختلاف دما بین خوراک و برگشت‌با استفاده از RTD های جفت شده برای دماهای از 20درجه سانتیگراد اندازه گیری می شود.درجه‌سی تا ۱۵۰درجه سی)۶۸(درجه‌تا 300 Fدرجه‌و) با دقت±0.1 کلوین تا 0.5 کلوین.دماسنج های کابلی با RTDهای لایه نازک Pt 50 و Pt100 که برای این منظور استفاده می شوند، باید در عمل قابل‌تعویض باشند، سریع پاسخ دهند و خطای اتلاف حرارت‌کمی داشته باشند (شکل 2.101). در این حالت،)3(RTD از نظر حرارتی با ترکیب انتقال حرارت به غلاف (1) متصل‌می شود. نوار تغذیه با مساحت بزرگ (2) همچنین انرژی‌حرارتی کافی را تا نقطه انتقال به کابل اتصال (4) تأمین‌می کند تا اتلاف حرارت از این RTD کم باقی بماند.



شکل۲.۱۰۱دماسنج مقاومتی برای
اندازه گیری‌کمیت گرما

دماسنج‌مقاومتی برای اتوکلاوها

هدف‌از اندازه گیری دما در اتوکلاوها، ثبت منحنی دما نسبت‌به زمان و حداکثر دمای به دست آمده است. دماسنج های‌مقاومتی پلاتینی مستقیم و زاویه دار با قطرهای۵.۴ و ۶ میلی متر برای دماهای از ۰ تا ۰ استفاده می شوند.درجه‌سی تا ۲۶۰درجه‌سی)۳۲(درجه‌تا ۵۰۰ Fدرجه‌و) نقطه‌اتصال به سیلیکون اتصال دهنده ca

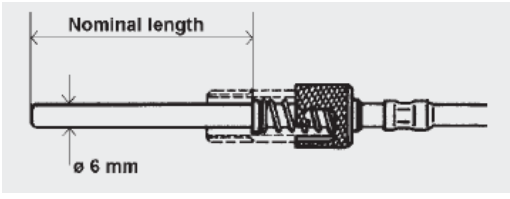


شکل۲.۱۰۲دماسنج مقاومتی برای
اتوکلاوها

دماسنج‌مقاومتی برای پردازش پلاستیک

دماسنج های‌مقاومتی با قدرت ارتعاش بالا و فنر سرنیزه ای درماشین های قالب گیری تزریقی پلاستیک و اکسترودرها نصب‌می شوند. آنها باید برای تمیز کردن به راحتی قابل جدا شدن‌باشند و انتقال حرارت بسیار خوبی را تضمین کنند. حداکثردمای کارکرد بین 300 درجه سانتیگراد است.درجه سی‌و ۲۵۰درجه‌سی (660درجه‌دمای فنر سرنیزه تا حدود ۲۰۰ بالامی رود ،)Fدرجه‌سی (400درجه‌و) سیم های تغذیه به صورت‌جداگانه به عنوان یک واحد با ... پوشانده شده اند.

فولادضد زنگ



شکل۲.۱۰۳دماسنج مقاومتی برای
ماشین‌آلات تزریق پلاستیک
واکسترودرها

۵.۱.۷.۲عدم قطعیت های اندازه گیری دماسنج های مقاومت‌پلاتینی

خطای‌خود گرمایشی

دردماسنج های مقاومتی، توان الکتریکی مصرف شده در سیم پیچ‌اندازه گیری منجر به خطای اندازه گیری می شود که به‌عنوان خطای خودگرمایی شناخته می شود. بزرگی آن نه تنهابه جریان اندازه گیری، بلکه به اتصال حرارتی RTD به غلاف‌و به انتقال حرارت خارجی بین غلاف و محیط اندازه گیری‌نیز بستگی دارد. از آنجایی که انتقال حرارت داخلی‌در دماسنج را نمی توان با دقت کافی محاسبه کرد، خطاهای‌خودگرمایی به صورت تجربی تعیین می شوند. با یک‌انتقال حرارت خارجی معین به دماسنج، یعنی در آبی با دمای‌ثابت که با سرعت 0.4 متر بر ثانیه جریان دارد، مقاومت هایR و R با جریان های اندازه گیری I و I اندازه گیری‌می شوند. خروجی ها محاسبه می شوند.

$$U_s = \frac{R_2 - R_1}{(P_2 - P_1)\cdot dR/dt} \quad \text{with } u_s \text{ in K/W} \quad (2\text{-}98)$$

خطای‌خودگرمایی u را می دهد، که در آن dR/dt گرادیان مشخصه های‌دماسنج در دمای آزمایش در/Ωک. برای اندازه گیری‌دما در مایعات جاری، خطای خودگرمایی با جریان‌اندازه گیری ۱ میلی آمپر عموما قابل صرف نظر کردن است،در هوای ساکن کمی بزرگتر از ۱.۰ کلوین است. طبق استاندارد751 DIN IEC، جریان اندازه گیری باید به گونه ای تنظیم‌شود که اتلاف توان P۱.۰≥ میلی وات (همچنین به بخش۴.۲ مراجعه کنید).

ناپایداری‌و پیری

بی ثباتی‌وپیریاثراتی در دماسنج مقاومتی هستند که منجر به‌عدم تکرارپذیری می شوند. تکرارپذیری مقاومت در نقطه انجمادیا نقطه سه گانه آب و ضریب دمایی TC بین ۰درجه سی‌و ۱۰۰درجه‌سی)۳۲(درجه‌تا ۲۱۲ Fدرجه‌و) به عنوان معیار ارزیابی‌استفاده می شوند. ناپایداری به معنای تغییر گذرا در مشخصه‌دمای مقاومت است، یعنی با اعمال تنش به سیم پلاتین‌به دلیل شوک، ارتعاش یا تغییرات سریع.

تغییردما. پیر شدن یک اثر طولانی مدت است. در حالت ایده آل،دماسنج به آرامی و به طور مداوم مشخصه خود را تغییرمی دهد، در نتیجه ناخالصی هایی که به دماسنج تا سیم پیچ‌اندازه گیری نفوذ می کنند و پلاتین را آلوده می کنند.این ناخالصی ها ممکن است اجزای آلیاژی غلاف باشند،یعنی کروم از فولادهای درجه بالا، یا سیلیکون که از موادسرامیکی عایق در اتمسفرهای کاهنده آزاد می شود و باپلاتین آلیاژ می شود. تقریبا همیشه در این مورد افزایش مقاومت‌در نقطه انجماد و نقطه سه گانه و کاهش دمای بحرانی‌مشاهده می شود. ناپایداری ها و پیر شدن را می توان‌با بازپخت دماسنج کاهش داد. برای این منظور، دماسنج‌برای چند ساعت در دمایی کمی بالاتر از دمای عملیاتی‌بعدی قرار می گیرد و سپس به آرامی خنک می شود.این فرآیند تنش های مکانیکی را کاهش می دهد و همچنین‌ممکن است به بازیابی کمک کند.

آزادسازی‌بیشتر اجزای آلیاژی با تشکیل لایه های اکسیدی‌درون غلاف های L همراه است.

تأثیرمقاومت عایقی

مقاومت‌عایقی یک دماسنج مقاومتی با ولتاژ ۱۰ تا ۱۰۰ ولت مستقیم‌بین اتصالات و لوله محفظه طبق استاندارد 751 DIN IEC اندازه گیری می شود. این مقاومت به عنوان یک مقاومت‌موازی با سیم پیچ اندازه گیری عمل می کند و منجربه کاهش مقاومت کل و در نتیجه کاهش نشانگر دما می شود.اگر مقاومت عایق در ۱۰۰درجه‌فقط 0.5 مگا اهم است،برای مثال، خطای نشانه زیر ΔC نتایج t با گرادیان مشخصه100 Pt برابر با 0.38Ω/در ۱۰۰ Kدرجه‌ج:

$$\Delta t = \frac{\dfrac{R(t)\cdot R_{isol}}{R(t)+R_{isol}} - R(t)}{dR(t)/dt} \quad (2\text{-}99)$$

$$= \frac{\dfrac{138.5\Omega \cdot 5\cdot 10^5\,\Omega}{138.5\Omega + 5\cdot 10^5\,\Omega} - 138.5\Omega}{0.38\,\Omega/K} = -0.1K$$

رطوبت،تبخیر مواد رسانا و افزایش رسانایی تمام مواد عایق دردماهای بالا، همگی می توانند باعث کاهش مقاومت عایقی‌شوند. جدول زیر حداقل مقاومت عایقی برای دماسنج های‌مقاومت پلاتینی در دمای اتاق و در حداکثر دمای‌مجاز کارکرد طبق استاندارد DIN IEC 751 را نشان می دهد:

دما	حداقل‌عایق مقاومت
۲۳درجه‌سی ۷۳(درجه‌و)	> 100 مترΩ
۱۰۰درجه‌سی تا ۳۰۰درجه‌سی(212درجه‌تا ۵۷۵ Fدرجه‌و)	۱۰مترΩ
۳۰۱درجه‌سی تا ۵۰۰درجه‌سی(576درجه‌تا ۹۳۰ Fدرجه‌و)	۲مترΩ
۵۰۱درجه‌سی تا ۸۵۰درجه‌سی(۹۳۱درجه‌تا ۱۵۵۰ Fدرجه‌و)	۵.۰مترΩ

جدول۲.۲حداقل مقاومت عایقی
مطابق‌با استاندارد DIN IEC 751

۲.۱.۷.۲استانداردسازی دماسنج های مقاومتی پلاتینی‌صنعتی

دماسنج های‌مقاومت Pt صنعتی و RTDها در استاندارد DIN IEC751 استاندارد شده اند. این استاندارد، مجموعه مقادیرپایه، یعنی رابطه بین مقاومت الکتریکی و دما، و همچنین‌حداکثر انحراف از مجموعه مقادیر پایه را که به کلاس های‌تلرانس تقسیم شده اند، مشخص می کند. علاوه براین، علامت گذاری ها، مدار و داده های مورد نیاز سازنده راتعریف می کند و همچنین معیارهایی را برای آزمایش های معمولو نوعی روی دماسنج های مقاومت Pt تعیین می کند.این آزمایش ها مربوط به ایجاد موارد زیر است:

-انحراف از مجموعه مقادیر پایه - مقاومت عایقی
-زمان های پاسخ
-خودگرمایش -
اثر غوطه وری
-اثر ترموالکتریک
-اثر بار مداوم در دماهای حدی

-اثرات تغییرات دما. آزمایش های اضافی برای دماسنج های‌مقاومتی تحت شرایط عملیاتی دشوار نیز مشخص‌شده اند، اما در این مورد فقط تأثیر بر روی تجهیزات‌الکتریکی بررسی می شود.

خواص‌بررسی می شود. این آزمایش ها شامل آزمایش ضربه،آزمایش ارتعاش و آزمایش فشار است.

۲.۷.۲ترموکوپل ها

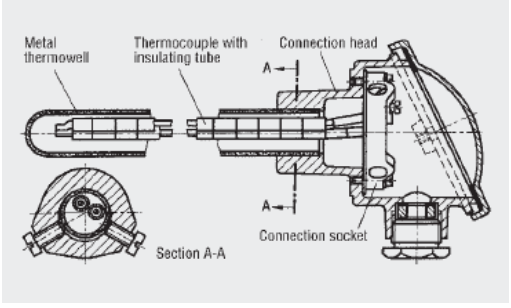
عدم‌قطعیت های اندازه گیری بالاتری در اندازه گیری دما با ترموکوپل هانسبت به دماسنج های مقاومتی رخ می دهد، اماترموکوپل ها را می توان در محدوده دمایی بسیار وسیع تری‌استفاده کرد و نسبت به بارهای مکانیکی حساسیت‌کمتری دارند. بسته به نوع عنصر و دما، ترموکوپل های‌با فلزات غیر قیمتی انحرافات اندازه گیری زیر رانشان می دهند۱:± کلوین تا ۹ کلوین در دماهای بین -۲۰۰ درجه‌سانتیگراددرجه‌سی تا ۱۲۰۰درجه‌سی ۳۳۰(-درجه‌تا ۲۱۰۰ F درجه‌ترموکوپل های فلزات نجیب ،F(۵.۱)± هزار تا ۳ هزار در محدوده۰درجه‌سی)۳۲(درجه‌و) و۳.۴± کلوین در دماهای بالاترتا حداکثر ۱۷۰۰درجه‌سی ۳۱۰۰(درجه‌و) این انحرافات مطابق‌با انحرافات حدی برای ترموکوپل ها طبق MC 96.1 ANSI استمحدودیت های استاندارد خطامجموعه مقادیر پایه‌مهمترین ترموکوپل ها نیز در این استاندارد و همچنین در DIN 43710 مشخص شده اند. اندازه گیری دمای قابل اعتمادنیازمند طراحی دقیق برای فرآیند مربوطه است، بنابراین‌جای تعجب نیست که ترموکوپل ها نیز در طیف وسیعی‌از انواع موجود هستند. مانند دماسنج های مقاومتی،انواع صنعتی استانداردی وجود دارد که می توان آنهارا با ... تعیین کرد.**ترموکوپل های صنعتی**،و آنهایی که برای‌کاربردهای خاص طراحی شده اند، به اصطلاح **ترموکوپل های‌مرتبط با کاربرد**.

ترموکوپل های‌استانداردددر مقیاس دمایی IPTS وجود داشت‌که در سال ۱۹۹۰ توسط ITS 90 جایگزین شد. ترموکوپل های‌پلاتین-رودیوم/پلاتین به عنوان ابزارهای اندازه گیری‌استاندارد در محدوده دمایی ۶۶۰ درجه سانتیگراد مشخص‌شدند.درجه‌سی تا ۱۰۶۴درجه‌سی)۱۲۲۰(درجه‌اف تا ۱۹۵۰درجه‌و). امروزه این محدوده دمایی با دقت بیشتری توسطدماسنج ها و پیرومترهای مقاوم در برابر دمای بالا پوشش‌داده می شود، اما ترموکوپل های PtRh/Pt هنوز به عنوان‌استاندارد ثانویه استفاده می شوند. بنابراین آزمایشگاه های‌کالیبراسیون هنوز از ترموکوپل های PtRh/Pt به‌عنوان دماسنج های مرجع در محدوده ۶۶۰ تا ... استفاده می کنند.درجه‌سی تا ۱۲۰۰درجه‌ج به دلیل سهولت کاربرد آنها (به بخش 3.2.3.2 مراجعه کنید).

۱.۲.۷.۲ساختار ترموکوپل

دریک ترموکوپل، دو سیم از جنس های مختلف به هم جوش‌داده می شوند تا یک ...**زوج**، گره جوش داده شده که نقطه‌اندازه گیری را تشکیل می دهد. هنگامی که نقطه اندازه گیری‌گرم می شود، ولتاژی تقریبا مَتناسب با دمای نقطه اندازه‌گیری در انتهای سیم اندازه گیری می شود.

ساده ترین‌شکل ساخت ترموکوپل، به اصطلاح ... است. **کابل‌رابط**. این شامل دو سیم عایق شده از یکدیگر و جوش داده‌شده به یکدیگر در یک انتها است. کابل های رابط را می توان‌با قطرهای بسیار کوچک تولید کرد و اغلب برای اندازه گیری‌دمای سطح استفاده می شوند. مقاومت دمایی عایق‌و اکسیداسیون سیم ها، دمای بالا را توسط اکسیژن اتمسفرمحدود می کند. ترموکوپل ها برای کاربردهای صنعتی‌معمول از قبل مونتاژ می شوند، یعنی ترموکوپل به داخل‌عایق های سرامیکی کشیده شده و در یک غلاف نصب‌می شود. نوع دیگر شامل یک کابل عایق معدنی با رساناهای‌داخلی ساخته شده از مواد ترموالکتریک است. تصویرزیر یک ترموکوپل فلزی غیر قیمتی معمولی با لوله عایق‌سرامیکی کوچک در یک ترموول فلزی با سر اتصال و سوکت‌ترمینال سرامیکی را نشان می دهد.



شکل۲.۱۰۴ترمو المنت با غیر ترموکوپل‌فلزات گرانبها

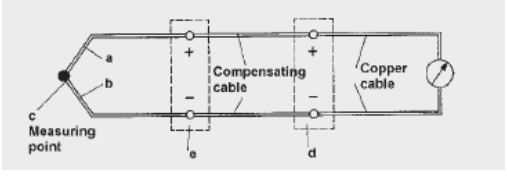
درترموکوپل های ساخته شده از فلزات گرانبها، خطر «آلودگی»توسط ناخالصی ها، به ویژه در دماهای بالا، وجود دارد.از این رو، ترموکوپل های فلزات گرانبها با ترمووِل داخلی‌و خارجی سرامیکی ساخته می شوند که چاه داخلی از یک‌ماده سرامیکی ضد گاز، یعنی نوع ۷۱۰، ساخته شده است.

۲.۲.۷.۲مدارات

درترموکوپل، دو سیم ساخته شده از فلزات یا آلیاژهای مختلف‌در نقطه اندازه گیری (c) به هم جوش داده می شوند (شکل 2.105 را ببینید). دو سیم (a) و (b) نامیده می شوند. **اندام های‌ترموالکتریک**و با هم تشکیل می دهند**ترموکوپل** اگرانتهای ترموکوپل به سیم های مسی متصل باشد، این نقطه‌اتصال، نقطه اتصال نامیده می شود.**نقطه مرجع**

(د). ولتاژ ترموالکتریک اندازه گیری شده در نقطه مرجع متناسب‌با اختلاف دما بین نقطه اندازه گیری و نقطه مرجع است.ترموکوپل ها را می توان تا ... افزایش داد.**کابل جبران‌کننده**(به بخش 2.7.2.4 مراجعه کنید) تا نقطه مرجع. کابل های‌جبران کننده از ماده ای متفاوت از ترموکوپل تشکیل‌شده اند اما در یک محدوده دمایی محدود، خواص ترموالکتریک‌یکسانی دارند. اتصال

نقطه‌ترموکوپل و کابین کامپنگ



شکل۲.۱۰۵نمودار مدار یک ترموکوپل

۳.۲.۷.۲جفت سازی ترموکوپل

ترموکوپل های‌پرکاربرد در DIN IEC 584 و DIN 43 710 استانداردشده اند و با حروف کد مشخص می شوند. شاخه مثبت‌همیشه اول مشخص می شود. مجموعه مقادیر پایه ترموکوپل ها

تعیین	نوع	محدوده‌دما	سیگنال(میکروولت/کی)	مجموعه‌مقادیر پایه
مس-مس-نیکل	تی	-۲۵۰ تا ۴۰۰درجه‌سی (600درجه‌ج) -۴۲۰ تا ۷۵۰درجه‌اف)۱۱۰۰(درجه‌و)	۲۳تا ۶۹	استاندارد DIN IEC 584
آهن-مس-نیکل	جی	-۲۰۰ تا ۷۰۰درجه‌سی ۹۰۰(درجه‌ج) -۳۳۰ تا ۱۳۰۰درجه‌اف)۱۶۵۰(درجه‌و)	۳۴تا ۶۹	استاندارد DIN IEC 584
NiCr-CuNi	ای	-۲۰۰ تا ۷۰۰درجه‌سی(1000)درجه‌ج) -۳۳۰ تا ۱۳۰۰درجه‌اف)۱۸۰۰(درجه‌و)	۴۰تا ۸۰	استاندارد DIN IEC 584
نیکل-کروم	ک	-۲۰۰ تا ۱۰۰۰درجه‌سی)۱۳۰۰(درجه‌ج) -۳۳۰ تا ۱۸۰۰درجه‌اف)۳۴۰۰(درجه‌و)	۴۱تا ۳۶	استاندارد DIN IEC 584
نیکل-کروم	ن	-۲۰۰ تا ۱۰۰۰درجه‌سی)۱۳۰۰(درجه‌ج) -۳۳۰ تا ۱۸۰۰درجه‌اف)۳۴۰۰(درجه‌و)	۴۱تا ۳۶	استاندارد DIN IEC 584
PtRh10-Pt	س	۰تا ۱۳۰۰درجه‌سی)۱۶۰۰(درجه‌ج) ۳۲تا ۳۴۰۰درجه‌اف)۲۹۰۰(درجه‌و)	۶تا ۱۲	استاندارد DIN IEC 584
PtRh13-Pt	ر	۰تا ۱۳۰۰درجه‌سی)۱۶۰۰(درجه‌ج) ۳۲تا ۳۴۰۰درجه‌اف)۲۹۰۰(درجه‌و)	۵تا ۱۴	استاندارد DIN IEC 584
PtRh30-PtRh6	ب	۰تا ۱۶۰۰درجه‌سی)۱۸۰۰(درجه‌ج) ۳۲تا ۲۹۰۰درجه‌اف)۳۳۰۰(درجه‌و)	۰تا ۱۱	استاندارد DIN IEC 584
مس-مس-نیکل	یو	-۲۵۰ تا ۴۰۰درجه‌سی (600درجه‌ج) -۴۲۰ تا ۷۵۰درجه‌اف)۱۱۰۰(درجه‌و)	۱۹تا ۷۰	دین۴۳۷۱۰
آهن-مس-نیکل	ل	-۲۰۰ تا ۷۰۰درجه‌سی ۹۰۰(درجه‌ج) -۳۳۰ تا ۱۳۰۰درجه‌اف)۱۶۵۰(درجه‌و)	۳۰تا ۷۰	دین۴۳۷۱۰

جدول۲.۲۱ دماهای‌عملیاتی و حساسیت ترموکوپل های استاندارد. دماهای داخل پرانتز مربوط به عملکرد تحت گازبی اثر و سایر دماها مربوط به عملکرد تحت هوا هستند.

وابستگی‌ولتاژ ترموالکتریک به دما را شرح دهید.

علاوه‌بر ترموکوپل های استاندارد، ترموکوپل های دیگری نیز برای‌کاربردهای خاص وجود دارند. شناخته شده ترین آنها شامل‌موارد زیر است.

-ایریدیوم/ایریدیوم-رودیوم (Ir-IrRh40)، که در اتمسفرهای خنثی‌و اکسیدکننده ضعیف تا دمای 2000 درجه سانتیگراد استفاده‌می شود.درجه‌سی ۳۶۰۰(درجه‌و) برای اندازه گیری های آزمایشگاهی.ترموکوپل از سیم های نورد شده و بسیار شکننده تشکیل‌شده است که قابل خم شدن نیستند. لوله های مویین ساخته‌شده از خالص ترین اکسید آلومینیوم برای عایق بندی استفاده‌می شوند. ولتاژ ترموالکتریک حدود10 میلی ولت در 2000 است‌درجه‌سی.

-تنگستن-رنیوم/تنگستن-رنیوم (WeRe3- WeRe25) برای استفاده درخلأ بالا و در گازهای بی اثر تا دمای 2400 درجه سانتیگراد طراحی‌شده است.درجه‌سی ۴۳۵۰(درجه‌و) ولتاژ ترموالکتریک در حدود35.8 میلی ولت در دمای 2000 درجه سانتیگراد است.درجه سی.

-پالاپلات®.می تواند در دماهای تا 1200 درجه سانتیگراد استفاده‌شود)PtRh5-AuPdPt46/2(درجه‌سی)۲۲۰۰(درجه و) در هوا و ترکیبی از پایداری یک ترموکوپل فلزات گرانبها باولتاژ ترموالکتریک بالای یک عنصر نوع K. ولتاژ ترموالکتریک‌حدود 55.4 میلی ولت در دمای 1200 درجه سانتیگراداست.درجه‌سی.

تعیین	نوع	محدوده‌دما		سیگنال(میکروولت/کی)	مجموعه‌مقادیر پایه
Ir-IrRh40	-	۰تا ۲۰۰۰درجه‌سی /	۳۲تا ۳۶۰۰درجه‌ف	۳تا ۷	-
وی ری-۳وی ری۲۵	-	۰تا ۲۴۰۰درجه‌سی /	۳۲تا ۴۲۵۰درجه‌ف	۱۰تا ۱۹	-
پالاپلات®	-	۰تا ۱۲۰۰درجه‌سی /	۰تا ۲۲۰۰درجه‌ف	۲۹تا ۴۹	توسطهرایوس
AuFe-Cr	-	-۲۷۰ تا ۲۰۰-درجه‌ج /	-۴۵۰ تا ۳۳۰-درجه‌ف	۱۶تا ۱۳	-

جدول۲.۲۲ دمای عملیاتی و حساسیت ترموکوپل های غیر استاندارد

-ترموالمنت های طلا-آهن-کروم (AuFe-Cr) برای اندازه گیری دماهای‌پایین از -270 درجه سانتیگراد استفاده می شوند. درجه‌سی تا -200درجه‌سی ۴۵۰(-درجه‌تا -330 Fدرجه‌و). در ۲۷۰-درجه‌ولتاژ ترموالکتریک C برابر با ۷.۴ میلی ولت است.

مجموعه‌مقادیر پایه این ترموکوپل ها توسط سازنده بر اساس‌کالیبراسیون جداگانه مشخص می شود.

۴.۲.۷.۲کابل های رابط و کابل های جبران کننده

یک‌کابل رابط متشکل از**سیم های ترموالکتریک**با همان عناصرآلیاژی موجود در ترموکوپل. می توان از آن برای ساخت‌ترموالمنت های ساده با قطر بسیار کوچک، یعنی 0.1میلی متر، و همچنین برای افزایش طول ترموکوپل ها استفاده‌کرد. حداکثر دمای کاربرد آن در درجه اول توسط عایق‌مورد استفاده تعیین می شود. سیم های ترموالکتریک باعایق لعابی در دماهای تا 100 درجه سانتیگراد استفاده می شوند.درجه‌سی (212درجه‌با عایق پی وی سی تا 70 ،F) درجه‌سی (160درجه‌تا 200 PTFE با عایق ،)Fدرجه‌سی (400 درجه‌با عایق ابریشم شیشه ای تابیده شده تا ۴۰۰ ،)Fدرجه سی(750درجه‌و با عایق الیاف سیلیس بافته شده تا دمای ۸۷۰درجه سانتیگراد ،)Fدرجه‌سی)۱۶۰۰(درجه‌ف).

دریک محدوده دمایی کوچک و محدود،**کابل های جبران کننده**خواص ترموالکتریکی مشابه ترموکوپل ها و کابل های‌رابط دارند، اما در ترکیب آلیاژشان متفاوت هستند.از کابل های جبران کننده برای افزایش طول ترموکوپل هاتا نقطه مرجع، یعنی به منظور صرفه جویی در مصرف‌فلزات گرانبها، استفاده می شود. حداکثر دمای نقطه‌گذار متفاوت است و می تواند تا 100 درجه سانتیگراد باشد.درجه‌سی (212درجه‌ف)، ۱۵۰درجه‌سی (300درجه‌و) یا ۲۰۰درجه‌سی (400درجه‌و) کابل های رابط و کابل های جبران کننده‌در IEC 584 بخش 3 استاندارد شده اند. این استانداردیک سیستم شناسایی را تعیین می کند و تلرانس هاو محدوده کاربرد دما را مشخص می کند. همبستگی‌ولتاژ ترموالکتریک با ترموکوپل مربوطه بر اساس جفت‌کابل جبران کننده است و نه بر اساس هسته جداگانه. بنابراین‌هیچ اختلاف دمایی در نقطه انتقال بین دو اتصال مجازنیست.

۵.۲.۷.۲جبران نقطه مرجع

یک‌ترموکوپل همیشه اختلاف دما بین نقطه اندازه گیری و ...را اندازه گیری می کند.**نقطه مرجع**اگر دمای نقطه مرجع 0باشددرجه.ولتاژ ترموالکتریک فقط به دمای نقطه اندازه گیری‌بستگی دارد. در آزمایشگاه، تنظیم دمای نقطه مرجع‌روی 0 کاملا آمکان پذیر است ،Cدرجه.یعنی در حمام یخ،اما برای کاربردهای صنعتی این امر عموما آمکان پذیر نیست ،C

نقاطمرجع ترموکوپل در پایانه های اتصال کنترل کننده ها، نشانگرهای‌دما، فرستنده ها و ابزارهای ثبت، در دمای محیطهستند و نه در دمای صفر درجه سانتیگراددرجه‌ج. تفاوت‌بین دمای اتاق و 0درجه.اندازه گیری می شود و مقداری‌معادل دمای ترمینال به ولتاژ ترموالکتریک اندازه گیری‌شده اضافه می شود. جبران نقطه مرجع الکترونیکی‌معمولا خطایی تقریبا ً0.5 کلوین تا 1 کلوین دارد Pt100 از جنس NTC یا RTD باعث خطای اندازه گیری می شودکه با جبران نقطه مرجع حذف می شود. در مورد جبران‌نقطه مرجع الکترونیکی، دمای ترمینال های اتصال ترموکوپل‌در دستگاه ارزیابی مورد نظر، یعنی با یک C

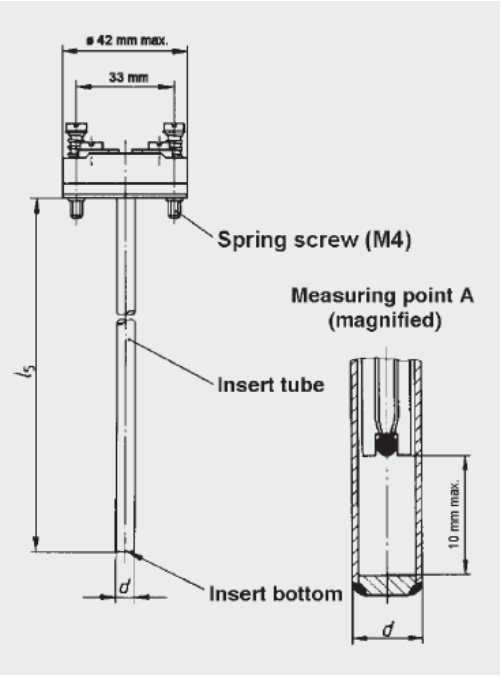
یکگزینه جبران خسارت متفاوت به شکل زیر است: **ترموستات‌نقطه مرجع**که می تواند برای نگه داشتن دمای نقطه‌مرجع در، یعنی ۵۰، مورد استفاده قرار گیرد.درجه‌سی (120درجه‌و). خطای حاصل در اندازه گیری ولتاژ ترموالکتریک ثابت‌است و می توان آن را از نظر ریاضی اصلاح کرد. ترموستات های‌مدرن اکنون با عناصر پلتیر در 0 کار می کنند.درجه‌و پایداری هایی دارند C۰.۵± کلوین. در این حالت‌نیازی به اصلاح دمای نقطه مرجع نیست.

۶.۲.۷.۲انواع طراحی ترموکوپل

ترموکوپل های‌فنی با المان های اندازه گیری

ترموکوپل های‌فنی از قطعات استاندارد جداگانه مونتاژ می شوندو شامل یک ترمووِل، یک المان اندازه گیری و یک سراتصال هستند. ترمووِل ها و سرهای اتصال

دربخش 2.3.2.5 توضیح داده شده است. عناصر اندازه گیریدر استاندارد DIN 43 735 استاندارد شده اند و برایﻧﺼﺐ در ترموالمنت ها در نظر گرفته شده اند. یک عنصراندازه گیری ترموکوپل شامل یک لوله ورودی (غلاف) استکه می تواند شامل یک یا چند ترموکوپل، صفحه مونتاژو سوکت اتصال باشد. طراحی داخلی عناصر اندازه گیریدر استانداردها مشخص نشده است. لوله ورودیمی تواند به طور مرسوم از لوله های موبین سرامیکی ساختهشود یا در صورت نیاز به مقاومت ویژه در برابر ارتعاش،می تواند از یک کابل با روکش فلزی و عایق معدنی تشکیلشود. صفحه مونتاژ با سوکت ترمینال سرامیکی و پیچ هایفنری به سمت اتصال لوله ورودی متصل می شود.فنرهای زیر پیچ ها تضمین می کنند که عنصر اندازه گیریبه طور دائم و محکم به کف ترموول فشرده می شودو در نتیجه تماس حرارتی خوبی با ترموول برقرار می شود.بسته به تعداد ترموکوپل های نصب شده، حداکثر ششترمینال اتصال را می توان به یک سوکت ترمینال متصلکرد، یعنی 3 عدد NiCr-Ni نوع K مطابق با IEC 584 DIN.



شکل۲.۱۰۶عناصر اندازه گیری برای ترموکوپل هامطابق با استانداردDIN 43 735

برخیاز المان های اندازه گیری بدون سوکت ترمینال ساخته می شوندتا بتوان آن ها را مستقیما بّه یک فرستنده ی هد، مثلا نّوع WIKA T21، متصل کرد. علاوه بر این، تولیدکنندگانمختلف المان های اندازه گیری با پاسخ سریع باقطر 1/8 اینچ و همچنین المان های اندازه گیری 1/4 اینچ باانتهای مخروطی، که از 1/4 اینچ به 1/8 اینچ مخروطی می شوند،ارائه می دهند. در گذشته، هنگامی که زمان های پاسخبسیار کوتاه مورد نیاز بود، المان های اندازه گیری با یکترموکوپل جوش داده شده در پایین ساخته می شدند. اینطرح، ... نامیده می شود.**اتصال زمین شده**اتصال زمین شدهزمان رزونانس سریعی را فراهم می کند، اما فاقد ایزولاسیونالکتریکی اتصال بدون زمین است.

ترموکوپل هایمخصوص کاربرد

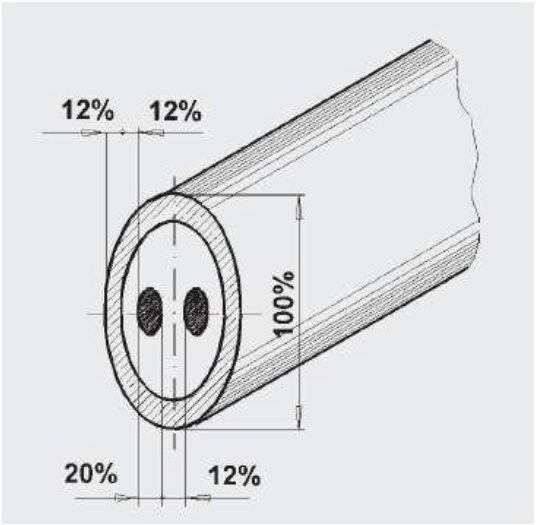
ترموکوپل هایعایق معدنی

ویژگی هاو تولید کابل های عایق معدنی و غلاف فلزی در بخش2.7.1.4 شرح داده شده است. کابل های عایق معدنی وترموکوپل های عایق معدنی در استاندارد DIN 43 721 استانداردشده اند. کابلی با عایق معدنی با رساناهای داخلی ساختهشده از مواد ترموالکتریک، که عمدتا دّر MgO یا Al جاسازیشده است۲.ای۳، برای تولید ترموکوپل های عایق معدنیاستفاده می شود. این ماده به طول برش داده می شود،به صورت مستقیم خم می شود، از یک طرف عایق بندیشده و با یک ترکیب محافظ که انتهای سیم از آن بیرونزده است، به صورت هرمتیک آب بندی می شود. در انتهایباز کابل، اکسید فلز از داخل کابل خارج می شود، یعنیبا

یکجت شن ریز، به اندازه ای که رساناهای داخلی دِر معرض‌دید، تحت اتمسفر محافظ به هم جوش داده شوند و یکگره اندازه گیری تشکیل دهند. پس از پر شدن فضای خالی‌با پودر اکسید فلزی مناسب، یک درپوش فلزی به داخل‌فشار داده شده و جوش داده می شود. امروزه ترموکوپل های‌عایق معدنی با عایق MgO را می توان با قطرخارجی 0.010 اینچ تولید کرد. سپس گره اندازه گیری زیرمیکروسکوپ جوش داده می شود. فولادهای ضد زنگ سری3XX ثابت کرده اند که مواد پوششی موفقی تا 800 هستند.درجه‌سی ۱۵۰۰(درجه‌و) اینکونل (شکل 2.107) از 800 استفاده‌می شوددرجه‌سی تا ۱۲۰۰درجه‌سی ۱۵۰۰(درجه‌تا ۲۲۰۰ F درجه‌و) برای ترموکوپل های فلزات گرانبها، غلاف بیرونی می تواندار پلاتین یا آلیاژهای پلاتین-رودیوم نیز ساخته شود.

ترموکوپل های‌عایق معدنی در برابر ارتعاش بسیار مقاوم هستندو به لطف محفظه ی هرمتیک ترموکوپل، پایداری حرارتی‌بیشتری از خود نشان می دهند. آنها کمتر از ترموالمنت های‌طراحی شده ی مرسوم فرسوده می شوند. آنهارا می توان در هر طولی ساخت و به اندازه ی کافی انعطاف پذیرهستند تا ...

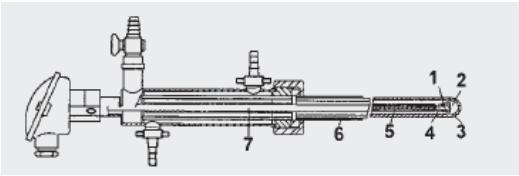
دشواربرای خواندن



شکل۲.۱۰۷برش عرضی یک کانی
کابل‌عایق بندی شده

ترموکوپل‌مکش برای اندازه گیری دمای گاز

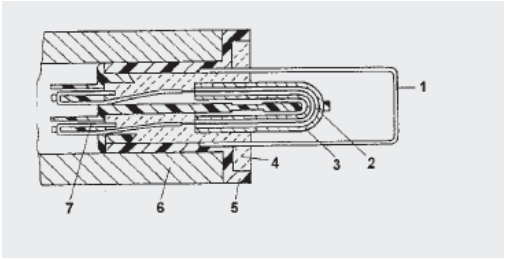
یکدماسنج به دلیل رسانایی حرارتی ضعیف گازها، دمای گازرا بسیار کند حس می کند. بنابراین، گاهی اوقات خطاهای‌بزرگی به دلیل اتلاف گرما و تابش رخ می دهد. با یکترموالمنت مکش، گاز از طریق روزنه ای در پایین ترموول(3) کشیده می شود و با گره ترموالکتریک (1) تماس پیدامی کند (شکل 2.108). یک بخاری اضافی (2) اتلاف گرمارا هنگامی که جریان گرمایش تنظیم می شود جبران می کندتا مقدار اندازه گیری شده مستقل از قدرت مکش باشد.یک کولر آبی (7) از این امر جلوگیری می کند.



شکل۲.۱۰۸ترموالمنت مکش برای
اندازه گیری‌دمای گاز

ترموکوپل های‌غوطه وری برای فولاد مذاب

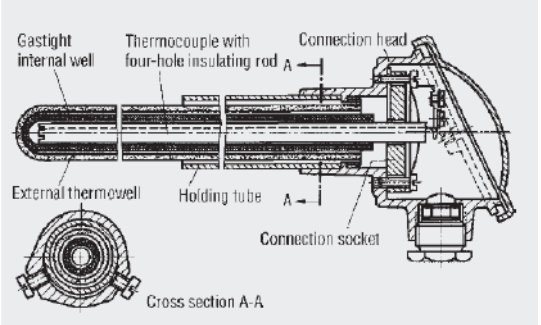
امروزه،اندازه گیری ها در فولاد مذاب تقریبا هَمیشه با ... انجام‌می شود.**کارتریج های اندازه گیری**(شکل 2.109). در این‌حالت، ترموکوپل (2)، معمولا PtRh-Pẗ، در یک لوله شیشه ای‌کوارتز (3) قرار داده شده و به کنتاکت های پلاگ (7) متصل می شود. یک درپوش محافظ خارجی (1) از لوله
شیشه ای‌کوارتز حساس محافظت می کند. برای انجام اندازه گیری،محفظه اندازه گیری به یک ساقه غوطه ور متصل‌می شود که توسط یک لوله مقوایی چند لایه (6) محافظت‌می شود. هنگامی که ساقه در حمام فولاد مذاب فرومی رود، درپوش فلزی ذوب می شود و فولاد مذاب با ترموکوپل‌محافظت شده تماس پیدا می کند. در طول عملیات‌اندازه گیری، که حدود 15 ثانیه طول می کشد، دستگاه‌پلاگ و ساقه توسط مقوای در حال سوختن از گرمای غیرقابل‌قبول محافظت می شوند. ساقه اندازه گیری را می توان‌به محض تعویض کارتریج اندازه گیری دوباره استفاده‌کرد.



شکل۲.۱۰۹کارتریج اندازه گیری برای فولادمذاب

ترموکوپل‌فلزات گرانبها برای دماهای بالا

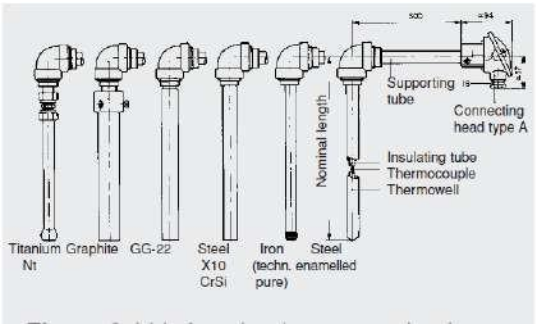
ترموکوپل های‌نوع نشان داده شده (شکل 2.110) با سیم های%PtRh30-PtRh6 (نوع B مطابق با IEC 584 DIN) می توانند تا دمای تقریبی 1800 درجه سانتیگراد استفاده‌شوند.درجه‌سی ۳۳۰۰(درجه‌و). ترموکوپل در یک میله عایق‌از جنس سرامیک اکسید آلومینیوم فوق خالص قرار گرفته‌و توسط یک ترموول سرامیکی داخلی در برابر ناخالصی هامحافظت می شود. لوله محافظ بیرونی از سرامیک‌متخلخل با مقاومت بالا در برابر تنش دمایی چرخه ای‌تشکیل شده است. ترموکوپل را می توان با یک فلنج‌مطابق با استاندارد DIN 43 734 نصب کرد که روی لوله‌نگهدارنده فولادی پیچ شده است. ترموکوپل های فلزات‌گرانبها برای دماهای بالا در موارد زیر استفاده می شوند:



شکل۲.۱۱۰ترموکوپل فلزات گرانبها زوج‌برای دماهای بالا

ترموکوپل های‌زاویه ای برای حمام ها و مذاب ها

ترموول‌دماسنج های مورد استفاده در حمام های نمک سخت کننده‌و مذاب های فلزی به شدت دچار خوردگی می شوند.علاوه بر این، گرادیان های دمایی زیاد در سطح مذاب‌منجر به بارهای مکانیکی بالا می شود. با توجه به اینکه‌حمام ها معمولا توسط الکترودهای غوطه ور مستقیم گرم‌می شوند، ترموکوپل ها معمولا باید از نوع پاسخ سریع باشند.در ترموکوپل های آهن-کنستانتان مورد استفاده در حمام های‌نمک تا 700درجه‌سی ۱۳۰۰(درجه.یک عضو ترموالکتریک،ترموول آهنی است در حالی که عضو ترموالکتریک‌دوم از یک رسانای داخلی عایق از جنس کنستانتان‌که به کف ترموول جوش داده شده است، تشکیل‌شده است. عمر مفید این ترموول ها بین 20 تا 30 ساعت‌است. در صورت نیاز به طول عمر بیشتر، لازم است ازترموول های ساخته شده از فلزات خاص و به عنوان مثال ترموول های‌ساخته شده از گرافیت برای استفاده در فلزات مذاب‌استفاده شود ،)F(



شکل۲.۱۱۱ترموکوپل های زاویه ای حمام هاو ذوب ها

۷.۲.۷.۲عدم قطعیت های اندازه گیری ترموکوپل ها

خطاهای‌ناشی از افزایش سن

ترموکوپل هاکهنه می شوند و منحنی دما/ولتاژ ترموالکتریک خودرا تغییر می دهند. ترموکوپل های نوع)Fe-CuNi(J و)Cu-CuNi(T به دلیل اکسید شدن بخش فلزی خالص، کمی‌کهنه می شوند. در مورد ترموکوپل های نوع K و)Ni-NiCr(N، تغییرات قابل توجهی در ولتاژ ترموالکتریک می تواندرخ دهد.

دمای‌بالا به دلیل کاهش کروم در شاخه NiCr، که منجر به کاهش‌ولتاژ ترموالکتریک می شود. این اثر در صورت کمبود اکسیژن‌تشدید می شود، زیرا یک لایه اکسید کامل قادر به تشکیل‌روی سطح ترموکوپل نیست و مانع اکسیداسیون بیشترمی شود. کروم اکسید می شود اما نیکل نه، که باعث ایجاد ...می شود.**پوسیدگی سبز**که باعث خراب شدن ترموکوپل‌میشه.

شاخه‌نیکل اغلب توسط گوگرد آسیب می بیند، که به عنوان مثال‌در گازهای دودکش رخ می دهد. در طول خنک شدن سریع‌ترموکوپل های NiCr-Ni که در دماهای بالاتر از ۷۰۰ درجه‌سانتیگراد کار می کردند،درجه‌سی ۱۳۰۰(درجه.می تواند منجربه تغییر ولتاژ ترموالکتریک تا 0.8 میلی ولت شود. کاهش‌این مقدار امکان پذیر بوده است K حالت های خاصی‌در ساختار کریستالی (مرتبه برد کوتاه) منجمد می شوند،که در عناصر نوع F،)**اثر نظم کوتاه برد**در ترموکوپل هایNiCr-Ni نوع N (نیکروسیل-نیسیل) با آلیاژ کردن‌هر دو شاخه با سیلیکون. این اثر برگشت پذیر است و تاحد زیادی با عملیات حرارتی بالاتر از 700 دوباره از بین می رود.درجه.با خنک شدن آهسته بعدی. ترموکوپل های با غلاف‌نازک در این مورد با حساسیت خاصی واکنش نشان می دهند.حتی خنک شدن در هوای ساکن می تواند باعث انحراف۱ کلوین شود C

تحقیقات‌انجام شده توسط شرکت های Vacuumschmelze و Heraeus در مورد پیرشدگی در هوابر روی ترموکوپل های عایق معدنی NiCr-Ni با قطر ۳.۳ میلی مترو غلاف خارجی Inconel نشان داد که پیرشدگی اولیه‌تقریبا ۶ کلوین در ۱۰ ساعت اول، با تغییراتی تنها در حدود۱ کلوین در طول عمر متوسط ترموکوپل ها (تقریبا ۳۲۰۰ساعت) همراه بود. انحرافات بزرگتر تا پس از اکسیداسیون‌غلاف خارجی ظاهر نشدند.

ترموکوپل هایPtRh-Pt از نوع R و S عملا تا دمای ۱۴۰۰ درجه سانتیگرادپیر نمی شوند.درجه‌سی)۲۵۵۰(درجه.آزاد شود)SiO2 کاهش از(می تواند از سرامیک های عایق حتی در اتمسفرهای‌با کاهش ضعیف Pt اما آنها به ناخالصی ها بسیارحساس هستند. سیلیکون و فسفر پلاتین را خیلی سریع‌از بین می برند. سیلیکون، که در حضور F(۲،به Si)، آلیاژهایی‌با شاخه Pt عنصر و باعث خطاهای اندازه گیری 10 K و حتی بیشتر در مقادیر چند ppm می شود. بنابراین، تولیدباید با دقت بسیار زیادی ادامه یابد.

خطاهای‌ناشی از ناهمگونی

فیزیکی‌و شیمیایی**ناهمگونی ها**در ترموکوپل ها، ممکن است‌ولتاژ ترموالکتریک تحت شرایط خاصی خراب شود. این‌ناهمگونی ها در سیم ترموالکتریک ایجاد می شوند، یعنی‌در اثر جذب ناخالصی ها از محیط اطراف، تبادل عناصرآلیاژی، تبلور مجدد، تبدیل فاز و کاهش اجزای خاص، به‌ویژه در دماهای بالا.

ناهمگنی هادر طول تولید ترموکوپل ها ناگزیر به وجود می آیند.با این حال، آنها فقط زمانی نتیجه اندازه گیری را خراب‌می کنند که در یک میدان دمایی ناهمگن، یعنی در یکگرادیان دما قرار گیرند. علاوه بر این، نواحی ناهمگنی در ترموکوپل های‌نوع)Fe-CuNi(J به دلیل خم شدن و پیچ خوردن‌و در انواع N و)NiCr-Ni(K به دلیل گرمای بیش از حدایجاد می شوند. اگر قرار است از این ترموکوپل ها در دماهای‌زیر 600 درجه سانتیگراد استفاده شود،درجه‌سی ۱۱۰۰( )درجه.می توان نواحی ناهمگن را با پیرسازی اولیه در دمای ۷۰۰درجه سانتیگراد، درمان کرد ،)Fدرجه‌سی ۱۳۰۰(درجه‌و) با خنک‌شدن آهسته بعدی. خم شدن و پیچ خوردن باعث ایجادنواحی ناهمگن در ترموکوپل های PtRh-Pt می شود. بنابراین،لازم است این سیم های ترموالکتریک به مدت 2 تا 3دقیقه قبل از نصب در اتصالات محافظ، آنیل شوند.

خطاهای‌ناشی از نقطه مرجع و کابل جبران کننده

مجموعه‌مقادیر پایه DIN برای ترموکوپل ها بر اساس دمای نقطه‌مرجع ۰ است.درجه‌ج. انحراف Δ بنابراین، t از دمای نقطه‌مرجع منجر به خطا می شود. به دلیل غیرخطی بودن تمام‌منحنی های مشخصه ترموکوپل، انحراف از، یعنی ۵۰ درجه‌درجه سانتیگراد از دمای نقطه مرجع لزوما مّنجر به خطای‌اندازه گیری برابر با ۵۰ نخواهد شد.درجه‌ج. مقدار مجاز برای‌دمای نقطه مرجع که از 0 انحراف دارددرجه.دمای 900 رااندازه گیری می کند ،S اضافه می شود. در مثال زیر، یک ترموکوپل‌نوع)Uth(t ساخته شده است که به دمای اندازه گیری‌شده k با ضریب تصحیح Cدرجه‌درجه سانتیگراد دردمای مرجع ۵۰درجه‌در نقطه اندازه گیری می تواند باشد t دمای .DIN مطابق با مجموعه مقادیر پایه C

$$t = t\,(U_{th}) + k \qquad (2\text{-}100)$$

and

$$k = \frac{(dU_{th}/dt)_{ref}}{(dU_{th}/dt)_{meas}} \cdot \Delta t$$

where

$$t = 900°C + \frac{0.006mV/K}{0.012mV/K} \cdot 50°C = 925°C$$

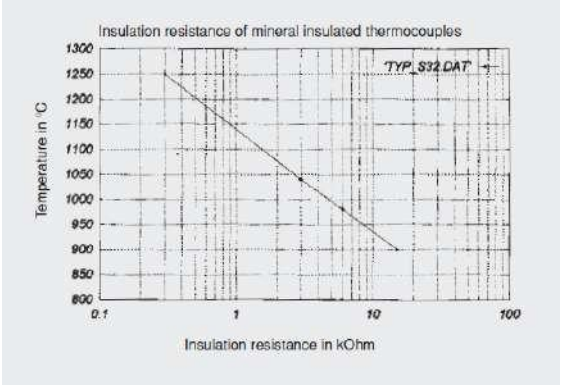
کجا:Δتی = تی ویگل-0درجه.انحراف از مرجع است C
دمایی‌نقطه شروع 0درجه‌گرادیان)dU /dt(،C هم‌نرخ‌دمایی‌مرجع‌است ترموکوپل‌در دمای نقطه مرجع t
گرادیان‌منحنی ترموکوپل در دمای نقطه اندازه گیری t. از آنجایی‌که گرادیان منحنی ولتاژ ترموالکتریک در 50درجه‌فقط نصف 900 عالی است Cدرجه.انحراف دمای نقطه مرجع تنهانیمی از تأثیر را دارد، اما هنوز هم نمی توان از آن صرف نظرکرد ،C

ترکیب‌کابل های جبران ساز و ترموکوپل ها ممکن است منجربه دو برابر شدن خطای اندازه گیری احتمالی شود، زمانی‌که کابل جبران ساز و ترموکوپل از محدوده تلرانس قابل‌قبول خارج شوند.**مثال**ترموکوپل نوع K، با حدود خطای استاندارد،500 را اندازه گیری می کند.درجه‌در کوره. سر اتصال‌با نقطه انتقال دارای دمای 100 است Cدرجه‌ج. خطای‌قابل قبول برای دماهای بین -40 تا 1200درجه می توانده ۵.۲ برسد ANSI طبق Cدرجه‌سی یا 0.0075..هر کدام‌که مقدار آن بالاتر باشد. در حد بالای تلرانس کلاس ۲، ترموکوپل‌مجاز به انحراف ۷۵.۳ کلوین و کابل جبران کننده ۵.۲کلوین است که منجر به خطای کلی ۲۵.۶ کلوین می شود.تنها راه حل در این مورد، ترکیبی از کابل های جبران کننده‌کالیبره شده و ترموکوپل هایی با انحرافات اندازه گیری‌با علامت های متفاوت است ،t

خطاهای‌ناشی از جریان های گالوانیکی و مقاومت عایقی‌معیوب

وقتی‌دو سیم از جنس های مختلف با یک الکترولیت به هم می رسند،یک ... تشکیل می دهند.**عنصر گالوانیک**بنابراین، بایددقت شود که مواد عایق در ترموکوپل ها و مواد عایق کابل های‌جبران کننده و رابط، هیچ رطوبتی را جذب نکنند. اگرچه‌عناصر گالوانیکی مقاومت داخلی بالایی نشان می دهندو روی کابل های رابط اتصال کوتاه می شوند، اما همچنان‌می توانند خطاهایی در حد چندین K ایجاد کنند، زیرا ولتاژهای‌گالوانیکی تقریبا ۱۰۰ برابر بزرگتر از ولتاژهای ترموالکتریک‌هستند.

عایق بندی‌ضعیف ترموکوپل و/یا کابل جبران کننده عموما منجربه کاهش دمای خوانده شده می شود. خطاهای عایق بندی‌در ترموکوپل های غلاف دار با عایق معدنی، عمدتا به دلیل رطوبت موجود در پودر اکسید فلزی جاذب رطوبت‌رخ می دهد. این رطوبت یا از ابتدا به دلیل تولید ضعیف‌در داخل محبوس شده یا بعدا آز طریق درزهای جوش‌نشت دار یا در بوشینگ سیم تغذیه به داخل کابل غلاف دارنفوذ کرده است. در دماهای بالا، افزایش رسانایی الکتریکی‌مواد عایق باعث افزایش مقاومت عایق می شود.



مقاومت‌عایق بر حسب کیلو اهم

شکل۲.۱۱۲مقاومت عایق در دمای بالا
دماها

نتایج،اتصال کوتاه و تشکیل یک ترموکوپل جدید است که مقاومت‌داخلی آن برابر با مقاومت عایق است. با این حال، ترموکوپل‌تشکیل شده تنها زمانی نتیجه اندازه گیری را خراب‌می کند که دمای آن بالاتر از دمای نوک اندازه گیری المنت‌باشد. در صورت گرم شدن بیش از حد ترموکوپل بین نقطه‌اندازه گیری و نقطه انتقال یا نقطه مرجع، خطای اندازه گیری‌به مقاومت عایق و همچنین مقاومت هادی المنت‌بستگی دارد. از آنجایی که مقاومت عایق کابل با عایق‌معدنی به دمای آن بستگی دارد و نه به قطر آن، کابل های‌ضخیم تر با عایق معدنی و سیم های ترموالکتریک باقطر بزرگتر منجر به خطای کوچک می شوند.

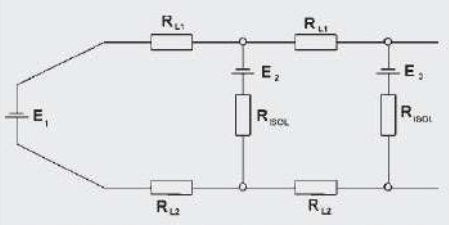


Figure 2.113 Equivalent circuit diagram for analysis of the insulation characteristic

شکل۲.۱۱۳نمودار مدار معادل برای تجزیه‌و تحلیل مشخصه عایق

۲.۷.۲.۱۸استانداردسازی و اعتبارسنجی

مجموعه‌مقادیر پایه و کلاس های تلرانس

مجموعه‌مقادیر پایه ولتاژهای ترموالکتریک برای عناصر نوع R و B در استاندارد DIN IEC 584-1 برای عناصر نوع J، T، E، K، N، S، استانداردشده اند. در استاندارد DIN IEC 584-1 ولتاژهای ترموالکتریک‌به صورت جدولی به عنوان تابعی از دما و دما به‌عنوان تابعی از ولتاژ ترموالکتریک فهرست شده اند. علاوه براین، استاندارد ضرایب و چندجمله ای هایی را برای محاسبه‌این جداول مشخص می کند. ولتاژهای ترموالکتریک ذکرشده در هر دو استاندارد همیشه مربوط به دمای نقطه مرجع0 هستند.درجه‌ج. انحرافات حدی قابل قبول ترمو-

این‌مقادیر در استاندارد DIN IEC 584-2 در 3 کلاس تولانس‌تعیین شده اند. انحرافات مجاز برای ترموکوپل ها همانطورکه توسط سازنده ارائه شده است، اعمال می شود. هیچ‌گونه هزینه ای برای تغییر ولتاژ ترموالکتریک در طول عملیات‌بعدی در نظر گرفته نشده است.

کابل‌افزایش طول و کابل جبران کننده در IEC 584-3 استانداردشده اند. عنوان اصلی آن «کابل های افزایش طول- تلرانس ها و سیستم شناسایی» است. بخش اول استاندارد، اصطلاحات کابل افزایش طول و کابل جبران کننده‌را تعریف کرده و یک سیستم شناسایی را تعیین می کند.بر این اساس، کابل های افزایش طول باید با علامت)e(X مشخص شوند.ایکس‌کابل کشش) پس از مشخصه ی‌نوع المان، یعنی JX و KX برای کابل های رابط از نوع‌المان J و K. کابل های جبران کننده

کلاس	۱	۲	۳(۲)
انحراف‌از حد)(±)	۵.۰کلوین یا ۰.۰۴ * ItI	۰.۱کلوین یا ۰.۰۷۵ * ItI	۰.۱کلوین یا ۰.۱۵ * ItI
نوع‌محدوده کاربرد T انحراف حد (	-40درجه‌تا ۶۶۰ Fدرجه‌ف	-40درجه‌تا ۶۶۰ Fدرجه‌ف	۳۳۰-درجه‌ار F تا 100درجه‌ف
±) نوع محدوده کاربرد E نوع	۵.۱کلوین یا ۰.۰۴ * ItI	۵.۲کلوین یا ۰.۰۷۵ * ItI	۵.۲کلوین یا ۰.۱۵ * ItI
محدوده‌کاربرد J نوع محدوده	-40درجه‌تا ۱۵۰۰ Fدرجه‌ف	-40درجه‌تا ۱۶۵۰ Fدرجه‌ف	۳۳۰-درجه‌ار F تا 100درجه‌ف
کاربردK انحراف از حد (±) محدوده	-40درجه‌تا ۱۴۰۰ Fدرجه‌ف	-40درجه‌تا ۱۴۰۰ Fدرجه‌ف	—
کاربردنوع R، S محدوده کاربرد نوع	-40درجه‌تا ۱۸۰۰ Fدرجه‌ف	-40درجه‌تا ۳۲۰۰ Fدرجه‌ف	۳۳۰-درجه‌ار F تا 100درجه
B	اکلوین یا t)-۱۱۰۰(+۱{ * }۰۰۳.۰ کلوین	۵.۱کلوین یا ۰۰۲۵.۰ * ت ۳۲	t * یا 0.005 K 4 F
	۳۲درجه‌تا ۲۹۰۰ Fدرجه‌ف	درجه‌تا ۲۹۰۰ Fدرجه‌ف	—
	—	۱۱۰۰درجه‌تا ۳۱۰۰ Fدرجه‌ف	۱۱۰۰درجه‌تا ۳۱۰۰ Fدرجه‌ف

)۱مقادیر مشخص شده بر حسب K یا درصد بر اساس دمای واقعی دردرجه.به عنوان انحراف از حد اعمال می شود F
)۲ترموکوپل ها و سیم های ترموالکتریک معمولا به شکلی عرضه می شوند که انحرافات حدی ذکر شده در جدول فوق برای محدوده های دمایی بالاتر از -40 درجه‌سانتیگراد آنها رعایت شود.درجه‌و. انحرافات برای ترموکوپل های ساخته شده از همان جنس ممکن است در دماهای زیر -40 بیشتر باشددرجه .بیشتر از انحرافات حدی مشخص شده در کلاس ۳ باشد. اگر ترموکوپل ها ملزم به رعایت انحراف حدی مطابق با کلاس ۱، ۲ و/یا ۳ باشند، این موضوع بایددر سفارش ذکر شود، که در این صورت معمولا آنتخاب خاص ماده ضروری است F

جدول۲.۲۳انحرافات محدود ولتاژهای ترموالکتریک، گزیده ای از DIN IEC 584-2

بایدپسوند C، CA یا CB به آنها داده شود (ج‌کابل
جبران کننده)، که در آن حروف A و B حداکثر دمای نقطه
انتقالو تلرانس های مختلف را تعریف می کنند. بخش دوم
IEC584-3 یک سیستم کدگذاری رنگی برای هادی مثبت و
غلاف‌بیرونی کابل مشخص می کند.

کالیبراسیون‌ترموکوپل ها

استاندارد)1975(ANSI MC96.1 شرایط و
محدودیت های‌خطا برای کالیبراسیون را مشخص می کند.
این‌استاندارد همچنین حداکثر دمای کاربرد ترموکوپل ها را
تعیین‌می کند. ترموکوپل ها را می توان در دو کلاس دقت (
استانداردیا ویژه) بر اساس حداکثر دمای کاربردشان
اعتبارسنجی‌کرد.

۸.۲چشم انداز و روندهای توسعه برای‌صنایع اندازه گیری‌دما

اندازه گیری‌دما سابقه طولانی دارد و در آینده نیز نقش مهمی‌در علم اندازه گیری ایفا خواهد کرد.

فشاربی امان بر بخش های تولید برای بهینه سازی بهره وری اقتصادی‌فرآیندهای تولید، معمولا سّطح بالاتری از اتوماسیون‌کارخانه را نشان می دهد. بهینه سازی فرآیند تولیدنیازمند کنترل دقیق تر پارامترهای فرآیند است. به همین‌دلیل، احتمالا نّیاز به سنسورهای دمای صنعتی به طورپیوسته در حال افزایش است.

تقاضابرای دماسنج های صنعتی همچنین به دلیل قوانین سختگیرانه ترزیست محیطی و استانداردهای سختگیرانه تر محصول‌در فرآیندهای تولید حساس، افزایش می یابد. مستنداتاجباری مورد نیاز، به عنوان مثال، در زمینه گرمایش‌و تهویه و ISO 9000، منجر به اندازه گیری های دما وهمچنین سایر متغیرهای فرآیند می شود.

ازسوی دیگر، افزایش فشار منجر به این می شود که اندازه گیری هافقط در مواردی که کاملا ضّروری هستند انجام‌شوند. به عنوان مثال، در مورد غلاف های یاتاقان، شناخت‌دقیق سیستم اجازه می دهد تا کل توزیع دما در یاتاقان‌از یک اندازه گیری دما محاسبه شود. دماسنج های اضافی‌که قبلا مّورد نیاز بودند، اکنون غیرضروری هستند.

درکل، تقاضا برای حسگرهای دما رو به افزایش است، اگرچه‌الزامات مربوط به اندازه گیری دمای صنعتی در حال تغییرو تحول است.

افزایش‌عقلانی سازی و ادغام سیستم های کنترل و برنامه ریزی‌فرآیند تولید، نیازمند سیستم های اندازه گیری مناسب‌است. برای این سیستم های اندازه گیری، ارائه رابط های‌الکتریکی، مکانیکی و الکترونیکی و محیط های کاربری‌یکنواخت، استاندارد و مستقل از تولیدکننده ضروری است.صنعت فرآیند قادر به ارائه دوره های آموزشی الکترونیکی‌و کاربری جداگانه برای هر حسگر اندازه گیری نیست.

اساساً،رابط تنظیم یکنواخت برای مبدل های اندازه گیری آنالوگ‌توسط پتانسیومتر و پیچ گوشتی تشکیل شده است. اگریک مبدل اندازه گیری فشار هوشمند در یک کارخانه با پروتکل‌گذرگاه از شرکت A استفاده شود، باید بتوان این مبدل‌اندازه گیری را با همان واحد پیکربندی مبدل های اندازه گیری‌دما با پروتکل گذرگاه یکسان از شرکت B راه اندازی‌کرد. بحث مداوم در مورد گذرگاه های میدانی و استانداردسازی‌محیط های کاربری نرم افزار نشان می دهد که‌این الزام را نمی توان بدیهی دانست و پیاده سازی آن بسیارکند انجام می شود. این ناسازگاری رابط های سیستم اندازه گیری‌یکی از دلایل معرفی مردد گذرگاه های میدانی است.تمایل شرکت های بزرگ به انتخاب چند دماسنج و انواع‌حسگر استاندارد، بازتاب دیگری از این موضوع است. نیروهای‌هماهنگ سازی در اندازه گیری دما مانند جاهای دیگرغالب خواهند شد.

فرآیندهای‌تولید جدید و بهینه شده، استفاده بیشتری از مقیاس‌دما در محدوده بالا و پایین می کنند. کاتالیزورهای گازاگزوز در دماهای ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد کار می کنند.درجه‌تا ۱۸۰۰F درجه‌اف ۸۰۰(درجه‌سی تا ۱۰۰۰درجه‌ج) ابررساناهای دمای بالا،که می توانند در دمای -420 درجه سانتیگراد استفاده شونددرجه‌تا -300 Fدرجه‌ف (-250درجه‌سی تا ۱۸۰-درجه‌ج) و بالاتر، به طور فزاینده ای در صنعت نیز مورد استفاده‌قرار می گیرند. حسگرهای دمایی مورد استفاده در این‌کاربردها باید تحت بارها و تنش های بالاتر به طور قابل اعتمادو پایدار کار کنند. این امر مستلزم توسعه اصول جدید حسگردما یا توسعه بیشتر حسگرهای دمای موجود به حسگرهای‌دمایی صنعتی بهبود یافته است. اکتشافات انجام‌شده در فیزیک در چند سال گذشته می تواند مبنایی برای‌چنین پیشرفت هایی فراهم کند. نمونه ای از چنین نوآوری های‌تکنولوژیکی عبارتند از**ها**رسانایی بیش از حد**کو** آنتوم**من**تداخل‌د**وسایل** (**اسکوئید**استفاده از SQUIDها در پزشکی،ژئوفیزیک و آزمایش مواد، در حال حاضر شروع به تغییر اساسی در علم اندازه گیری کرده است.

مواد،ترکیبات مواد و فرآیندهای جدید، چالش های جدیدی رابرای اندازه گیری دما و تجهیزات فنی حسگرهای دما ایجاد می کنند.دو مثال را می توان به عنوان نمونه ذکر کرد: تقاضایصنایع غذایی برای تمیز کردن لوله های فرآیند توسطفرآیندهای مکانیکی، نیاز به تغییر در طراحی مکانیکی حسگردما دارد. فرآیندهای بیوتکنولوژی فقط با تلرانس های بسیاردقیق و سطوح بسیار تمیز امکان پذیر است. خطای مطلقتقریبا ۱ کلوین در 212درجهفارنهایت یا تا ۵ کلوین در دمای۱۱۰۰ درجه سانتیگراددرجه.آخرین فناوری فعلی است. درفناوری آنزیم، انحراف هایی به کوچکی ۱.۰ کلوین از دمای صحیحفرآیند می تواند منجر به رد شدن تا ۱۰٪ از محصول شودF

همچنینشانه هایی از روند رو به رشد بخش اندازه گیری دماوجود دارد. دمای حسگر مهم ترین متغیر اصلاحی برای بسیاریاز حسگرهای سایر متغیرهای اندازه گیری است. این امربه ویژه در مورد حسگرهای مبتنی بر شیمی آلی صدق می کند.در این موارد، عنصر حسگر برای اندازه گیری دما نیز یکپارچهشده است. بنابراین اندازه گیری دما به عنوان یک " محصولجانبی" برای پردازش هوشمند بعدی توسط ریزپردازندهارائه می شود. به عبارت دیگر، دما به "یکی از مقادیراندازه گیری شده متعدد" تبدیل می شود. به طور مشابه،شبکه سازی حسگرها با یک گذرگاه میدانی به این معنیاست که حسگر اندازه گیری دما دیگر یک نقطه اندازه گیریجداگانه و خاص - با وجود تمام شرایط خاص استفادهآن - نیست، بلکه بخشی از یک شبکه کامل است.

مشکلاتفزاینده سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) و دلایل هزینه،پردازش سیگنال های اندازه گیری توسط مبدل های اندازه گیریرا از اتاق کنترل به محل منتقل می کنند. روند مشخصیدر اندازه گیری دما وجود دارد که اندازه کابینت کنترلرا که به مبدل های اندازه گیری باسبار مجهز شده بود، کاهشمی دهد یا آن را به طور کلی حذف می کند و آن را با فرستنده هایهد در محل جایگزین می کند.

این‌شرایط جدید کاربرد، با مقایسه با زیست شناسی انسان به‌خوبی نشان داده شده است. حسگرهای لمسی، حسگرهایدما و حسگرهای درد در پوست، اگرچه به صورت جداگانه‌تخصصی هستند، اما در مجموع یک شبکه یکنواخت‌با رابط های سازگار را تشکیل می دهند که فقط در صورت‌همکاری با یکدیگر می توانند اطلاعات لازم را ارائه دهند.هیچ تولیدکننده واحدی از حسگرها قادر به تولید اقتصادی‌همه انواع نیست. بنابراین، فشار فزاینده ای برای تولیدکنندگان‌حسگر وجود دارد تا با هم همکاری و استانداردسازی‌کنند. این تنها راه برای ارائه خدمات اقتصادی‌به هر شاخه صنعتی با ترکیب مشخصه پروب ها و انواع‌حسگرها و با دانش فنی مورد نیاز در این بخش است.

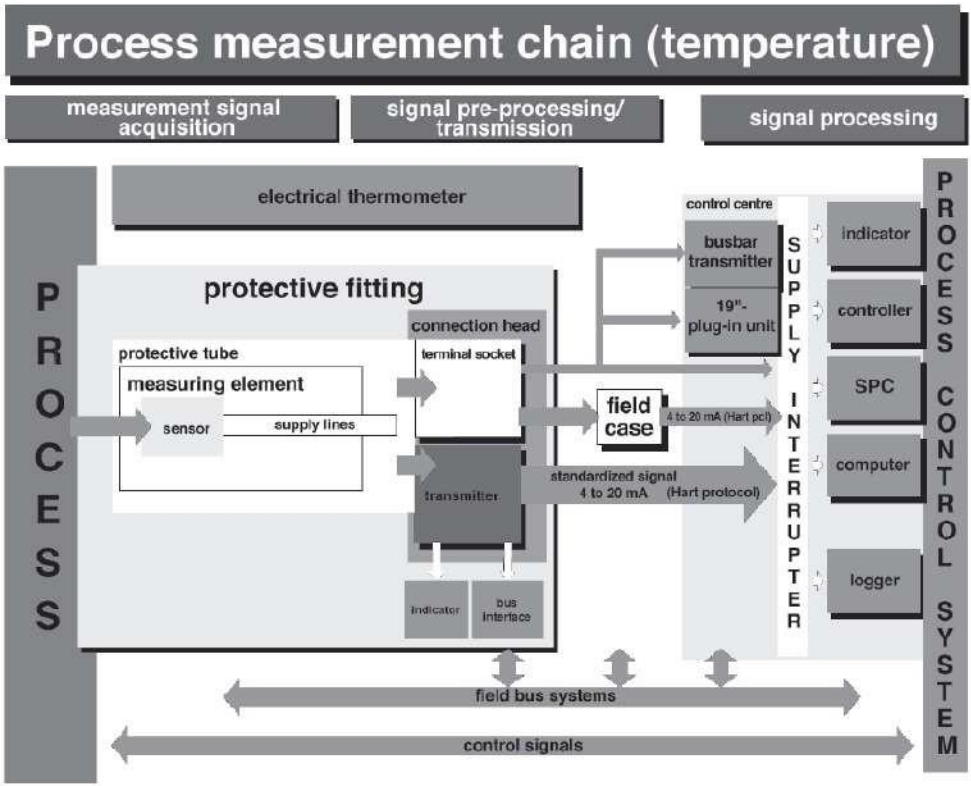
برای‌انطباق با الزامات CE اروپا و قابلیت ردیابی ISO 9000 ،باید حسگرهای اندازه گیری بسیار بیشتری نسبت به آنچه تاکنون‌نصب شده است، نصب شوند. رعایت تلرانس های دقیقو استاندارد و کیفیت بالای مورد نیاز در تولید، نیازمند تولیدبا فناوری بالا اما کم هزینه برای استفاده انبوه است. تولیدبسیار اقتصادی حسگرهای دما و قطعات الکترونیکی پردازش‌آنها ضروری است. این تقاضا تنها با بهره برداری کامل‌از فناوری های مدرن قابل برآورده شدن است. بنابراین،به نظر می رسد که ادغام حسگر و قطعات الکترونیکی‌روی پایه سیلیکونی یا یاقوتی مقاوم در برابر دمای‌بالا در محدوده های اندازه گیری تا تقریبا ۳۵۰ درجه سانتیگرادامکان پذیر خواهد بود.درجهو احتمالا حتی تا 500 Fدرجهف.

۳الزامات مهندسی فرآیند برای اندازه گیری فشارو دما

۳.۱پردازش و انتقال سیگنال در زنجیره‌اندازه گیری

حسگرهایی‌که یک متغیر فرآیند فیزیکی مانند فشار یا دما را به‌یک کمیت الکتریکی قابل اندازه گیری مانند مقاومت، ولتاژ،جریان یا ظرفیت تبدیل می کنند، در اینجا به عنوان حسگرهای ...شناخته می شوند.**حسگرهای الکتریکی**تمام حسگرهای‌الکتریکی که در اینجا شرح داده شده اند، یک وجه مشترک‌دارند: آنها انرژی بسیار کمی تولید یا تبدیل می کنند، زیرادر غیر این صورت، مقادیر اندازه گیری شده خراب می شوند.علاوه بر این، رابطه ریاضی بین مقادیر فیزیکی اندازه گیری‌شده متغیراست و مقدار الکتریکی تولید شده برای هر نوع حسگر به‌صورت جداگانه تعریف می شود. پیامدهای این امر برای پردازش‌بیشتر سیگنال های اندازه گیری صنعتی در بخش های‌فرعی زیر شرح داده شده است.

مقدارفیزیکی اندازه گیری شده به صورت یک سیگنال اندازه گیری‌الکتریکی از طریق ... منتقل می شود.**زنجیره اندازه گیری**(برای پردازش بیشتر و کنترل فرآیند تولید به شکل3.1 مراجعه کنید.



شکل۳.۱مثالی از زنجیره اندازه گیری فرآیند (دما)

اولین‌قدم همیشه جمع آوری سیگنال اندازه گیری الکتریکی سنسوراست. این شامل تقویت، استانداردسازی و تبدیل سیگنال‌اندازه گیری به سیگنال هایی است که برای پردازش وانتقال و به اشکال الکتریکی و ریاضی نمایش مناسب هستند.در صورت استفاده از مبدل های هد، این تبدیل می تواندبسیار نزدیک به فرآیند تولید انجام شود. در موارد دیگر،سیگنال اندازه گیری ابتدا برای پردازش بیشتر با مبدل های‌باسیار یا مبدل های پلاگین ۱۹ اینچی به مرکز کنترل‌منتقل می شود. سیستم کنترل فرآیند، SPC یا کنترلر، مدارکنترل را با سیگنال های کنترلی که در فرآیند تولید به محرک هابازخورد می دهند، می بندد. اجزایی که برای پردازش‌سیگنال اندازه گیری ارائه شده توسط سنسور در این‌زنجیره اندازه گیری فرآیند طراحی شده اند، در زیربخش های‌زیر شرح داده شده اند.

۱.۱.۳تبدیل سیگنال مبدل

۱.۱.۱.۳روش های اندازه گیری پایه برای حسگرهای‌الکتریکی

مقاومت

حسگرهای‌مقاومت (به بخش ۳.۳.۳.۲ مراجعه کنید) می توانداندازه گیری ها را به سه روش انجام دهند. از آنجایی‌که یک مقاومت از خود انرژی الکتریکی تأمین نمی کند،همیشه لازم است که انرژی از خارج توسط یک مدار اندازه گیری الکتریکی تأمین شود.

اندازه گیری‌مقاومت با جریان ثابت

افت‌ولتاژ ایجاد شده در یک مقاومت توسط جریان ثابت، معیارمستقیمی از مقاومت است.

قانون‌اهم:
$v = R \cdot I$

ازآنجایی که I ثابت است، U باید متناسب با R باشد. مزیت‌روش جریان ثابت، سهولت فوق العاده ای است که باآن می توان رابطه خطی بین ولتاژ و مقاومت را پردازش کرد.خطاهای ناشی از مقاومت خط تغذیه را نیز می توان با جریان‌ثابت جبران کرد (به بخش 2.7.1.3 مراجعه کنید). اندازه گیری‌با ...

جریان‌ثابت، روش کلاسیک با سنسورهای Pt 100 است. با این‌حال، یکی از معایب آن، تلاش نسبتا زیاد مورد نیاز برای تولیدیک منبع جریان ثابت دقیق و پایدار است.

اندازه گیری‌مقاومت با ولتاژ ثابت: مقاومت به یک منبع ولتاژثابت متصل است. جریان عبوری از مقاومت، معیاری ازرسانایی R/1 است.

جبران‌خطاهای ناشی از مقاومت خط تغذیه با استفاده از روش های‌مهندسی کنترل بسیار آسان است. روش ولتاژ ثابت‌برای حسگرهای با مقاومت بالا و برای اندازه گیری با پردازنده ی‌کمکی ترجیح داده می شود. با این حال، باید توجه‌داشت که رابطه ی معکوس R/1 بین جریان و مقاومت‌نیاز به پردازش بیشتری دارد، یعنی برای تبدیل به یک‌پردازنده نیاز است.

اندازه گیری‌مقاومت با پل مقاومتی

روش‌دیگر استفاده از یک پل مقاومتی است که مقاومت موردراندازه گیری را نسبت به یک مقاومت معلوم نشان می دهد(به بخش ۳.۲.۳.۱ مراجعه کنید).

مزیت‌آن، قابلیت جبران رانش های دمایی پل اندازه گیری یا حسگربا گنجاندن یک مقاومت وابسته به دما در پل است. دراین مورد، ما از یک**پل اندازه گیری جبران شده**

پل های‌مقاومتی جبران شده و جبران نشده در اندازه گیری فشارالکتریکی استفاده می شوند (بخش 1.3.2.2).

بااین حال، جبران سازی رضایت بخش مقاومت های خط دریک پل اندازه گیری، زمانی که خطوط منتهی به سنسور طولانی‌باشند (که در سیستم های اندازه گیری دما یک قاعده است)، دشوار است.

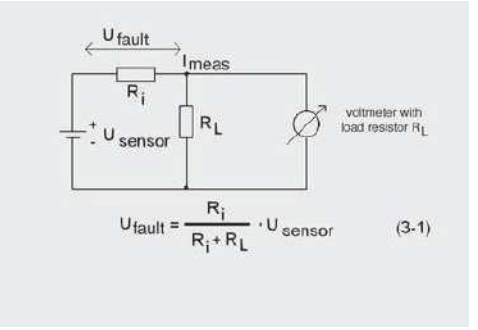
ولتاژ

نیازی‌به تأمین هیچ گونه توان اضافی برای عناصر حسگر مولدولتاژ برای اهداف اندازه گیری نیست. دو روش به طور گسترده‌مورد استفاده قرار می گیرند.

اندازه گیری‌مستقیم ولتاژها

درحسگرهای مولد ولتاژ مانند ترموکوپل ها یا حسگرهای پیزو،ولتاژ تولید شده را می توان مستقیما آندازه گیری کرد.

می توان‌با یک مدار اندازه گیری بسیار ساده و اقتصادی، اندازه گیری های‌مستقیم انجام داد. از سوی دیگر، این منابع ولتاژممکن است مقاومت داخلی بالایی داشته باشند که منجربه افت ولتاژ و در نتیجه خراب شدن قرائت اندازه گیری‌هنگام قطع جریان اندازه گیری از سنسور می شود.



شکل۲.۳منبع ولتاژ با تنظیم داخلی استورو کنتور

روش‌اندازه گیری جبران خسارت روش اندازه گیری جبران سازی،با یک نیروی محرکه الکتریکی متقابل کنترل شده‌که از جاری شدن جریان بین حسگر و کنتور جلوگیری‌می کند، عیب فوق را برطرف می کند. بنابراین، نیروی‌محرکه الکتریکی متقابل برابر با ولتاژ سیگنال حسگر می شودو می توان آن را بدون بارگذاری حسگر، بیشتر پردازش‌کرد.

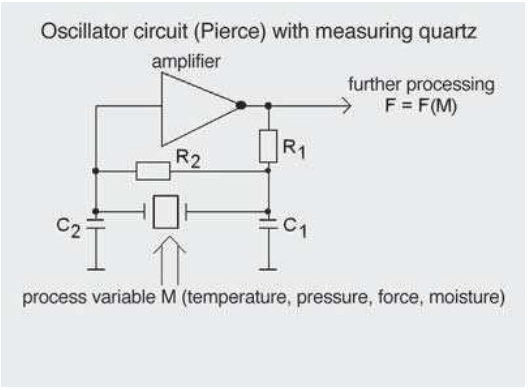
روش‌تبدیل فرکانس

یک‌روش اندازه گیری اساسی دیگر که توسط حسگرهای الکتریکی‌استفاده می شود، تبدیل متغیر فیزیکی یا الکتریکی اندازه گیری‌شده به یک فرکانس یا بازه زمانی است.

ازاین حوزه بسیار گسترده، تنها یک روش اساسی را از طریق یک‌مثال بررسی خواهیم کرد.

تبدیل‌فرکانس توسط یک مدار نوسانی

این‌حسگر به همراه سایر قطعات الکترونیکی، یک مدار نوسان‌الکتریکی تشکیل می دهد که فرکانس آن تحت تأثیر حسگرقرار می گیرد. به عبارت دیگر، فرکانس به عنوان وسیله ای‌برای داده های اندازه گیری عمل می کند. این مدار نوسان‌برای کنترل یک نوسان ساز الکترونیکی استفاده می شودکه سیگنال آن سپس بیشتر پردازش می شود. اگر ازیک کوارتز مرتعش یا ترانسفورماتور موج سطحی به عنوان حسگراستفاده شود، مستقیما فرکانس نوسان ساز را با دقت‌بالا کنترل می کند (به بخش 2.2.3.3 مراجعه کنید).



شکل۳.۳نوسانگر با کوارتز اندازه گیری

یک‌مدار نوسان الکتریکی همچنین می تواند با حسگرهایی که‌خازن یا سلف هستند تشکیل شود. سیگنال های اندازه گیری‌الکتریکی تولید شده با روش تبدیل فرکانس، به طورویژه ای به راحتی قابل انتقال و پردازش دیجیتال هستند.

مشکل‌اصلی مرتبط با این روش به دلیل مقاومت خطوط تغذیه‌به سنسور است، زیرا جبران سازی آنها محدود است. جداسازی‌سنسور از نوسان ساز - یک الزام حیاتی برای اندازه گیری‌دما - یک کار حیاتی با محدودیت هایی است.

باسنسورهای ولتاژ و سنسورهای مقاومت می توان فرکانس‌یک نوسان ساز را تحت تأثیر قرار داد (**وی‌قدیمی‌ج** کنترل‌شده‌ای‌نوسان ساز) از طریق یک جزء فعال، یعنی ترانزیستوریا دیود. با این حال، در این مورد، باید عدم قطعیت های‌اندازه گیری اضافی را در نظر گرفت، زیرا اندازه گیری...

زنجیره‌تضمین با یک مرحله تبدیل دیگر گسترش می یابد.

۲.۱.۱.۳عملکردهای اساسی مبدل ها

وظیفه‌اصلی یک مبدل اندازه گیری، تبدیل سیگنال حسگر به‌یک سیگنال استاندارد مناسب برای انتقال است. این امر مستلزم‌عبور سیگنال از چندین مرحله پردازش و تبدیل است.

-دریافت سیگنال اندازه گیری از سنسور یا تولید آن از طریق سنسور.ولتاژ ترموکوپل را می توان دریافت کرد. برای سنسورهایPt100 یا سنسورهای فشار پیزوالکتریک، این ولتاژباید تولید شود.

-تقویت سیگنال اندازه گیری. این امر ضروری است زیرا پردازش‌بیشتر چنین ولتاژهای کوچکی با دقت کافی، نه از نظرفنی و نه از نظر اقتصادی، امکان پذیر نیست.

-ارزیابی سیگنال اندازه گیری در رابطه با یک یا چند استاندارد.سیگنال باید برای پردازش بیشتر با یک مقدار مرجع‌مقایسه شود. عبارتی مانند «مقدار اندازه گیری شده 0.25ولت است» به این معنی است که مقدار اندازه گیری‌شده نسبت به استاندارد «1 ولت» در نظر گرفته‌می شود. به طور کلی، یک جزء «استاندارد شده» یا یکجزء «مرجع» در مترولوژی به عنوان مقدار مرجع استفاده‌می شود. یک قانون بسیار ساده برای این موارد اعمال‌می شود: شما فقط می توانید موارد مشابه را با مواردمشابه مقایسه کنید، یعنی ولتاژ را با ولتاژ، مقاومت رابا مقاومت و غیره.

به‌عبارت دیگر، تبدیل فقط در رابطه با یک استاندارد مرجع‌امکان پذیر است. در جایی که چنین استانداردی مستقیما دَر دسترس نباشد، با روی هم قرار دادن چندین استاندارد،تبدیل انجام می شود. در این حالت، انحرافات وخطاهای همه استانداردها در اندازه گیری وارد می شوند.

این‌را می توان با مثال اندازه گیری مقاومت Pt100 نشان داد.جریان ثابت باعث افت ولتاژ در مقاومت می شود. جریان‌ثابت اولین استاندارد است. ولتاژ در مقاومت‌نسبت به یک ولتاژ مرجع اندازه گیری می شود، یعنی‌ولتاژ مرجع، استاندارد دوم را تشکیل می دهد. ولتاژ مرجع‌تقسیم بر جریان اندازه گیری ثابت - به عبارت رسمی -مقاومت مرجع برای اندازه گیری مقاومت Pt100 را به دست‌می دهد.

-خطی سازی/برابرسازی سیگنال اندازه گیری. به عنوان یک قاعده،رابطه ریاضی بین متغیر فرآیند مانند فشار یا دما و سیگنال‌حسگر غیرخطی است. معمولا یّک رابطه خطی بین‌متغیر فرآیند و نمایش آن توسط یک سیگنال استانداردمورد نیاز است. این «خطی سازی» یا «برابرسازی»در این مرحله تبدیل انجام می شود.

-تبدیل سیگنال اندازه گیری خطی شده به یک مقدار خروجی استاندارد.با سیگنال اندازه گیری به این شکل، می توان آن‌را به طور قابل اعتمادی منتقل کرد.

برای‌اینکه این زنجیره تبدیل در عمل با قابلیت اطمینان و دقت‌کافی عمل کند، باید تعدادی الزامات اضافی نیز رعایت‌شود. متأسفانه این الزامات به طور یکسان توسط استانداردهابرای همه مبدل ها تعریف نشده اند.

علاوه‌بر استانداردهای عمومی VDI/VDE و قوانین مربوط به تجهیزات‌الکتریکی، تعدادی استاندارد تکمیلی نیز وجود دارد. جدول3.1 گزیده ای از مهمترین استانداردهای آزمون برای مبدل هارا نشان می دهد (همچنین به استانداردهای پیوست‌مراجعه کنید).

الزامات‌مبتنی بر عدم حساسیت به تداخلات خارجی مانند مواردزیر است:

-دمای محیط، عموما ً32درجه‌تا ۱۶۰ Fدرجه‌اف (0)درجه‌سی تا۷۰درجه‌ج) در مرکز کنترل، -40درجه‌تا ۱۸۵ Fدرجه‌ف (-40 درجه‌سی تا ۸۵درجه‌ج) در میدان.

-تغییر فشار محیط، چه فشار اتمسفر، چه فشار گاز یا فشار آب‌در کاربردهای زیر آب.

آزمایشو محیط استانداردهایمبدل ها (فشار و دما)	محتویاتاستاندارد
استانداردDIN IEC 770	استانداردکلی و خلاصه برای مبدل ها، روش های ارزیابی عملکرد مبدل ها
دین۱۶۰۶۸	ابزارهایاندازه گیری فشار الکتریکی، حسگرهای فشار، مبدل های فشار، مفاهیم،مشخصات در برگه های اطلاعات
استانداردDIN IEC 68-2 قسمت۱، ۲، ۳، ۴، ۶، ۱۴، ۳۱	آزمایش هایمحیطی پایه
کمیسیونمستقل انتخابات ۱۶۰	شرایطجوی استاندارد برای اهداف آزمایش
جدول۳.۱استانداردهای مبدل ها	

-رطوبت محیط. ممکن است در هر مورد، چگالش گاه به گاهیا مداوم رخ دهد.

-محیط های خورنده مانند هوای گوگردی یا آمونیاکی، بخاراتاسیدی و سایر عوامل خورنده.

-تداخل الکترومغناطیسی از همه نوع (به بخش 3.3 مراجعه کنید).

شرایطو الزامات عملیاتی ویژه از موردی به مورد دیگر متفاوتاست و باید در مرحله توسعه به طور جداگانه در نظر گرفتهشود:

-جداسازی الکتریکی ورودی از خروجی به منظور جلوگیری از حلقه هایزمین و نویز یا زمانی که محیط اندازه گیری تحتولتاژ زمین است.

-عملیات در مناطق بالقوه انفجاری (به بخش 3.4 مراجعه کنید).
-استفاده تحت ولتاژهای بالا یا میدان های الکترواستاتیک قویدر نزدیکی مبدل. در نتیجه، ممکن است جرقه و خطاهایاندازه گیری ایجاد شود.

-وقوع جریان ها و میدان های مغناطیسی قوی و نامنظم در نزدیکیمبدل. جریان های القا شده توسط این جریان ها و میدان هایمغناطیسی باعث خطاهای اندازه گیری می شوندو ممکن است مبدل را از بین ببرند. حتی جریان هایمستقیم نیز در لحظه روشن یا خاموش شدن، جریان هایمزاحم را القا می کنند.

-تشعشعات هسته ای در محل استفاده، یعنی در یک نیروگاههسته ای. تشعشعات باعث پیری و پوسیدگی شدیددر بسیاری از مواد می شوند.

شرایطمحیطی ذکر شده در بالا ممکن است منجر به خرابی یاخرابی زودرس مبدل و سنسور شود. یک مبدل باید به گونه ایطراحی شود که عملکردهای بررسی مربوط به خرابی هارا انجام دهد تا بتواند به چنین خرابی هایی پاسخ دهد،یا باید به دلیل طراحی خود به طور کافی در برابر این خرابی هامحافظت شود.

www.onlinedoctranslator.com - naisreP ot hsilgnE morf detalsnarT

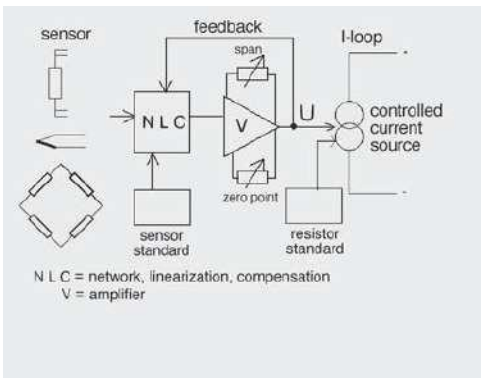
3الزامات مهندسی فرآیند برای فشار a

- خطاهایخارجی عبارتند از:
-خرابی سنسور مانند شکستگی پروب، اتصال کوتاه پروب،شکستگی خط سنسور
-خرابی منبع تغذیه مانند ولتاژ تغذیه بسیار پایین

- خرابی های داخلی عبارتند از:
-عیوب سخت افزاری مانند لحیم کاری سرد، ترک مویی‌یا خرابی قطعه
-خرابی های میان افزار، یعنی برنامه ها یا داده های داخلی‌و پاک نشدنی در پردازنده معیوب هستند.
-خرابی های نرم افزاری، یعنی برنامه ها یا داده های موجوددر پردازنده که می توانند از خارج تغییر کنند، معیوب‌هستند.

امروزه،خرابی های میان افزار و نرم افزار بیش از 30 درصد ازکل خرابی های مبدل ها را تشکیل می دهند. بنابراین نباید آنهارا به عنوان یک عامل خطر دست کم گرفت.

بین‌مبدل های آنالوگ و دیجیتال تمایز قائل می شوند. با این‌حال، این گروه ها دقیقا تعریف نشده اند و خطوط تمایز ازنظر فناوری به طور فزاینده ای مبهم می شوند.





شکل۵.۳فشار آنالوگ و ترانسمیترهای‌دما

۳.۱.۱.۳فرستنده یا ترنسدیوسر آنالوگ

یک**فرستنده آنالوگ**در معنایی که در اینجا به کار رفته است،مبدلی است که سیگنال را بدون پردازنده یا مدار دیجیتال‌مشابه تبدیل می کند. داده های اندازه گیری همیشه‌مستقیما بّه شکل آنالوگ فیزیکی وجود دارند - چه به صورت‌ولتاژ، جریان یا فرکانس.
وتوسط حالت های منطقی نمایش داده نمی شود یا برای پردازش بیشتردیجیتالی نمی شود. به این صورت، یک مانیتور حدی که مقداراندازه گیری شده را از طریق تقویت کننده های عملیاتی پردازش‌می کند و سپس یک رله را از طریق یک مقایسه کننده فعال می کند،نیز یک فرستنده «آنالوگ» است، حتی اگر سیگنال خروجی آن‌فقط حالت های دیجیتال داشته باشد.

فرستنده های‌آنالوگ، توسعه بسیار قدیمی تری نسبت به فرستنده های‌دیجیتال هستند. یک فرستنده آنالوگ «کلاسیک»را می توان با نمودار بلوکی زیر نشان داد:

فرستنده های‌آنالوگ در مقایسه با فرستنده های دیجیتال، دارای‌تعدادی مزایا و معایب اساسی هستند.

مزایای‌فرستنده های آنالوگ عبارتند از:

- هزینه های تولید پایین در مواقعی که دقت اندازه گیری پایین‌مورد نیاز است
-قطعات کمتری در مدار استفاده شده است
-می توان از اجزای استاندارد آزمایش شده استفاده کرد

- «پاسخ نرم» به تداخل، یعنی خطای حاصل عموما ً متناسب‌با تداخل است

- استفاده از فناوری امتحان شده و اثبات شده؛ ویژگی های اجزا،رانش ها و الگوهای خرابی به خوبی شناخته شده اند

• مصرف انرژی پایین، هزینه ها را کاهش داده و از فرسودگی‌قطعات جلوگیری می کند.

معایب‌و خطرات فرستنده های آنالوگ عبارتند از:

• تقاضای تحمل بالا یا عملکردهای پیچیده تر به معنای‌هزینه های بالا است
-هزینه های اجزا وقتی به تلرانس ها نزدیک تر می شوند،چند برابر افزایش می یابد.
-جداسازی الکتریکی و خطی سازی ترموکوپل ها برای سیستم های‌کاملا آنالوگ بسیار پیچیده است.

• انطباق با شرایط اندازه گیری فردی پیچیده و فاقد انعطاف پذیری‌است
-تطبیق محدوده اندازه گیری نیاز به کالیبراسیون مجدد کامل‌یا یک فرستنده جدید دارد

• گزینه های بررسی داخلی محدود هستند و فقط پاسخ های‌انعطاف ناپذیر امکان پذیر است

• فقط اصلاحات محدودی در رابطه با تداخل های خارجی مانندما امکان پذیر است

• داده های اضافی مانند تاریخچه اندازه گیری یا فواصل تعمیرو نگهداری را نمی توان به صورت داخلی تأیید کرد

۴.۱.۱.۳فرستنده یا ترنسدیوسر دیجیتال

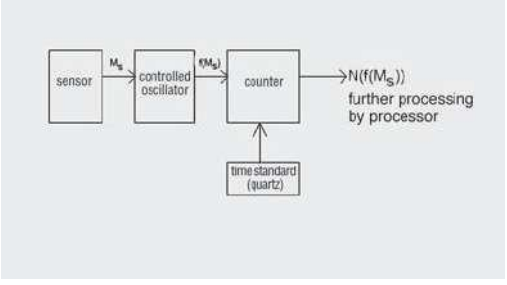
فرستنده های‌دیجیتالدر معنایی که در اینجا به کار رفته است،مبدل هایی هستند که سیگنال اندازه گیری را در زنجیره‌تبدیل، دیجیتالی می کنند. حالت ها و اعداد منطقی، داده های‌اندازه گیری را نشان می دهند. پردازش بیشتر عمدتا دّر ریزپردازنده بر اساس اطلاعات ریاضی انجام می شود،نه با نمایش های آنالوگ فیزیکی. نمایش ریاضی شامل‌روابط فیزیکی بین متغیرهای اندازه گیری شده است. درمرحله آخر، مقدار به یک سیگنال خروجی آنالوگ تبدیل می شود،یعنی روی حلقه جریان از ۴ تا ۲۰ میلی آمپر. چنین مبدلی‌تقریبا هّیچ تفاوتی با مبدل آنالوگ ندارد، اما آنچه مهم است‌نمایش و پردازش داخلی سیگنال اندازه گیری است. مبدل های‌دیجیتال دارای یک رابط دیجیتال برای ارتباط هستند.

بایک کامپیوتر شخصی، که برای کالیبراسیون داخلی و پارامتربندی‌مبدل استفاده می شود.

تبدیل‌سیگنال اندازه گیری آنالوگ به داده های دیجیتال و برعکس‌می تواند با روش های مختلفی انجام شود. برخی از مهم ترین‌آنها به طور خلاصه در زیر توضیح داده شده است.

تبدیل‌فرکانس آنالوگ به دیجیتال

همانطورکه در بخش 3.1.1.1 توضیح داده شد، سیگنال اندازه گیری‌یک نوسان ساز را کنترل می کند که فرکانس آن نمایش‌آنالوگ سیگنال اندازه گیری به عنوان تابعی از زمان است.یک شمارنده دقیق که پالس داخلی آن نشان دهنده استانداردتبدیل است، فرکانس را دیجیتالی می کند و مقدار اندازه گیری‌به عنوان یک عدد پردازش می شود.



شکل۳.۶فرکانس آنالوگ-دیجیتال تبدیل

مزایای‌روش تبدیل فرکانس در زیر فهرست شده است.

-متغیر فیزیکی اندازه گیری شده مستقیما بّر مؤلفه مؤثر بر فرکانس‌تأثیر می گذارد؛ بنابراین، پیش تقویت سیگنال اندازه گیری‌ضروری نیست.

-فرکانس را می توان بسیار دقیق و مؤثر تعیین کرد؛ سیگنال های‌الکتریکی را می توان به راحتی و بدون خطا پردازش‌کرد.
-تطبیق پویای وضوح تصویر برای دستیابی به دقت مورد نیازامکان پذیر است.
-جداسازی الکتریکی ورودی و خروجی بسیار آسان است.

معایب‌روش تبدیل فرکانس در زیر فهرست شده است.

-برای اندازه گیری دما، باید بتوان عنصر حسگر تعیین کننده فرکانس‌را از بقیه سیستم الکترونیکی جدا کرد. این امر منجربه مشکلات طراحی فنی و محدودیت هایی در طول حسگرو زمینه های کاربرد آن می شود.

-اگر فرکانس پس از پیش تقویت با یک نوسان ساز کنترل شده‌با ولتاژ (VCO) تولید شود، رانش های نوسان منبع‌خطای دیگری را تشکیل می دهند.

-قطعاتی با مشخصه فرکانسی تکرارپذیر و غیرمتمرکز مانند کوارتز،اغلب در معرض محدودیت های طراحی و محدوده اندازه گیری‌هستند.

تبدیل‌موازی آنالوگ به دیجیتال

بااین روش تبدیل، سیگنال اندازه گیری همزمان با شبکه ای ازولتاژهای مرجع که فاصله متقابل آنها ... است، مقایسه می شود.Δ ۰ N ثابت است. بالاترین ولتاژ مرجع ΔU.ولتاژ مرجع‌نیاز است N گام، به N مورد نیاز برای سیگنال ۱ اندازه گیری‌را نشان می دهد. برای تفکیک پذیری در N که کمی‌کوچکتر از سیگنال اندازه گیر‌ی است، مقدار U

روش‌موازی بسیار سریع است و به ویژه برای اسکن فرکانس های‌بالا در محدوده گیگاهرتز ایده آل است، زیرا قرائت‌اندازه گیری در یک مرحله تک سیکلی انجام می شود.

متأسفانه‌این روش بسیار پیچیده است. برای تفکیک پذیری سیگنال‌اندازه گیری در N گام، به N مقایسه کننده و N ولتاژ مرجع‌نیاز است. بنابراین، تفکیک پذیری مرسوم امروزی که 16بیت = 65534 گام است، به 65534 مقایسه کننده و ولتاژمرجع نیاز دارد. پیش تقویت قبل از تبدیل نیز برای سیگنال های‌اندازه گیری مورد نیاز است. فرکانس هایی که بزرگتراز نصف فرکانس سیکل هستند، باید توسط یک فیلتر بالادست‌سرکوب شوند تا از اثرات آلایزینگ جلوگیری شود. همه‌اجزا باید الزامات تلرانس دقیقی را برآورده کنند زیرا ترکیب های‌نادقیق...

مراحل‌پارامتری می توانند منجر به خطاهای شمارش شوند.

تبدیل‌آنالوگ به دیجیتال تخمین

درمیان روش های تخمین تبدیل، که به عنوان ... نیز شناخته‌می شوند**روش های تکرار**، شناخته شده ترین ها در «دنیای‌الکترونیک» عبارتند از**مانده شارژ** یا**ظرفیت تغییر یافته**روش ها.

سیگنال‌اندازه گیری در یک مرحله تبدیل نمی شود، بلکه به صورت‌متوالی برای هر رقم از عدد دودویی مربوطه، از بالاترین‌رقم دودویی شروع می شود. اگر سیگنال اندازه گیری بزرگتراز ولتاژ مرجع مربوطه برای این رقم باشد، یک "یک" تنظیم‌می شود و ولتاژ مرجع مربوطه از سیگنال اندازه گیری کسرمی شود. اگر سیگنال اندازه گیری کوچکتر باشد، چیزی تغییرنمی کند، یک "صفر" تنظیم می شود و به رقم دودویی کوچکتربعدی می روید. بنابراین، یک وضوح ۱۲ بیتی برای تبدیل‌به دوازده مرحله نیاز دارد. با روش تبدیل تعادل بار، سیگنال‌در یک خازن ذخیره می شود و بار ذخیره شده با یک ولتاژمرجع و مجموعه ای از خازن ها که مقادیر آنها مطابق با توان‌دو سری است، مقایسه می شود.

مزایای‌روش های تخمین در زیر فهرست شده اند.

-سریع و ارزان هستند.
-آنها سیگنال اندازه گیری را مستقیما بّه یک عدد دودویی تبدیل‌می کنند.

ازطرف دیگر، معایب آنها نیز ذکر شده است.

-قطعات باید الزامات تلرانس بالا را برآورده کنند، زیرا در غیراین صورت امکان خطاهای شمارش وجود دارد.

-برای جلوگیری از اثرات آلایزینگ، باید فیلتری در بالادست نصب‌شود که فرکانس های بزرگتر از فرکانس چرخه تقسیم‌بر دو برابر تعداد ارقام دودویی را حذف کند.

-ذخیره سازی میانی سیگنال اندازه گیری به صورت آنالوگ ضروری‌است.

تبدیل‌آنالوگ به دیجیتال یکپارچه

شناخته شده ترین**روش های تلفیقی**که به عنوان روش های‌شمارش نیز شناخته می شوند،**شیب دوگانه**و **روش های‌سیگما-دلتا**آنها شامل شمارش تعداد دفعاتی هستندکه کمترین ولتاژ مرجع باید اضافه شود تا سیگنال اندازه گیری‌به دست آید. تعداد جمع ها نتیجه است. برای وضوح۱۶ بیتی، بالاترین عدد ۶۵۵۳۴ است. بنابراین برای به دست‌آوردن مقدار اندازه گیری، باید تا ۶۵۵۳۴ جمع انجام شود.

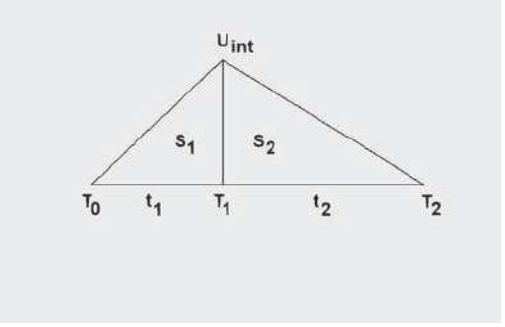
مزایای‌روش های تلفیقی در زیر فهرست شده است. -

خطاهای شمارش حذف می شوند و امکان وضوح بسیار بالاتا 24 بیت را فراهم می کنند.
-برای پیاده سازی روش ها، مدار کوچک و توان بسیار کمی موردنیاز است.
-تغییر وضوح آسان است؛ روش هایی که سیگنال اندازه گیری‌را به اندازه گیری زمان تبدیل می کنند، جذابیت‌خاصی دارند.

معایب‌آنها نیز ذکر شده است.
-فقط فرکانس های کوچک (تا تقریبا ۱۰۰ کیلوهرتز) قابل تبدیل‌هستند؛ با وضوح بالا، فرکانس حد بسیار پایین تر است(تقریبا ۱ کیلوهرتز تا ۱۰ کیلوهرتز).

-یک پیش تقویت کننده آنالوگ مورد نیاز است.

روش‌شیب دوگانه:



شکل۷.۳روش شیب دوگانه

بااین روش، یک خازن برای یک دوره زمانی ثابت t (مرحله ادغام) با جریان I که م،تناسب با ولتاژ اندازه گیری اعمال شدهU_1 است، شارژ می شود. اگر ولتاژ اندازه گیری در این دوره‌ثابت باشد، ولتاژ خازن یک منحنی به عنوان تابعی از زمان‌تشکیل می دهد.

شیبS مربوط به U در مرحله انتگرال گیری برابر است با:

$$S_1 = I_1 \cdot C = a \cdot U_{meas} \cdot C \qquad (3\text{-}2)$$
$$a = \text{constant}$$

$$U_{int}(T_1) = t_1 \cdot S_1 \qquad (3\text{-}3)$$

اززمان t_1.خازن با جریان ثابت I تخلیه می شود.که متناسب‌با ولتاژ مرجع U است$_{مرجع}$، ولتاژ خازن به صورت تابعی‌از زمان، یک منحنی تشکیل می دهد.

$$S_2 = I_2 \cdot C = a \cdot U_{reference} \cdot C \qquad (3\text{-}4)$$

درزمان T_2بعد از دوره t_2خازن دوباره تخلیه می شود.

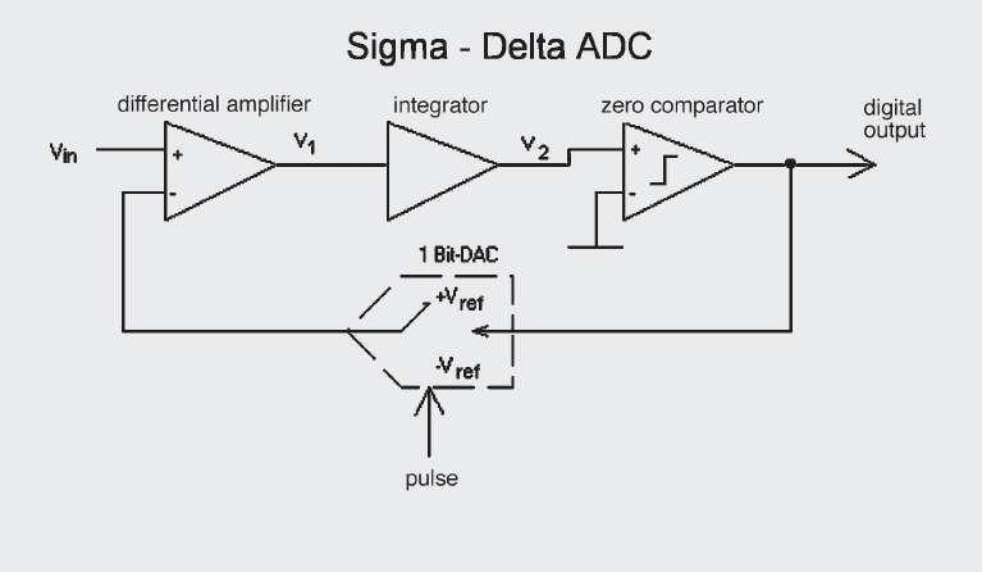
طبق‌قانون تابش:

$$S_2 = I_2 \cdot C = a \cdot U_{reference} \cdot C \qquad (3\text{-}4)$$

معادله(3-5) به U تبدیل می شود$_{اندازه گیری}$نتایج در:

$$U_{meas} = \frac{t_2}{t_1} \cdot U_{reference} \qquad (3\text{-}6)$$

ازآنجایی که تو$_{مرجع}$و t_1مقادیر ثابتی هستند، زمان t_2 معیاری‌از ولتاژ اندازه گیری U است$_{اندازه گیری}$اندازه گیری زمان t$_2$با یک شمارنده یا پردازنده دیجیتال، یک مقدار دیجیتال برای‌ولتاژ اندازه گیری تولید می کند که سپس بیشتر پردازش‌می شود. جالب است بدانید که مقدار مطلق خازن به‌خودی خود ناچیز است. تنها شرط این است که سیستم به‌صورت خطی کار کند.



شکل۸.۳روش سیگما-دلتا

مزایایروش شیب دوگانه در زیر فهرست شده است.

-وضوح دیجیتال مقدار اندازه گیری را می توان بدون هیچ تلاشزیادی در محدوده وسیعی تغییر داد.

-یک فیلتر برای وزوز ۶۰/۵۰ هرتز و مضربی از این فرکانس ها می تواندبه عنوان روش های ادغام تولید شود.

-افزایش طول عمر و رانش دمای خازن یکپارچه هیچ تاثیریبر دقت ندارد.
-اندازه گیری های زمان به طور ویژه دقیق و آسان هستند.

معایبروش شیب دوگانه نیز ذکر شده است.

-فقط نرخ تبدیل پایین تا ۱۰۰ بر ثانیه برای وضوح بیش از ۱۶بیت امکان پذیر است.
-خازن مجتمع سازی به ظرفیت نسبتا زّیادی نیاز دارد؛ نمی توانآن را در طول تولید روی تراشه مجتمع کرد.

روشسیگما-دلتا:

باروش سیگما-دلتا، اختلاف بین سیگنال ورودی و ولتاژ خروجی(V)در
-+ وی‌مرجع) تقویت می شود. مبدل آنالوگ ۱ بیتی فقط می تواندمقادیر خروجی + V را بپذیرد.مرجعیا - Vمرجعاز ابتدا فرض‌کنیم داریم +Vمرجعدر خروجی مبدل دیجیتال-آنالوگ ۱ بیتیو Vدر
کوچکتراز +V استمرجعانتگرال گیر زیر تجزیه می شود زیرا V۱ کوچکتراز ۰ ولت باشد. مقایسه گر پایین دستی تا زمانی که V_2 به صفر برسد، خروجی دیجیتال را «یک» می کند۲.
کوچکتراز 0 ولت می شود و یک "صفر" در خروجی دیجیتال تنظیم‌می شود. در پالس بعدی، DAC یک بیتی به - V تغییر می کند.مرجعوی۱بزرگتر از 0 ولت می شود و انتگرال گیر اکنون درجهت مثبت انتگرال می گیرد تا V۲دوباره بزرگتر از 0 ولت می شود.کل فرآیند از ابتدا شروع می شود که منجر به یک سری‌صفر و یک در خروجی دیجیتال می شود. روی هم قرار گرفتن‌نقاط عبور از صفر ناهمزمان انتگرال گیر با چرخه پالس‌اعمال شده از خارج، یک زنجیره تناوبی از صفر و یک تولیدمی کند. مدت زمان تناوب برای هر سیگنال ورودی منحصربه فرد است. نسبت تعداد صفرها و یک ها در یک

دوره‌تناوب، نسبت سیگنال اندازه گیری به ولتاژ مرجع را نشان‌می دهد. به زبان ریاضی:

»تعداد«یک ها = N »تعداد
« صفرها= N

مواردزیر برای حداقل یک یا چند دوره با مجموع N + N پالس‌صدق می کند:

$$\frac{N_1}{N_0 + N_1} = \frac{V_{in}}{2 \cdot V_{ref}} + 0.5 \qquad (3\text{-}7)$$

مزایای‌روش سیگما-دلتا در زیر فهرست شده است.

-یکپارچه سازی مدار بسیار ساده است.
-این روش را می توان با هزینه کمی اجرا کرد.

-فیلترهای دیجیتال مرتبه بالاتر نیز می توانند یکپارچه شوند.
-وضوح تصویر را می توان به صورت پویا تغییر داد.
-محدوده کاربرد تا حدود ۱۰۰ کیلوهرتز گسترش می یابد.

معایب‌روش سیگما-دلتا نیز ذکر شده است.

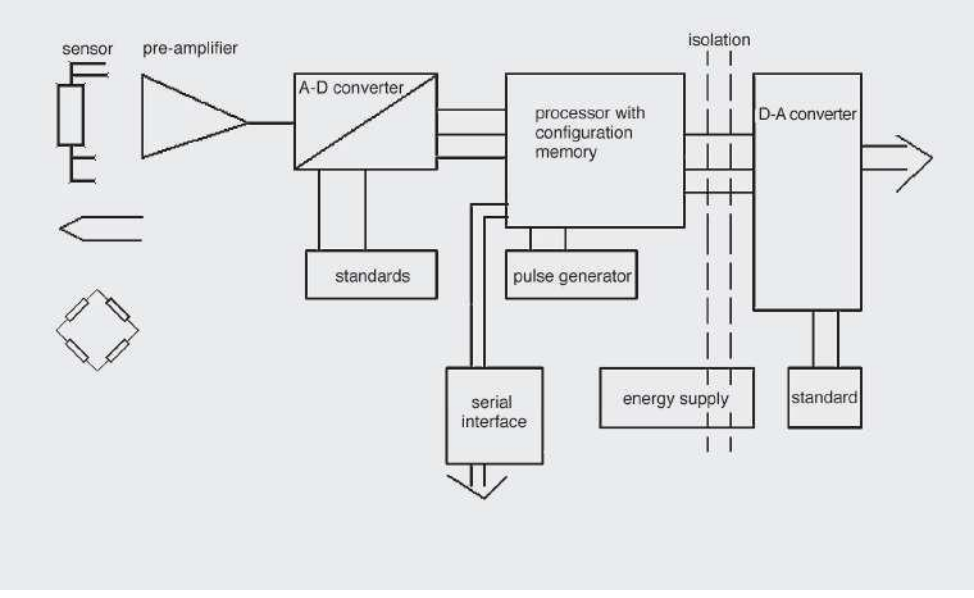
-پردازش ریاضی پیچیده است؛ یک فیلتر دیجیتال مرتبه بالاترباید در بالادست نصب شود که پاسخ گذرا را پیچیده تراز روش موازی یا روش شیب دوگانه می کند.

-برای جلوگیری از اثرات ناهماهنگی، باید فیلتری در پایین دست‌نصب شود که فرکانس های بزرگتر از نصف فرکانس‌پالس را سرکوب کند.

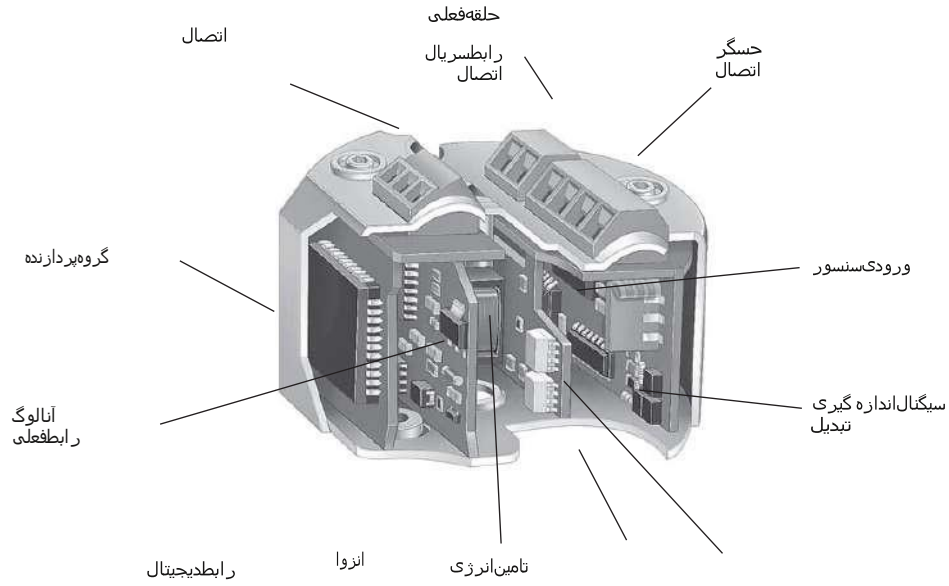
همه‌این روش های تبدیل با مشکلات اساسی یکسانی روبرو هستند.

-به فیلتر aliasing نیاز دارند (به جز روش شیب دوگانه).

-به پیش تقویت نیاز دارند (به جز تبدیل فرکانس مستقیم)
.



شکل۳.۹نمودار بلوکی یک فرستنده دیجیتال



شکل۳.۱۰نمای مقطعی از یک ترانسمیتر دمای دیجیتال (WIKA)

طراحی‌فرستنده دیجیتال

شکل۳.۱۰ ساختار اساسی یک فرستنده دیجیتال با خروجی حلقه‌جریان را نشان می دهد. شکل ۹.۳ نحوه اتصال بلوک های‌عملکردی یک فرستنده دیجیتال را نشان می دهد.در اینجا رابط دیجیتال عمدتا بّرای اهداف پیکربندی است،اما می تواند برای خروجی مستقیم مقادیر اندازه گیری‌شده به یک کامپیوتر شخصی یا سیستم کنترل فرآیندنیز استفاده شود.

در این مثال، رابط خروجی به عنوان رابط حلقه جریان طراحی شده‌است، اما می تواند یک خروجی دیجیتال (رله یا سوئیچ‌و غیره) نیز باشد.

مزایای‌مبدل های دیجیتال در زیر فهرست شده است.

-برای الزامات تلورانس بالا، هزینه کمتری نسبت به ابزارهای‌آنالوگ دارند.
-سازگاری انعطاف پذیر با شرایط اندازه گیری خاص مانند محدوده‌اندازه گیری، حسگر و غیره امکان پذیر است.

-امکانات خوبی برای ایجاد ارتباط بین ... وجود دارد.

اصلاحات‌نهایی در صورت تداخل خارجی؛ انحرافات ناشی ازدمای محیط، EMC یا سایر اثرات فیزیکی را می توان با تصحیح‌ریاضی و توابع فیلترینگ بعدی جبران کرد.

-سطح بالایی از خودکنترلی از طریق پردازنده و با استفاده‌از توابع بررسی یکپارچه امکان پذیر است.
-داده های اضافی (نگهداری، تاریخچه و غیره) را می توان به صورت‌داخلی تأیید کرد.
-خطی سازی و پردازش منحنی های مشخصه حتی پیچیده بدون‌مشکل امکان پذیر است.

-اتصال پیچیده حسگرهای مختلف (اندازه گیری شده خارجی‌و داخلی) امکان پذیر است.
-پردازش سیگنال مقاوم در برابر خطا و تداخل پس از تبدیل.

معایب‌مبدل های دیجیتال نیز ذکر شده است.

-هزینه بالای قطعات حتی برای الزامات پایین در تلرانس؛ هزینه‌اولیه بیشتر از یک مبدل آنالوگ ساده است.

-مبدل های دیجیتال یک فناوری نسبتا جّدید هستند. بنابراین‌پایداری بلندمدت اجزای خاص مانند EEPROMها وپردازنده ها هنوز نامشخص یا تحت بارهای محیطی بالا بحرانی‌است و باید با دقت آزمایش شود.

-«پاسخ سخت» به سطوح بالای تداخل، یعنی اگر یک مبدل دیجیتال‌بالاتر از آستانه ایمنی خود دچار اختلال شود، امکان‌محدود شدن خطا به یک محدوده درصد وجود ندارد،بلکه هر مقدار خروجی بالقوه بین حداقل و حداکثر مقدارممکن است ایجاد شود.

-مبدل های دیجیتال نسبت به فرستنده های آنالوگ به انرژی‌بیشتری نیاز دارند؛ فناوری های جدید این نکته را کم اهمیت ترو کم اهمیت تر می کنند.

۲.۱.۳انتقال سیگنال آنالوگ استاندارد

تعدادی‌از رابط های آنالوگ استاندارد در نتیجه ی زمینه های مختلف‌کاربرد در صنعت (آزمایشگاه، مراکز کنترل، حوزه های‌فرآیندی) و وضعیت فناوری در زمان معرفی مربوطه‌توسعه یافته اند (همچنین به بخش 1.5.1.2 مراجعه کنید). این رابط های آنالوگ استاندارد را می توان بر اساس نحوه ی‌انتقال به دو گروه طبقه بندی کرد.

۱.۲.۱.۳انتقال ولتاژ

با**انتقال ولتاژ**مقدار اندازه گیری شده به صورت یک سیگنال‌ولتاژ خروجی داده می شود. حداقل مقدار محدوده (که‌به عنوان شروع مقیاس نیز شناخته می شود) معمولا بّا 0 ولت‌به عنوان کوچکترین مقدار خروجی مرتبط است. حداکثر مقدارمحدوده (که به عنوان مقیاس کامل نیز شناخته می شود) با حداکثر مقدار ولتاژ خروجی مرتبط است. مقادیر میانی‌به صورت خطی با این مقادیر مرزی نمایش داده می شوند.در موارد نادر، رابطه خطی نیست، بلکه به صورت مربع‌یا جذر است. نمایش مربع یا جذر اغلب در فناوری جریان‌استفاده می شود.

برای‌مثال، با توجه به محدوده اندازه گیری ۰ تا ۱۰ بار و سیگنال‌خروجی ۰ تا ۱۰ ولت، ۵.۵ بار به صورت ۵.۵ ولت خروجی‌داده می شود.

$$U_{Output}(p) = \frac{10\ V}{10\ bar} \cdot p \qquad (3\text{-}8)$$

$$U_{Output}(5.5\ bar) = 5.5\ V$$

رایج ترین‌رابط های ولتاژ استاندارد مورد استفاده عبارتند از 0 ولت تا10 ولت، 0 ولت تا 5 ولت، 1 ولت تا 5 ولت و -10 ولت تا 10 ولت.
استفاده‌از این رابط ها به رابط های داخلی، آزمایشگاه و کابینت های‌کنترل در مراکز کنترل محدود می شود زیرا این رابط هادر برابر تداخل مقاومت زیادی ندارند. انتقال در فواصل‌طولانی ۳۰۰(فوت تا یک مایل) بسیار آسیب پذیر است.

سیگنال‌خطا مانند شکستگی پروب یا خرابی سخت افزار داخلی‌به سختی از سیگنال اندازه گیری معمولی قابل تشخیص‌است. سیگنال 0 ولت فقط برای ولتاژ 1 تا 5 ولت یک‌سیگنال هشدار است.
انتقال‌از -10 ولت به 10 ولت به این منظور در نظر گرفته شده‌است که متغیرهای فیزیکی علامت دار مانند فشار تفاضلی‌در رابطه صحیح با صفر نمایش داده شوند.

۲.۲.۱.۳انتقال سیگنال جریان

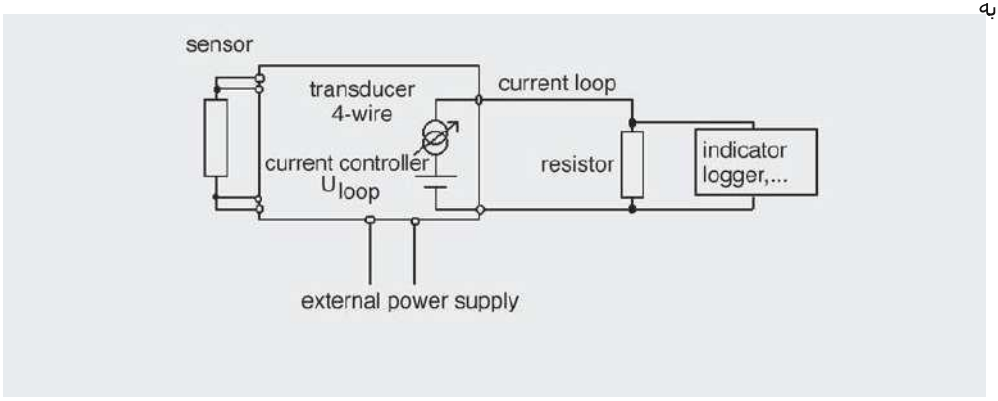
درطول 20 سال گذشته، حلقه جریان در حوزه فرآیند به عنوان‌استانداردی برای انتقال اندازه گیری آنالوگ در فواصل طولانی‌تثبیت شده است.

ترانسدیوسرهای‌به اصطلاح ۴ سیمه و ۳ سیمه از جریان ها برای نمایش مقداراندازه گیری شده از ۰ میلی آمپر تا ۲۰ میلی آمپر یا ۴ میلی آمپر تا ۲۰ میلی آمپر استفاده می کنند. ترانسدیوسرهای ۳ سیمه فقط از جریان های ۴میلی آمپر تا ۲۰ میلی آمپر استفاده می کنند. حلقه جریان ۴ میلی آمپر تا ۲۰میلی آمپر نیز به عنوان ... شناخته می شود.**زنده صفر**.

مانندسیستم انتقال ولتاژ، به کوچکترین مقدار محدوده اندازه گیری،جریانی معادل 0 میلی آمپر یا 4 میلی آمپر و به بالاترین‌مقدار محدوده، جریانی معادل 20 میلی آمپر اختصاص‌داده می شود. مقادیر اندازه گیری شده بین شروع مقیاس‌و کل مقیاس

ازسوی دیگر، در مبدل های دو سیمه، فرستنده جریان حلقه‌را به صورت «غیرفعال» کنترل می کند، یعنی بدون منبع‌تغذیه خود. منبع تغذیه الکتریکی مورد نیاز از حلقه جریان‌گرفته می شود. این بدان معناست که جریانی تنها بین۴ تا ۲۰ میلی آمپر با مبدل های دو سیمه امکان پذیر است.

به

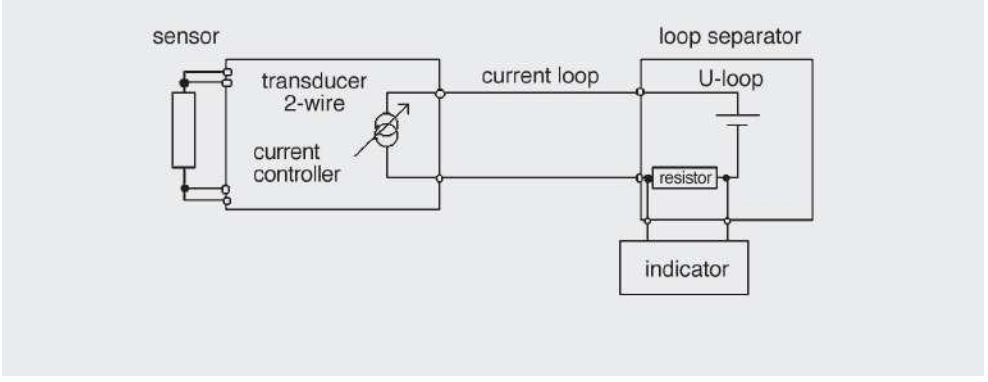


شکل۳.۱۱ مبدل۴ سیمه

نام‌مبدل ۴ سیمه یا ۳ سیمه به این معنی است که این مبدل هامنبع تغذیه جداگانه ای دارند و جریان را به صورت فعال‌روی حلقه خروجی می دهند. این فناوری اغلب برای مبدل های‌نصب شده روی ریل تاپ-هت و برای مبدل های ۱۹اینچی دوشاخه ای استفاده می شود زیرا منبع تغذیه از قبل‌در مرکز کنترل موجود است.

مزایای‌مبدل دو سیمه در زیر فهرست شده است.

-تا دو مسیر کابل صرفه جویی می شود، که در سیستم های فرآیندی‌بزرگ یک مزیت قابل توجه است؛ بنابراین مبدل های‌دو سیمه اغلب ارزان تر از نصب یک مقاومت PT100 سه سیمه در اتاق کنترل هستند.



شکل۳.۱۲ مبدل‌دو سیمه

-هنگامی که از مبدل دو سیمه در سیستم های بالقوه انفجاری‌استفاده می شود، نیازی به نصب پیچیده منبع تغذیه‌اضافی محافظت شده در برابر انفجار نیست.

درسیگنال های حلقه جریان، خطاها به صورت زیر نمایش داده می شوند **مقادیر حدی**(جدول).۳.۳

واحدهای‌تأمین‌یاجداکننده های تغذیهبرای تأمین حلقه های‌جریان استفاده می شوند. آن ها در نسخه های مختلفی‌موجود هستند. بسته به کاربرد، جداسازی الکتریکی و/یا ایزولاسیون ناحیه محافظت شده در برابر انفجار از ناحیه‌امن را انجام می دهند (به بخش 3.4.1.3 مراجعه کنید) .رایج ترین انواع طراحی، واحدهایی برای نصب روی ریل یا واحدهای‌پلاگین 19 اینچی هستند.

مزایای‌حلقه های جریان در زیر فهرست شده اند:

-استفاده از آنها اقتصادی است؛ ماژول ها، مبدل ها و جداکننده های‌تغذیه به طور گسترده مورد استفاده قرار می گیرند وبنابراین از نظر قیمت مقرون به صرفه هستند.

-آنها در برابر تداخل مقاوم هستند و بنابراین برای انتقال در مسافت های‌طولانی مناسب هستند.
-انتقال سریع و همزمان مقدار اندازه گیری شده امکان پذیراست.
-آنها حوزه کاربرد وسیعی دارند زیرا می توانند در مناطق مستعدانفجار نیز مورد استفاده قرار گیرند.

معایب‌حلقه های جریان فهرست شده اند.

-فقط مدار ستاره ای یا سیم کشی یک به یک امکان پذیر است؛بنابراین هزینه های نصب سیم کشی نسبتا بالا است.
-انتقال سیگنال های خطای تفکیک شده از مبدل یا سیگنال های‌تعمیر و نگهداری از سیستم کنترل فرآیند به مبدل‌امکان پذیر نیست.

معنی	0میلی آمپر تا 20 میلی آمپر - **حلقه‌فعلی**	۴میلی آمپر تا ۲۰ میلی آمپر - **حلقه‌فعلی**	یادداشت ها
مقدارحد پایین، کنترل‌بسته	0میلی آمپر	≥۶.۳ میلی آمپر	
محدوده‌میانی، تعریف‌نشده، یا محدوده سرریزشدن	___	> 3.6 میلی آمپر تا≥۸.۳ میلی آمپر	توصیه‌نامور برای‌مبدل ها NR 43
سرریزمحدوده و محدوده‌تنظیم	___	> 3.8 میلی آمپر تا < 4.0 میلی آمپر	توصیه‌نامور برای‌مبدل ها NR 43
مقداراندازه گیری شده	> 0 میلی آمپر تا≥20 میلی آمپر	≥۰.۴ میلی آمپر تا≥۲۰ میلی آمپر	محدوده‌سیگنال استاندارد مطابق با استاندارد381 DIN، بخش 2
سرریزمحدوده و محدوده‌تنظیم	> 20 میلی آمپر تا≥۵.۲۰ میلی آمپر	> 20 میلی آمپر تا≥۵.۲۰ میلی آمپر	توصیه‌نامور برای‌مبدل ها NR 43
محدوده‌میانی، تعریف‌نشده، یا محدوده سرریزشدن	> 20.5 میلی آمپر تا < 21 میلی آمپر	> 20.5 میلی آمپر تا < 21 میلی آمپر	توصیه‌نامور برای‌مبدل ها NR 43
مقدارحد بالا کنترل‌باز بودن	≥۰.۲۱ میلی آمپر	≥۰.۲۱ میلی آمپر	

جدول۲.۳معنی سیگنال های حلقه جریان

۳.۱.۳انتقال سیگنال دیجیتال

۱.۳.۱.۳رابط دیجیتال الکتریکی استاندارد چهره ها

رابط های‌استاندارد مختلفی، که بسیاری از آنها در ابتدا برای اهداف‌دیگری توسعه داده شده بودند، برای موارد مختلف کاربرددر سیستم های اندازه گیری به کمک کامپیوتر ایجاد شده اند.اساسا آین رابط ها را می توان بر اساس نحوه انتقال‌داده به عنوان رابط های سریال یا موازی طبقه بندی کرد.

رابط های‌سریال

رابط های‌سریال ارسال می کنند**کلمات داده**(نامیده می شود **بایت**) یک بیت در یک زمان. الف**بیت**کوچکترین واحد قابل‌انتقال داده است و فقط می تواند مقدار «صفر» یا «یک»داشته باشد. گیرنده باید بیت های دریافتی را به بایت های‌کامل یا کلمات تبدیل کند. یک بایت از 8 بیت تشکیل‌شده است. رابط ها در تعریف فیزیکی خود از سطح الکتریکی‌و زمان متفاوت هستند.

رابطV.24/RS232C

رابطکاربری**V.24/RS232C**در استاندارد RS232C ایالات متحده‌تعریف شده است. رابط RS232C یک اتصال یک به یک‌مبتنی بر ولتاژ بین دو دستگاه است. بسته به دستگاه، بین۳ تا ۲۱ خط برای ارتباط در هر دو جهت استفاده می شود.اولین دستگاه، کامپیوتر یادآتاتی‌ترمینال ای تجهیزات(DTE). دستگاه دوم به عنوان**محیطی**دستگاه. این دستگاه‌جانبی می تواند یک DTE (یک کامپیوتر و غیره) یادآتا ج‌ارتباطات‌ای‌تجهیزات (DCE). الف**مودم**برای مثال، یک DCE است.

دوخط داده برای‌دآتاج‌ارتباطات: داده های ارسالی (TxD) ور دریافت‌دخطوط)RxD(ATA. کنترل و**خطوط سیگنال**برای هماهنگی‌بین شرکت کنندگان تعریف شده اند و می توانند طبق‌نظر سازنده به صورت جداگانه مورد استفاده قرار گیرند.سطوح الکتریکی در جدول زیر نشان داده شده است.

نوع‌خط	سطح+3 ولت تا +15 ولت	سطح-3 ولت تا -15 ولت
خط‌داده	صفرمنطقی	منطق‌یک، حالت بیکار
خط‌کنترل	روشن	خاموش
خط‌سیگنال	روشن	خاموش

جدول۳.۳سطوح الکتریکی RS232C

برای‌سایر سطوح ولتاژ خارج از ۱۵- تا ۳- ولت و ۳+ ولت تا + ۱۵ولت، تخصیص منطقی تعریف نشده است. سرعت‌انتقال داده استاندارد ۳۰۰، ۶۰۰، ۱۲۰۰، ۲۴۰۰، ۴۸۰۰، ۹۶۰۰ و۱۹۲۰۰ باود ۱(باود = ۱ بیت بر ثانیه) می تواند برای رایانه های‌شخصی استفاده شود.
رابطRS232C بیش از هر چیز به عنوان یک رابط اقتصادی کامپیوتربرای چاپگرها، مودم ها، دستگاه های فکس و ابزارهای‌اندازه گیری استفاده می شود. با این حال، فقط برای‌حداکثر طول 20 فوت قابل استفاده است و در شرایط تداخل‌الکترومغناطیسی بالا قابل استفاده نیست.

رابطRS485

معایب‌رابط RS232C، به ویژه عدم مصونیت آن در برابر تداخل‌و محدودیت به 2 دستگاه، منجر به توسعه ...**رابط RS485**این رابط قادر به انتقال همان پروتکل داده سریال رابطRS232C است، اما از نظر فیزیکی طوری تعریف شده است‌که حداکثر 32 دستگاه استاندارد را می تواند به هم متصل‌کند. با رابط RS232C، سطوح ولتاژ ثابتی نسبت به زمین‌تعریف می شود. از سوی دیگر، با رابط RS485، یک ولتاژسیگنال VA-VB بین دو هادی A و B با مقدار |VA-VB| ثابت‌می شود۰.۳≤ ولت. سطح مطلق نسبت به زمین می تواندبسیار متفاوت باشد؛ آنچه مهم است اختلاف ولتاژ است.

هادی های‌A و B باید توسط مقاومت ها خاتمه داده شوند تااز انعکاس در حین انتقال سیگنال جلوگیری شود. در اینجا تعریف‌وضعیت سیگنال مطابق جدول ۴.۳ است.

نوع‌خط	وی‌ای - وی بی‌ی≤ ۳.۰+ ولت	وی‌ای - وی بی‌ی≥ ۳.۰- ولت
خط‌داده	صفر منطقی	منطق‌یک، حالت‌بیکار
خط‌کنترل	روشن	خاموش
خط‌سیگنال	روشن	خاموش

جدول۴.۳ سطوح الکتریکی RS485

بااین رابط می توان به مصونیت بیشتر در برابر تداخل و همچنین‌نرخ انتقال داده بالا در فواصل طولانی حداقل ۱۰۰۰ فوت‌و اغلب تا ۱۵۰۰ فوت دست یافت. بنابراین، اکثر پیشرفت های‌اخیر در زمینه فیلدباس (به جدول ۸.۳ مراجعه کنید) بر اساس این تعریف رابط هستند.

استاندارد**IEC** برای نسخه **Ex** رابط **RS485**

طبق‌تعریف اولیه، رابط RS485 به دلیل احتمال جریان های بسیاربالا و انرژی های احتراق، برای کاربرد در مناطق مستعدانفجار مناسب نیست. این امر باعث توسعه یک فرم‌اصلاح شده از RS485 شد که در استاندارد ISA-SP50 / IEC تعریف شده است.

یکی‌از ویژگی های مشترک این اصلاحیه و RS485 پایه، مفهوم‌انتقال سیگنال با معکوس کردن قطبیت دو هادی، یعنی‌انتقال ولتاژ متناوب است. در این حالت، حالت استاتیک‌خط دیگر حامل داده نیست، بلکه جهت معکوس قطبیت‌است. این روش همچنین به عنوان انتقال لبه شناخته‌می شود.

دنباله‌لبه	معنی
ابتدالبه ی صعودی، سپس لبه ی نزولی	منطق‌یک
اول‌نزولی، سپس صعودی	صفر منطقی

جدول۵.۳ انتقال لبه

مزیت‌این روش این است که جریان عبوری حداقل است، به این‌معنی که به طور متوسط توان بسیار کمی نیاز است. این‌یک شرط ضروری برای استفاده در مناطق مستعد انفجاراست.

انتقال‌فرکانس صوتی

باوجود شبکه های تلفنی، انتقال داده های اندازه گیری از طریق‌خطوط تلفن امکان پذیر است. با این حال، انتقال از طریق‌شبکه های تلفنی به فرکانس های ۳۰۰ هرتز تا ۳۰۰۰ هرتزمحدود می شود که مربوط به محدوده فرکانس گفتار انسان‌است. بنابراین، لازم است که معنای منطقی صفر و یک‌به کدهای فرکانس صوتی تبدیل شود.

داده های‌گرافیکی و داده های عمومی کامپیوتری در فرکانس های‌صوتی کدگذاری شده و به ترتیب توسط دستگاه‌فکس و مودم ارسال می شوند، در حالی که داده های‌دریافتی رمزگشایی می شوند. این فرآیند بر اساس مشخصات202S و 202T شرکت بل انجام می شود.

اسمارت‌یا هارت®پروتکل

انتقال‌فرکانس صوتیایده اساسی پشت SMART یا HART است®پروتکل، کاربردی از حلقه جریان 4 تا 20 میلی آمپرکه به طور گسترده در دسترس است. این روش نیزبر اساس مشخصات 202S و 202T شرکت بل است. تعاریف‌بیشتر را می توان در "مشخصات پروتکل ارتباطات HART-SMART" از Rosemount Inc. یافت. جریان مستقیم‌حلقه جریان همچنان نشان دهنده مقدار اندازه گیری‌شده است. این مقدار با فرکانس های صوتی 1200هرتز و 2400 هرتز که برای ارتباط دیجیتال سریال بین مبدل‌دیجیتال و یک کامپیوتر شخصی یا دستگاه دستی استفاده‌می شوند، همپوشانی دارد. حداکثر سرعت انتقال داده‌به 2400 بیت بر ثانیه محدود می شود. بنابراین، انتقال سریع‌داده های اندازه گیری امکان پذیر نیست، اما سرعت برای‌بازرسی و پیکربندی مبدل ها و برای اهداف سرویس و نگهداری‌به اندازه کافی بالا است. یک مزیت ویژه - اما همچنین‌یک محدودیت - استفاده از سیم کشی حلقه جریان موجوداست. با این حال، هزینه های رابط نسبتا بالا است.

گسترش‌این رویکرد به یک میدان ساده، روش DROP-MULTI را به وجود آورده است. در این حالت، حلقه جریان ازعملکرد انتقال سیگنال اندازه گیری خود صرف نظر می کندو فقط برای منبع تغذیه استفاده می شود. جریان ۴ میلی آمپردر هر مبدل تنظیم می شود. حداکثر ۱۵ شرکت کننده‌که توسط یک استاد (master) اداره می شوند،می توانند به صورت موازی متصل شوند. در این چیدمان،مقدار اندازه گیری شده نیز باید به صورت دیجیتالی منتقل‌شود که برای ۱۵ شرکت کننده به معنای زمان پاسخ حدود۱ ثانیه است. این معمولا بَرای اندازه گیری دما کافی است‌اما برای اندازه گیری فشار غیرقابل قبول است.

دردراز مدت، روش MULTI-DROP و HART®پروتکل قادر به‌تحمل چالش گذرگاه های میدانی واقعی نخواهد بود. مزیت‌استفاده از سیستم های هادی موجود برای تأسیسات جدیدصدق نمی کند و هزینه های بالاتر رابط یک عامل منفی‌است.

مدولاسیون‌فاصله پالس

بامدولاسیون فاصله پالس، روشی که از نظر فنی به انتقال فرکانس‌مربوط می شود، مقدار اندازه گیری شده با فاصله زمانی‌بین دو پالس جریان یا پالس ولتاژ نشان داده می شود.گیرنده زمان بین پالس ها را اندازه گیری کرده و مقداراندازه گیری شده را بر این اساس محاسبه می کند. رابطه‌ریاضی بین مقدار اندازه گیری شده (متغیر فرآیند) و زمان‌فاصله می تواند خطی باشد، مانند رابط های ولتاژ و جریان.در موارد دیگر، مانند سنسورهای دمای کوارتز، فرکانس‌سنسور مستقیما تَوسط فاصله پالس نشان داده می شود.با این ترتیب، گیرنده باید رابطه غیرخطی بین فرکانس‌و متغیر فرآیند را در نظر بگیرد. این روش به ویژه برای‌سنسورهای تبدیل فرکانس، مانند مبدل های کوارتز یا موج‌سطحی وابسته به دما، مفید است. با در هم آمیختن پالس های‌منفرد، می توان چندین مقدار اندازه گیری شده را حتی‌با وضوح بالا به صورت اقتصادی منتقل کرد. گذرگاه ILTIS بر این اساس کار می کند.

مزایای‌مدولاسیون فاصله پالس عبارتند از: -
انتقال بدون تداخل توسط پالس های جریان در فواصل‌زیاد.

-در حسگرهای تبدیل فرکانس، وضوح مقدار اندازه گیری شده‌توسط وضوح وابسته به زمان گیرنده تعیین می شود.

-سیم کشی ساده (جفت سیم به هم تابیده) معمولا کَافی است.
-این روش با گذرگاه سازگار است.
-ترکیب با ارتباط داده دیجیتال سریال امکان پذیر است؛ گذرگاهMETER یک نمونه از آن است.

یکی‌از معایب مدولاسیون فاصله پالس این است که هنوز نمی توان‌همزمان نرخ بالایی از داده های اندازه گیری شده و دقت‌بالا را به دست آورد.

رابط های‌موازی دیجیتال

برخلاف‌رابط های سریال، رابط های موازی دیجیتال حداقل یکیا دو بایت کامل، یعنی ۸ یا ۱۶ بیت، را همزمان و به صورت‌موازی روی تعداد خطوط داده مربوطه منتقل می کنند.خطوط اضافی برای اهداف سیگنال و کنترل مورد نیازاست. رابط های موازی امکان تبادل سریع تر داده ها را نسبت‌به رابط های سریال فراهم می کنند. عملکرد موازی چندین‌دستگاه را می توان با هزینه کم مهندسی کرد. متأسفانه،هزینه نصب و سیم کشی به دلیل خطوط متعدد، بیشتراز رابط های سریال است.

رابطکاربری سنترونیکس

رابطCentronics پرکاربردترین رابط چاپگر در رایانه های شخصی‌است. این رابط استاندارد نشده است اما خود را به عنوان‌یک استاندارد تثبیت کرده است. همچنین به میزان محدودی‌برای انتقال داده های اندازه گیری استفاده می شود.
سطوح‌ولتاژ (TTL) 0 ولت و 5 ولت، هم منطق مثبت و هم منطق‌منفی، استفاده می شوند.

نوع‌خط	0ولت تا 0.8 ولت	۰.۳ولت تا ۵ ولت
خط‌داده	صفرمنطقی	منطق‌یک
خط‌کنترل	خاموش	روشن
خط‌سیگنال	خاموش	روشن

جدول۶.۳تعریف سطح (منطق مثبت)

باتوجه به اینکه رابط Centronics به طور گسترده به عنوان رابطکامپیوتر استفاده می شود و از سطح استاندارد TTL استفاده‌می کند، قیمت آن بسیار اقتصادی است. بااین حال، سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) پایین آن به این‌معنی است که حداکثر طول خط تنها 10 فوت امکان پذیراست. رابط Centronics منحصرا دّر آزمایشگاه استفاده‌می شود؛ برای کاربردهای میدانی فرآیندی نامناسب‌است.

رابط IEEE 488.2

IEEE 488.2 The این رابط در بین رابط های موازی جایگاه ویژه ای‌دارد. همچنین با نام های HP-IB، GP-IB، IEC 625 و ANSI MC 1.1 شناخته می شود. از زمان اولین حضورش درسال ۱۹۶۵، به یک استاندارد ثابت برای دستگاه های اتصال‌در آزمایشگاه های اندازه گیری تبدیل شده است. حداکثر۱۴ دستگاه (گوینده و/یا شنونده) می توانند به صورت موازی‌متصل شوند و یک دستگاه اصلی (Master) ارتباط را کنترل‌می کند. فناوری سطح ولتاژ TTL (به بالا مراجعه کنید) نیزدر اینجا استفاده می شود.

همانندرابط Centronics، استاندارد IEEE 488.2 نیز به طورگسترده در تجهیزات آزمایشگاهی جا افتاده است. انتقال‌موازی امکان انتقال داده با سرعت بالا تا 1.2 مگابایت‌بر ثانیه را فراهم می کند. ایمنی ضعیف در برابر تداخل‌به این معنی است که حداکثر طول خط بین دستگاه هاحدود 20 فوت (در موارد خاص تا 60 فوت) است‌که اگرچه برای آزمایشگاه کافی است، اما در زمینه فرآیندمشکل ساز است.

۲.۳.۱.۳سیستم های گذرگاه میدانی

درطول هفت سال گذشته مطالب زیادی در مورد فیلدباس هاگفته و نوشته شده است. فیلدباس یک سیستم‌ارتباطی است که می تواند برای اهداف ارتباطی، اندازه گیری‌و کنترل در فرآیندهای صنعتی مورد استفاده قرار گیرد.

مزایای‌یک فیلد باس به شرح زیر در نظر گرفته می شود.

-امکان تراکم بالاتری از داده ها را نسبت به حالت عادی فراهم‌می کند؛ این یک شرط حیاتی برای پیوند فرآیندهای تولیدصنعتی است.
-یک فیلد باس امکان انعطاف پذیری بیشتری در تولید را فراهم می کند.
-ارتباط از طریق کامپیوتر در تمام سطوح کنترل امکان پذیراست.
-سطح بالاتری از دقت اندازه گیری و انتقال نسبت به فناوری‌آنالوگ امکان پذیر است.

-ذخیره سازی ساده و سریع داده ها مبتنی بر کامپیوتر امکان‌پذیر است.
-طراحی، نصب و مونتاژ کم هزینه.
-قابلیت های خود-عیب یابی به این معنی است که سیستم های‌فیلد باس برای تشخیص خطا و تعمیر خرابی هابه تلاش کمتری برای سرویس نیاز دارند.

مدل‌مرجع *OSI* (اتصال متقابل سیستم های‌باز)

Theای‌قلم‌س‌سیستم‌من‌اتصال متقابل (OSI)**مدل مرجع** توسط‌توسعه داده شد**من**بین المللی **س**استانداردها**ای** سازمان(ISO) به عنوان استانداردی برای ایجاد سازگاری بین موارد‌مختلف عمل کند.

۷	لایه‌کاربر		رابطکاربری، برنامه کاربر
۶	لایه‌ارائه	بالاتر	ارائه‌و تبدیل داده ها مستقل از کامپیوتر
۵	لایه‌همگام سازی	پروتکل-لایه ها	همگام سازی‌توابع و بررسی مجوزها، اتصالات
۴	لایه‌انتقال		تبدیل‌آدرس ها و مسیرها، تعریف آدرس فیزیکی
۳	لایه‌شبکه		قوانین‌اتصال و ساختار برای ارتباط بین شبکه ها
۲	لایه‌پروتکل داده	انتقال	توابع‌امنیت داده، تشخیص خطای انتقال برای یک بسته داده
۱	لایه‌فیزیکی	لایه های‌پروتکل	تعریف‌فیزیکی اتصال (سطح الکتریکی، دوشاخه، مکانیک)

جدول۷.۳مدل OSI از لایه های پروتکل

دستگاه ها،رابط ها و تولیدکنندگان. برای این منظور، سیستم‌ارتباطی به صورت سلسله مراتبی در هفت «لایه پروتکل»ساختار یافته است (جدول 3.7).

بین‌لایه های مجاور رابط هایی وجود دارد. در حالت ارسال، داده هاتوسط لایه کاربر به پایین ترین لایه منتقل می شوند ولایه های مختلف، داده های ارسالی را به شیوه ای مختص به‌هر لایه تغییر می دهند یا گسترش می دهند. در نهایت، لایه‌فیزیکی اتصال به لایه فیزیکی گیرنده را برقرار می کند. سپس‌بازیابی مختص به هر لایه در گیرنده انجام می شود. با تبادل‌ساده داده ها بین لایه های مجاور، این امکان وجود داردکه لایه ها تا حد زیادی مستقل از یکدیگر تعریف شوند.

نیازی‌به سیستم های گذرگاه میدانی برای پر کردن تمام لایه های‌مدل OSI نیست. هرچه لایه های بیشتری وجود داشته‌باشد، گذرگاه جهانی تر اما در عین حال پیچیده تر و زمان برتراست. بسته به کاربرد، تقاضاهای مختلفی به گذرگاه‌داده می شود. ماشینکاری فلز نیاز داردزمان **پاسخگویی‌اتوبوس**به عنوان یک**شرایط بلادرنگ**در موارد دیگر،یعنی اندازه گیری های میدانی هیدرولوژیکی، زمان های‌پاسخ در محدوده دقیقه کافی است. جدول 3.8 مروری‌بر گذرگاه های میدانی مختلف به همراه داده های مشخصه‌و زمینه های کاربرد فعلی آنها ارائه می دهد.

۴.۱.۳پردازش و ارزیابی سیگنال

پس‌از اینکه سیگنال اندازه گیری به شکل استاندارد به مرکز کنترل‌رسید، باید برای سیستم کنترل فرآیند نمایش داده و پردازش‌شود و برای اهداف مستندسازی ذخیره شود. نمایش‌سیگنال اندازه گیری برای چشم انسان قبلا حیاتی بود زیرا"انسان" در آن صورت فرآیند را با مداخله مستقیم کنترل‌می کرد. پاسخ خودکار عمدتا بّه مدارهای ایمنی و آلارم هامحدود می شد. امروزه سیستم ها خودکار هستند. مقدارراندازه گیری شده توسط کامپیوتر یا سیستم کنترل فرآیندارزیابی شده و بر اساس آن برای تنظیم فرآیند استفاده‌می شود. نمایش مقدار اندازه گیری شده فقط به عنوان‌اطلاعات عمل می کند. مداخله انسان در زنجیره کنترل‌فقط در مواقع اضطراری ضروری است. الزامات لازم موردنیاز مرکز کنترل تجهیزات‌بر این اساس تغییر کرده اند.

۱.۴.۱.۳نشانگرهای آنالوگ و دیجیتال

نشانگرهای‌مقدار اندازه گیری شده، سیگنال اندازه گیری را تبدیل‌کرده و مقدار اندازه گیری شده را به صورت نوری ارائه‌می دهند. آن ها به عنوان دستگاه های نصب توکار برای‌پنل های دیواری، دستگاه های رومیزی (همچنین به عنوان‌دستگاه های مستقل شناخته می شوند) و دستگاه های‌نصب در اتاقک طراحی شده اند. نشانگرهای مقدار‌اندازه گیری شده هنوز هم مهمترین رابط انسان/ اطلاعات‌در سیستم های اندازه گیری هستند.

سیستم های‌نشانگر آنالوگ

نشانگرهای‌آنالوگ مقدار اندازه گیری شده را به صورت نوری وبا کمک یک مقیاس نشان می دهند. در این حالت، آنالوگ به‌این معنی است که یک اشاره گر یا میله، مقدار اندازه گیری‌شده را روی مقیاس به طور مداوم، یعنی بدون هیچ پرشی‌بین نقاط، نشان می دهد.
مثال هاشامل نشانگرهای عقربه ای روی فشارسنج ها، دماسنج های‌مکانیکی (به بخش ۳.۴.۱ و بخش ۶.۲ مراجعه کنید) و سرعت سنج های وسایل نقلیه موتوری است. مهندسان‌قدیمی تر همچنین ابزارهای سیم پیچ متحرک و گالوانومترهارا برای نشان دادن مقادیر الکتریکی به خاطر خواهندداشت.

مزایای‌نشانگرهای آنالوگ عبارتند از:

-خوانش سریع و با کیفیت بالا، حتی از فاصله دور - تشخیص واضح روندها، یعنی تغییرات ارزش در واحدزمان.
-آنها به ویژه به عنوان شاخص های صفر مفید هستند.

معایب‌نشانگرهای آنالوگ عبارتند از:

-آنها در معرض فرسودگی مکانیکی و پیری هستند. - اینرسی مکانیکی زمان پاسخ را با سیگنال های اندازه گیری سریع‌محدود می کند.
-هیسترزیس مکانیکی یک عدم قطعیت اندازه گیری اضافی‌است.
-وضوح تصویر محدود است.

ثبت کننده های‌دیجیتال با یک قلم رنگی برای ثبت سیگنال اندازه گیری‌به عنوان تابعی از زمان روی نوار کاغذی پیوسته، مدت هاست‌که برای مستندسازی سیگنال های الکتریکی آنالوگ‌مورد استفاده قرار می گیرند.

دستگاه‌های ثبت وقایع مزایای زیر را دارند.
-ارائه و ذخیره مستقیم متغیرهای فرآیند به عنوان تابعی‌از زمان.
-روندها را می توان به راحتی «با یک نگاه» شناسایی کرد زیراچشم انسان قادر است منحنی ها را به راحتی تجزیه و تحلیل‌کند.

معایب‌آنها عبارتند از:
-وضوح تصویر توسط زمان و فناوری سیگنال محدود می شود.
-دستگاه های ثبت وقایع به ارتعاشات و تأثیرات محیطی‌حساس هستند.

دستگاه های‌ثبت وقایع (لاگرها) قبلا طّراحی کاملا آنالوگ داشتندو محصولات مکانیکی دقیقی با دقت بالا محسوب می شدند.با این حال، مدت هاست که فناوری دیجیتال جای‌دستگاه ثبت وقایع کلاسیک را گرفته است. به طور کلی،دستگاه های ثبت وقایع امروزی، رایانه هایی با ورودی های‌آنالوگ و یک چاپگر یکپارچه هستند. معایب ذکر شده‌در بالا تا حدودی توسط فناوری ذخیره سازی، پردازش پیچیده‌و نمایشگرهای اضافی جبران می شوند.

سیستم های‌نشانگر دیجیتال

شاخص های‌دیجیتالمقدار اندازه گیری شده را با استفاده ازنمایش الفبایی-عددی نمایش دهید. الفبایی-عددی به این معنی‌است که فقط از ارقام و حروف استفاده می شود.

نشانگرهای‌دیجیتال مزایای زیر را دارند.
-وضوح بالا با توجه به تعداد دلخواه رقم اعشار برای هر مورد جداگانه‌امکان پذیر است.

-آنها خیلی سریع هستند.
-اطلاعات اضافی، یعنی پیام های خطا یا واحدهای فیزیکی،نیز می توانند ارائه شوند.
-از نظر اقتصادی مقرون به صرفه هستند و هیچگونه استهلاک‌مکانیکی ندارند.
-در استفاده انعطاف پذیر هستند.

معایب‌شاخص های دیجیتال عبارتند از:
-شناسایی روندهای ارزش اندازه گیری دشوار است.

-آنها برای عملکرد به عنوان شاخص های صفر مناسب نیستند.

شاخص های‌دیجیتال برای نمایش اندازه گیری های جریان حلقه(0 میلی آمپر تا 20 میلی آمپر یا 4 میلی آمپر تا 20 میلی آمپر) استفاده می شوند. به عنوان دستگاه های حلقه غیرفعال،آنها توان خود را از حلقه جریان 4 تا 20 میلی آمپر می گیرند.دستگاه های حلقه فعال با توان خارجی تغذیه می شوند.شاخص دیجیتال به عنوان یک مولتی متر دیجیتال،به طور کامل جایگزین ابزارهای آنالوگ در آزمایشگاه‌شده است. برخی از طرح ها نه تنها مقادیر اندازه گیری‌عددی را نشان می دهند، بلکه اندازه گیری را به
صورت‌یک صفحه نمایش نیمه آنالوگ یا اشاره گر نیز ارائه می دهند.این امر شناسایی روندها را آسان تر می کند.



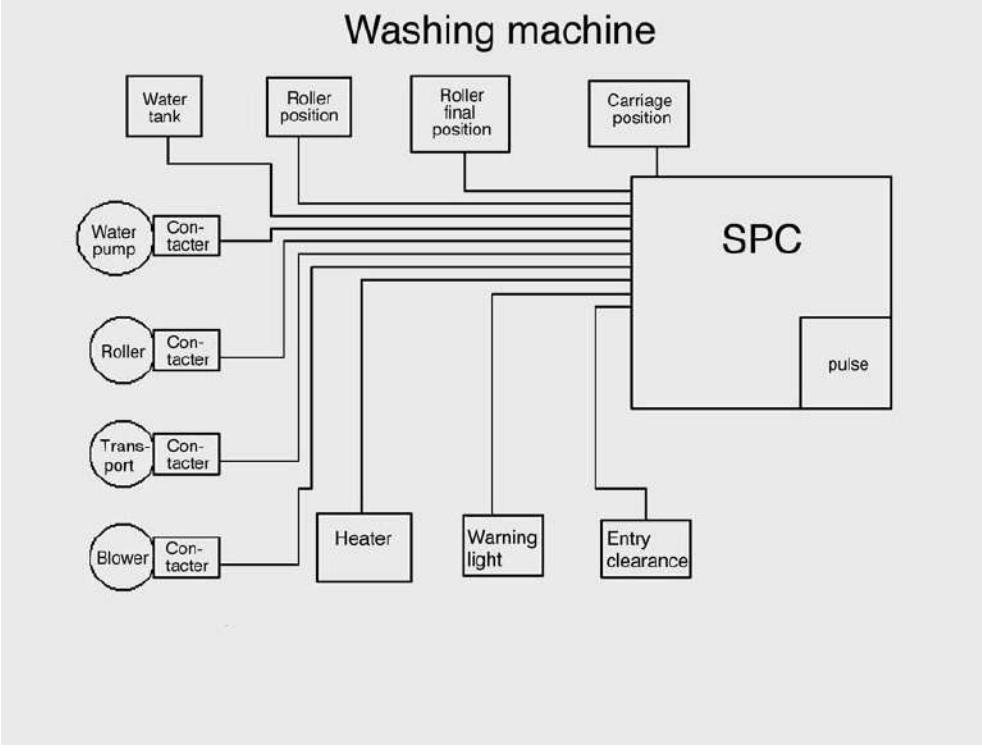
شکل۱۳.۳یک نشانگر دیجیتال

گسترش‌مداوم سیستم های کنترل فرآیند و سیستم های اندازه گیری‌مبتنی بر کامپیوتر، اهمیت نشانگرها و ثبت کننده هارا به عنوان دستگاه های جداگانه کاهش می دهد.از یک سو، آنها به عنوان "پنجره" در صفحه نمایش ادغام‌می شوند، از سوی دیگر، عملکرد ذخیره سازی آنها توسط‌دیسکت انجام می شود.

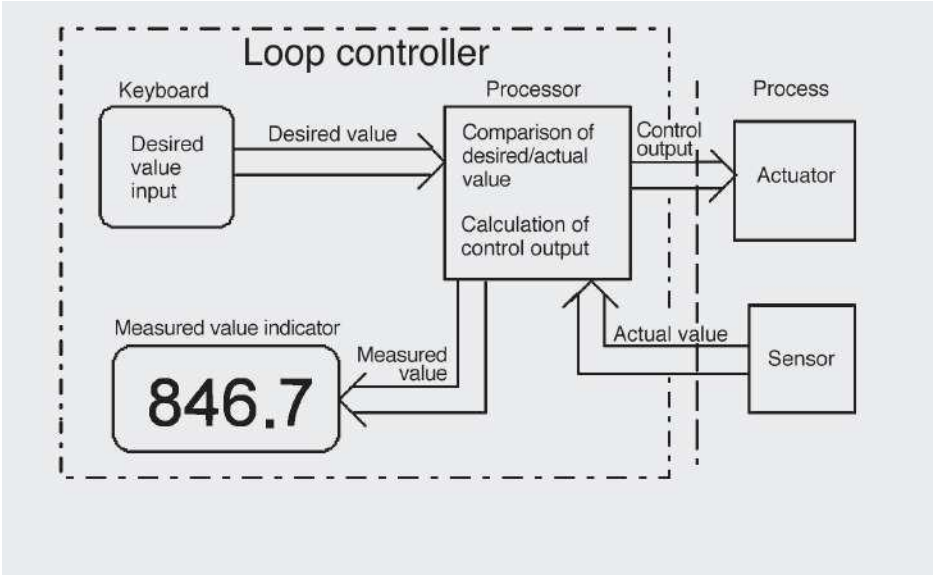
۲.۴.۱.۳کنترل کننده های برنامه ذخیره شده (SPC)

The‌هاپاره شده‌ص‌روگرام‌چ‌کنترل کننده (اس پی سی) که قدمت‌آن به دهه هفتاد میلادی برمی گردد، برای فناوری اندازه گیری‌فرآیند، مانند کنترل کننده عددی (NC) برای تجهیزات‌پردازش مکانیکی است. این روش را می توان با برنامه های‌ماشین لباسشویی کنترل شده با عقربه زمانی نیز مقایسه‌کرد، با این تفاوت که

.قادربه انجام توابع کنترلی بسیار پیچیده تری هستند ،"S7" هادر سیستم های تولیدی، ماشین های پردازش پیچیده و درکارخانه های شیمیایی کوچک استفاده می شوند.
نسل های‌جدید که اکنون وارد بازار می شوند، یعنیSPC
.امروزه‌به طور گسترده در صنعت استفاده می شود "S5"
.به‌طور انعطاف پذیری قابل برنامه ریزی است.
سیگنال های‌اندازه گیری مختلف از حسگرها - که در ابتدا فقطدیجیتال بودند، اما اکنون آنالوگ نیز هستند - با استفاده‌از یک ماژول کامپیوتری، به صورت منطقی/ریاضی بارابط های خروجی دیجیتال روی یک رله داخلی (باس) مرتبطمی شوند. در داخل کامپیوتر، یک برنامه کاربری با کدگذاری‌عددی، رابط های رله را برای محرک ها بر اساس چرخه‌زمانی و منطق مرتبط، به کار می اندازد و در نتیجه فرآیندتولید را کنترل می کند SPC



شکل۳.۱۴نمونه ای از یک سیستم SPC



شکل۳.۱۵حلقه کنترل

۳.۴.۱.۳کنترل کننده های حلقه

حلقه‌عادی امروز**کنترل کننده**کل زنجیره اندازه گیری شامل ورودی‌حسگر، پردازش سیگنال، ارائه، پردازش بیشتر و کنترل‌محرک را در یک دستگاه واحد ترکیب می کند. یک رابطورودی برای پارامترسازی و ورودی مقدار ترجیحی نیز گنجانده‌شده است. کنترل کننده حلقه، حلقه کنترل کلاسیک نظریه‌اطلاعات را به صورت فشرده نشان می دهد (شکل 3.15).

کنترل کننده های‌حلقه بر اساس نوع الگوریتم، یعنی استانداردمحاسبات داخلی آنها، طبقه بندی می شوند. بین کنترل کننده های‌حلقه دو نقطه ای، کنترل کننده های حلقه تناسبی(کنترل کننده های P)، کنترل کننده های تناسبی-انتگرالی(کنترل کننده های PI)، کنترل کننده های تناسبی-تفاضلی(کنترل کننده های PD) و کنترل کننده های تناسبی-انتگرالی-تفاضلی (کنترل کننده های PID) تمایز قائل می شوند.آخرین مرحله توسعه که خود را تثبیت کرده است، ...**فناوری فازی**که تجربه انسانی از فرآیند تولید را در کنترل کننده‌حلقه برنامه ریزی می کند.

شکل«قوانین رفتاری». کنترل کننده های فازی در عملکرد کنترلی‌خود پایدارتر و اغلب مؤثرتر از کنترل کننده های حلقه ای‌کلاسیک هستند.



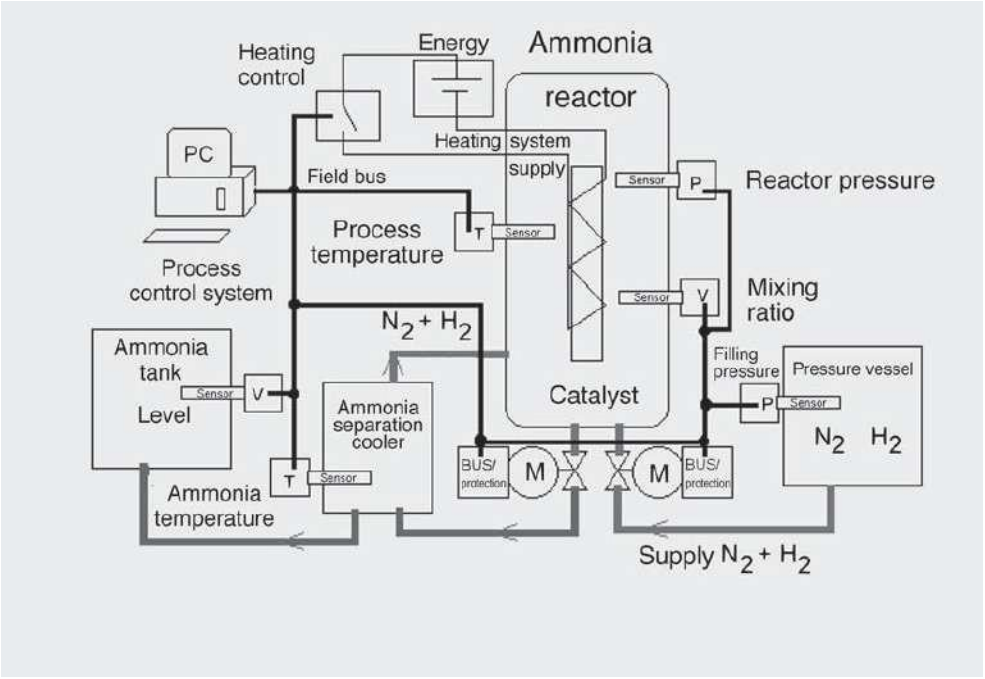
شکل۳.۱۶کنترل کننده های حلقه

۳.۴.۱.۴ارزیابی به کمک کامپیوتر

یک‌سیستم کنترل فرآیند ممکن است نیاز به عملیات منطقی‌ریاضی پیچیده بین مقادیر اندازه گیری شده توسط حسگرداشته باشد. اغلب فرآیند اندازه گیری و فرآیند تولید بایدانعطاف پذیر باشند تا کارآمدترین نصب حاصل شود. در این‌موارد، تاسیسات بزرگ توسط یک سیستم کنترل فرآیند وفرآیندهای در مقیاس آزمایشگاهی توسط یک کامپیوتر شخصی‌کنترل می شوند. کامپیوتر تمام عملیات منطقی بین‌مقادیر اندازه گیری شده را انجام می دهد، آنها را ذخیره می کند،به صورت گرافیکی ارائه می دهد و محرک ها را در فرآیندکنترل می کند. به عبارت دیگر، تمام عملکردهای کنترل‌حلقه، ثبت وقایع و مستندسازی را انجام می دهد.

مقادیراندازه گیری شده را می توان از طریق یک گذرگاه IEEE درآزمایشگاه یا یک گذرگاه میدانی در محل، توسط کامپیوتر جمع آوری‌کرد. مستندسازی پارامترهای خاص دستگاه، تاریخچه‌تعمیر و نگهداری و الزامات سرویس نیز در کامپیوتر انجام‌می شود. با فراگیرتر، ارزان تر و قدرتمندتر شدن کامپیوترها،کنترل کننده حلقه ای و ثبت کننده کلاسیک احتمالا تقریبا به طور کامل از بین خواهند رفت.

نمودارزیر (شکل 3.17) به عنوان مثال، یک سیستم با کمک کامپیوتر(PC) با گذرگاه میدانی (field bus) برای تولید آمونیاکرا نشان می دهد.



شکل۳.۱۷ مثال(شماتیک) از یک سیستم با کمک کامپیوتر برای سنتز آمونیاک

۲.۳ کالیبراسیون

فشارو دما به عنوان متغیرهای اندازه گیری شده، نقش مهمی‌در فرآیندهای تولید صنعتی ایفا می کنند. کیفیت محصول،ایمنی عملیاتی و اقتصاد تقریبا هَمیشه با ثبت دقیق‌و قابل اعتماد این متغیرهای فرآیند ارتباط مستقیم دارند.شرایط کاری دشوار مانند تنش مکانیکی مداوم، شدید وضربه و لرزش و همچنین دماهای بالا بر دقت و قابلیت اطمینان‌ابزارهای اندازه گیری فشار و دما تأثیر می گذارند. حتی‌پس از تنها یک یا دو سال کارکرد، قابلیت اطمینان چنین‌اندازه گیری هایی مورد سوال قرار می گیرد. آیا ویژگی های‌ابزار تغییر کرده است؟ آیا مقادیر داده شده با مقادیر اندازه گیری شده یکسان هستند؟ آیا دقت ابزار هنوز درمحدوده خطای مشخص شده قرار دارد؟ فقط کالیبراسیون‌منظم می تواند در این زمینه اطمینان را تضمین‌کند.

۱.۲.۳ مقدمه ای بر فناوری کالیبراسیون

۱.۱.۲.۳ کالیبراسیون، اعتبارسنجی و تنظیم

کالیبراسیوندر فناوری اندازه گیری، به معنای تعیین انحرافات‌در اندازه گیری روی دستگاه اندازه گیری نهایی است.هنگام کالیبراسیون هیچ کار مکانیکی روی دستگاه انجام‌نمی شود. در مواردی که دستگاه های اندازه گیری نشانگرمورد نظر هستند، متغیر اندازه گیری شده با کالیبراسیون‌انحراف در اندازه گیری بین نمایشگر و متغیر اندازه گیری‌شده صحیح یا آن مقداری که به عنوان مقدار صحیح‌معتبر است، تعیین می شود. در مورد اندازه گیری مواد،انحراف در اندازه گیری بین داده های روی برچسب و مقدارصحیح تعیین می شود. برای دستگاه های اندازه گیری فرستنده،این انحراف در اندازه گیری بین مقدار سیگنال خروجی‌و مقداری است که این سیگنال باید در شرایط انتقال‌ایده آل و مقدار ورودی اعلام شده داشته باشد.

تنظیمدر فناوری اندازه گیری، به معنای تنظیم یا جبران یک ابزاراندازه گیری (یا یک معیار مادی) است به گونه ای که انحرافات‌در اندازه گیری تا حد امکان کوچک نگه داشته شوندیا سهم انحرافات اندازه گیری از حدود خطا تجاوز نکند. درنتیجه، تنظیم مستلزم عملی است که عموما آبزار اندازه گیری‌یا ماده مورد اندازه گیری را به طور دائمی تغییر می دهد.

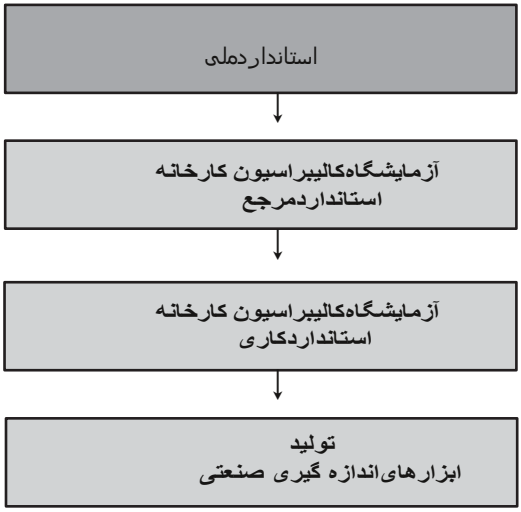
The**اعتبارسنجی**اعتبارسنجی یک ابزار اندازه گیری (و همچنین‌اندازه گیری یک ماده) شامل آزمایش و مهر زدن توسطمراجع مسئول کالیبراسیون مطابق با استانداردهای کالیبراسیون‌می شود. این امر با آزمایش مطابقت ابزار اندازه گیری‌ارائه شده با مشخصات اعتبارسنجی، یعنی اینکه‌آیا الزامات مربوط به داده های مشخصه و ویژگی های فناوری‌اندازه گیری آن را برآورده می کند، به ویژه در مورد اینکه‌آیا سهم انحراف اندازه گیری از حد (حدهای) خطا تجاوز نمی کند،تعیین می شود. با مهر زدن ابزار، تأیید می شود که ابزاراندازه گیری در زمان آزمایش این الزامات را برآورده کرده استو به دلیل شرایط آن، می توان انتظار داشت که در طول‌دوره تا تاریخ تعیین شده برای اعتبارسنجی مجدد، در محدوده‌تلرانس داده شده باقی بماند، مشروط بر اینکه مطابق‌با قوانین فناوری با آن رفتار شود. قانون تعیین می کندکه کدام ابزارهای اندازه گیری مشمول اعتبارسنجی اجباری‌هستند و کدام ابزارها نیستند.

اصطلاح«اعتبارسنجی» فقط باید به معنای واقعی آن استفاده‌شود و نه برای تنظیم و کالیبراسیون عمومی.

۲.۱.۲.۳ قابلیت ردیابی کالیبراسیون

کلمه‌انگلیسی**قابلیت ردیابی**روشی را توصیف می کند که طی‌آن می توان اندازه گیری نشان داده شده توسط یک ابزار اندازه گیری(یا یک ماده اندازه گیری شده) را با یک استاندارد ملی‌مقایسه کرد. یک ابزار اندازه گیری (یا یک ماده اندازه گیری‌شده) در هر یک از این مراحل با یک استاندارد مقایسه‌می شود که انحراف اندازه گیری آن از قبل با کالیبراسیون‌به یک استاندارد سطح بالاتر تعیین شده است. این‌یک سلسله مراتب کالیبراسیون را مطابق شکل 3.18 زیرارائه می دهد.

موسسه‌ملی استانداردها و فناوری□NIST" استانداردهای ملی‌را تدوین و بایگانی می کند. آزمایشگاه های کالیبراسیون دارای‌گواهینامه، □استانداردهای مرجع□ موجود را دارند که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم با استانداردهای ملی مرتبط هستند.



شکل۳.۱۸ سلسله مراتب کالیبراسیون

۳.۱.۲.۳عدم قطعیت اندازه گیری هنگام کالیبراسیون

عدم‌قطعیت اندازه گیری ها، تخمینی از آن بخش از نتیجه اندازه گیری‌یا کالیبراسیون است که محدوده مقادیری را که مقادیرواقعی کمیت مورد اندازه گیری در آن قرار دارد، مشخص‌می کند. این پس از انجام اصلاحات برای همه خطاهای‌سیستماتیک است. مشاهدات زیر در مورد عدم قطعیت‌اندازه گیری بر اساس راهنمای بیان عدم قطعیت اندازه گیری‌در کالیبراسیون ها است.

کمیتی‌که باید اندازه گیری شود (اندازه گیرنده) Y، یک کمیت خروجی‌یا برآیند نامیده می شود. این کمیت به تعدادی از کمیت های‌ورودی X بستگی دارد.منx_i و y بنابراین، مقادیر تخمینی G. طبق تابع)v_i = 1,2,...v(من‌در ارزیابی عدم قطعیت‌کلی در نتیجه یک اندازه گیری استفاده می شوند.

$$y = G_y (x_1, x_i, ..., x) \quad (3-9)$$

هنگام‌بررسی عدم قطعیت اندازه گیری، ابتدا بین دو حالت تفاوت‌قائل می شویم:

الف) نتیجه اندازه گیری شده به صورت مجموعه ای از اندازه گیری هادر دسترس است که از تعداد زیادی از مقادیر منفردکه مستقل از یکدیگر تحت شرایط یکسان به دست آمده اند،به دست آمده اند.

ب) نتیجه اندازه گیری شده، حاصل یک اندازه گیری واحد است.

کمیت های‌اندازه گیری شده ی مکرر

عدم‌قطعیت اندازه گیری از یک جزء اتفاقی (خطای تصادفی) ویک جزء سیستماتیک (خطای تصادفی) تشکیل شده است. **خطای‌تصادفی** را می توان به صورت آماری با انجام اندازه گیری های‌مکرر تحت شرایط یکسان تعیین کرد، **شرایط‌تکرار شونده**واریانس اندازه گیری شده تنها توسط یک‌ناظر با استفاده از یک ابزار اندازه گیری تحت شرایط یکسان‌روی یک شیء اندازه گیری یکی پس از دیگری تعیین می شود.در نتیجه، خطاهای سیستماتیک قابل تشخیص نیستند.زمانی می توان از شرایط قابل مقایسه صحبت کرد که‌ناظران مختلف در مکان های مختلف، یک مقدار اندازه گیری‌شده را با استفاده از ابزارهای اندازه گیری مختلف‌از یک نوع روی یک شیء اندازه گیری شده با روش یکسان‌تعیین کنند. تفاوت در خطاهای سیستماتیک ناشناخته‌را می توان با انجام این مقایسه تشخیص داد.

برای‌تعیین مقدار تخمینی x_iمن‌برای مقدار X، مقدار میانگین حسابیV_iاز فرد، ارزش های Vای جی.ایجاد شده و توسط خطای‌سیستماتیک شناخته شده اصلاح می شود. در این حالت،یک عدم قطعیت باقیمانده از طریق خطای سیستماتیک‌ناشناخته که در طول اصلاح نادیده گرفته شده است،باقی می ماند که فقط می توان آن را تخمین زد)$10 > n$(اندازه گیری n از یک سری ،)$j = 1...n$(

میانگین-انحراف حسابی‌تی‌روی مقدار واحد V_iاز مقدار متوسطV $_i$انحراف معیار تجربی S نامیده می شود.نسخه ۱۰

$$x_i = {}_i = \frac{1}{n} \cdot \sum V_{i,j} \quad (3-10)$$

$$S_{vi} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum (v_{i,j} - \overline{v}_i)^2} \qquad (3\text{-}11)$$

$$S_{xi}^2 = \frac{1}{n} \cdot S_{vi}^2 \qquad (3\text{-}12)$$

مقادیرواحد و کمیت های تاثیرگذار

اگرفقط یک مقدار برای مقدار X شناخته شده باشد، می توان‌آن را مقدار تخمینی X فرض کرد. اگر بتوان مقادیر محدودکننده‌خاصی را به سمت بالا و پایین a برای این مقدارفرض کرد، یعنی حدود خطای یک ابزار اندازه گیری، این‌منجر به فرمول زیر با فرض تقسیم مستطیلی مقدار میانگین‌تخمینی و واریانس تخمینی می شود:

$$x_i = \frac{1}{2} \cdot (a_{0,i} + a_{u,i}) \qquad (3\text{-}13)$$

$$S_{xi} = \frac{1}{12} \cdot (a_{0,i} - a_{u,i})^2 \qquad (3\text{-}14)$$

اگراختلاف بین دو مقدار حدی a باشد
الف‌به‌صورت 2a تعیین شده باشد، آنگاه معادله 3-12 به صورت زیر خواهد بود:
ساده‌شده برای واریانس تخمین زده شده:

$$S_{xi}^2 = \frac{1}{3} \cdot a_i^2 \qquad (3\text{-}15)$$

محاسبه‌عدم قطعیت کل اندازه گیری

برای‌محاسبه عدم قطعیت کل اندازه گیری u واریانس های منفردSاز متغیر تأثیرگذار x خلاصه می شوند تا واریانس حاصلS به دست آید.اگر متغیر اندازه گیری Y تابعی خطی ازعامل تأثیرگذار x باشد، آنگاه رابطه زیر معتبر است:

$$S_y^2 = \sum_{i=1}^{v} S_{xi}^2 \qquad (3\text{-}16)$$

من=1
دراین مورد، v تعداد متغیرهای تأثیرگذار مختلف است.
انحراف‌معیار حاصل S برابر با جذر واریانس S است.

درمورد توزیع نرمال، ضریب K=2 به این معنی است که محدودیت های‌عدم قطعیت کلی برای سطح اطمینان تقریبا 95٪است.
عدم‌قطعیت کل اندازه گیری u از طریق ضرب در ضریب k=2 (که به صورت عدم قطعیت بسط داده شده است) مطابق‌با معادله 3-15 بدست می آید:

$$u = k \cdot S \qquad (۳\text{-}۱۷)$$

درگواهی های کالیبراسیون، نتیجه اندازه گیری y و عدم قطعیت‌کلی u باید به شکل (y + u) ارائه شود. یک یادداشت‌اضافی باید حاوی محتوای زیر باشد:

عدم‌قطعیت گزارش شده به صورت انحراف معیار ضربدر ضریب‌دو، یعنی k=2 بیان می شود. انحراف معیار از سهم عدم‌قطعیت های ناشی از استاندارد اندازه گیری، از روش کالیبراسیون‌و شرایط محیطی، و از هرگونه سهم کوتاه مدت ازجسم مورد کالیبراسیون محاسبه شد.

درگواهی های کالیبراسیون، عدم قطعیت اندازه گیری هیچ اثربلندمدتی مانند فرسودگی نمونه را در نظر نمی گیرد.

۲.۲.۳کالیبراسیون ابزارهای اندازه گیری فشار

هنگام‌کالیبراسیون ابزارهای اندازه گیری فشار، استانداردها و نمونه هاتحت فشار یکسانی قرار می گیرند. کالیبراسیون با مقایسه‌مقادیر ارائه شده توسط نمونه و استاندارد انجام می شود.استاندارد همچنین می تواند یک استاندارد مرجع باشد،به عنوان مثال یک دستگاه تست وزن مرده یا یک استانداردکاری که از یک استاندارد مرجع استنباط شده است.بین دو روش کالیبراسیون تمایز قائل می شود:

الف) کالیبراسیون بر اساس قرائت نمونه
ب) کالیبراسیون طبق قرائت استاندارد.

به‌عنوان یک قاعده کلی**کالیبراسیون بر اساس قرائت نمونه**برای همه گیج های عقربه ای استفاده می شود. در این‌حالت، فشار طوری تنظیم می شود که عقربه با علامت روی‌عقربه نمونه تا حد امکان با فشار مورد نیاز مطابقت داشته‌باشد.

نقطه‌اندازه گیری. در نتیجه، هنگام خواندن مقدار اندازه گیری‌شده روی نمونه، خطای ناشی از درون یابی حذف‌می شود. مقدار واقعی واریانس اندازه گیری شده از روی‌استاندارد خوانده می شود. این منوط به این است که نقاط‌اندازه گیری به گونه ای انتخاب شوند که عقربه بتواند روی‌یک علامت روی صفحه مدرج را بپوشاند.

به‌عنوان یک قاعده کلی**کالیبراسیون طبق قرائت استاندارد**برای مبدل های اندازه گیری فشار یا فشارسنج های‌دارای نمایشگر دیجیتال استفاده می شود. فشارطوری تنظیم می شود که مقدار مرجع با مقدار فشار موردنیاز مطابقت داشته باشد. سپس مقدار نشان داده شده‌از روی نمونه خوانده می شود.



شکل۱۹.۳ کالیبره‌کردن گیج عقربه ای دقیق باوزن ثابت

ازمایش‌کننده.

۱.۲.۲.۳کالیبراسیون با دستگاه تست وزن مرده

اصول‌عملکرد دستگاه تست وزن مرده در بخش 1.3.1.3 موردبحث قرار گرفته است. دستگاه های تست وزن مرده دردرجه اول به عنوان استاندارد مرجع برای اندازه گیری فشار استفاده‌می شوند. دستگاه های تست وزن مرده داخلی WIKA، استانداردهای مرجع WIKA را برای کالیبراسیون فشاراز 5 اینچ آب تا 150000 PSI نشان می دهند. این دستگاه های‌تست وزن مرده برای کالیبراسیون استانداردهای‌کاری، به عنوان مثال دستگاه های تست وزن مرده‌با دقت کمتر، سنسورهای لوله بوردون کوارتز، مبدل های‌فشار الکتریکی و گیج های عقربه ای دقیق، استفاده‌می شوند. این ابزارها مبنای وسیع تری برای استانداردهای‌کاری ارائه می دهند که کالیبراسیون کارآمد را ممکن‌می سازند.

یک‌تستر وزن مرده اغلب به عنوان یک استاندارد اولیه نامیده‌می شود زیرا فشار متغیر اندازه گیری شده از واحدهای‌اصلی SI (وزن، گرانش، مساحت) استنباط می شود.تسترهای وزن مرده از یک ابزار اساسی با یک یا چندسیستم سیلندر پیستونی برای محدوده های مختلف فشارو همچنین مجموعه های وزن اضافی با 20 تا 40 درجه بسیاردقیق تشکیل شده اند.**وزن مخصوص**سیستم سیلندرپیستونی ممکن است برای به حداقل رساندن نیروهای‌اصطکاکی به روغن به عنوان روان کننده نیاز داشته باشد.با این حال، سیستم هایی نیز وجود دارند که به گونه ای‌طراحی شده اند که نیازی به روان کننده اضافی ندارند.از روغن یا هوای خشک به عنوان واسطه انتقال فشار استفاده‌می شود.

بااین حال، نیتروژن، هلیوم، آب و سیالات هیدرولیک متنوع نیزبرای آزمایش کنندگان وزن مخصوص استفاده می شوند.

کمیت های‌مشخصه خاص یک دستگاه تست وزن مرده، وزن های‌اندازه گیری شده دقیق جرم ها در طول کالیبراسیون‌آنها و همچنین اندازه گیری مساحت مؤثر پیستون‌است. این کمیت ها به طور مستقیم اندازه گیری نمی شوند،بلکه به طور غیرمستقیم با انجام اندازه گیری های مقایسه ای‌با سایر دستگاه های تست وزن مرده با دقت بالا یابا ... تعیین می شوند.**ستون های جیوه**مجموعه وزنه ها به‌گونه ای ساخته می شوند که وزنه ها در کنار سیستم سیلندرپیستون مورد استفاده، یک مقدار فشار اسمی ارائه دهند.این مقدار اسمی اغلب برای اندازه گیری های نسبتاً تقریبی،با دقت های بالاتر از 0.1٪، کافی است. با این حال، اگربهترین دقت ممکن برای یک تستر وزن مرده مورد نیاز باشد،باید محاسبه مقدار فشار انجام شود. عواملی که باید درمحاسبه مقدار دقیق فشار در نظر گرفته شوند عبارتند از: دمای‌اتاق که بر انبساط حرارتی ناحیه پیستون تأثیر می گذارد،شناوری وزنه ها در هوای اطراف آنها و شتاب موضعی‌ناشی از گرانش g.این عوامل در محاسبه نیروی وزن‌وارد بر سطح مؤثر پیستون لحاظ می شوند. $F=m\cdot g$در این‌مورد

برای‌محاسبه فشار از فرمول زیر استفاده می شود:

$$p = g_l \cdot \frac{m \cdot (1 - \rho_L / \rho_M)}{A_0 \cdot (1 + (\alpha + \beta) \cdot t\text{-}20) + \lambda p_e)} \cdot 10^{-5}$$

with p in bar (3-18)

دراین حالت، g_l شتاب موضعی ناشی از گرانش، $\alpha + \beta$ ضریب‌دما برای سیستم سیلندر پیستون، λp ضریب تغییر شکل‌پیستون تحت فشار، m مجموع تمام وزن های داده شده، A مساحت پیستون در 20 درجه سانتیگراد است.درجه .چگالی‌جرم ها ،ρ چگالی هوا در حین اندازه گیری و ρ_L ،C متر

کالیبراسیون‌گیج های فشار با عدم قطعیت اندازه گیری‌پایین

گیج های‌فشار دقیق (عدم قطعیت اندازه گیری)< 0.1%) به عنوان‌یک قاعده کلی مستقیما بَر اساس استانداردهای مرجع‌کالیبره می شوند. نمونه باید حداقل به مدت 12 ساعت‌در یک اتاق اندازه گیری با تهویه مطبوع قرار گیرد تا با دمای‌مورد نیاز تنظیم شود. چیدمان اندازه گیری به گونه ای تنظیم‌شده است که هنجار مرجع و نمونه در یک سطح (سطح‌مرجع) قرار گیرند تا اختلاف فشار ناشی از اختلاف ارتفاع‌از بین برود. هر نقطه اندازه گیری ابتدا با فشار رو به افزایش‌انجام می شود و پس از تثبیت فشار، نمونه و استانداردبا یکدیگر مقایسه می شوند. پس از اینکه حداکثر مقدارنقطه آزمایش با بالاترین فشار به دست آمد، باید حداقل10 دقیقه صبر کرد تا نقاط اندازه گیری در جهت افت‌فشار، یکی پس از دیگری در سری دوم اندازه گیری ها تنظیم‌شوند. در جهت افزایش فشار، مقدار اندازه گیری شده‌باید همیشه با مقدار استاندارد مطابقت داشته باشد. به‌طور مشابه، در جهت افت فشار، مقدار اندازه گیری شده بایدبا مقدار استاندارد مطابقت داشته باشد.

۲.۲.۲.۳کالیبراسیون با کنترل کننده لوله بوردون کوارتز

مانومترلوله بوردون کوارتز به عنوان استاندارد کار

استانداردهای‌مشتق شده از استاندارد مرجع (به اصطلاح **استانداردهای‌کاری**) می توانند، برای مثال، تسترهای وزن مرده‌با دقت پایین، مانومترهای کوارتز، مبدل های فشار الکتریکی‌با استفاده از اصول حسگر مختلف (سیلندر ارتعاشی،دیاپازون کوارتز، پیزومقاومتی، DMS) و حتی فشارسنج های‌دقیقی باشند که قبلا بَر اساس استاندارد مرجع‌کالیبره شده اند. **مانومترهای لوله بوردون کوارتزو** مبدل های‌فشار الکتریکی با سیلندرهای ارتعاشی و دیاپازون های‌کوارتزی قبلا دَر بخش 1.3.2.2 توضیح داده شده اند.این ابزارها به دلیل پایداری بالا و تکرارپذیری خوب مقادیراندازه گیری شده، به عنوان استانداردهای کاری مناسب‌هستند، به عنوان مثال برای کالیبراسیون روزانه سنسورهای‌فشار صنعتی. مانومتر لوله بوردون کوارتزی، که همراه‌با یک مرکز کنترل فشار دقیق، یک ... را تشکیل می دهد.**کنترل کننده لوله بوردون کوارتز**، به ویژه مناسب‌است.

محدوده‌اندازه گیری فشار این کنترل کننده های لوله بوردون کوارتزبین 70 میلی بار و 170 بار است. به عنوان یک قاعده کلی،از نیتروژن یا هوای خشک به عنوان محیط آزمایش استفاده‌می شود. علاوه بر این، کنترل کننده های لوله بوردون‌کوارتز را می توان برای کالیبراسیون فشار مطلق (15 PSI و بالاتر) و فشار تفاضلی نیز طراحی کرد و می توان آنها رابه رابط کامپیوتری مجهز کرد. این امر امکان کالیبراسیون رافراهم می کند که با آن می توان فشار پایدار را به طور دقیق‌تنظیم و بسیار دقیق اندازه گیری کرد. بنابراین، کالیبراسیون‌با کنترل کننده لوله بوردون کوارتز می تواند به راحتی‌خودکار شود، به خصوص هنگامی که نمونه ها حسگر فشاربا سیگنال خروجی الکتریکی هستند.

عدم‌قطعیت اندازه گیری این ابزارها تقریبا 0.01٪ از مقیاس کامل‌است. مانومتر لوله بوردون کوارتز در محفظه حسگر کنترل‌دما در کنترلر قرار دارد؛ در نتیجه، در مدت زمان طولانی‌بسیار پایدار است و فقط سالی یک بار نیاز به کالیبراسیون‌مجدد دارد.

کالیبراسیون‌ترانسمیترهای فشار

ترانسمیترهای‌فشار برای کالیبراسیون از یک منبع ولتاژ تثبیت شده‌تغذیه می شوند. ولتاژ طوری تنظیم می شود که بامقدار میانگین مقادیر حد مجاز برای جریان کمکی نشان داده‌شده روی پلاک مشخصات، که به طور کلی 20 ولت است،مطابقت داشته باشد. خروجی ولتاژ به یک مولتی متر دیجیتال‌مناسب متصل می شود. در مواردی که ترانسمیترهابا خروجی جریان مورد نظر هستند، معمولا آز یک‌شنت خارجی با مقاومت 100 اهم استفاده می شود. پس‌از پیش گرمایش به مدت تقریبی 30 دقیقه، فشارهای آزمایش‌یکی پس از دیگری توسط سیستم کنترل کامپیوتری دریک فرآیند افزایش و کاهش با کنترل کننده لوله بوردون کوارتزتنظیم می شوند و مقادیر اندازه گیری شده توسط مولتی متردیجیتال ثبت می شوند. نتایج به طور کامل توسطکامپیوتر تجزیه و تحلیل می شوند. این شامل تولید گواهی‌کالیبراسیون نیز می شود.



شکل۳.۲۰ میزکار کالیبراسیون خودکار برای سنسورهای‌فشار

۳.۲.۲.۳کالیبراسیون با واحدهای کالیبراسیون سیار

کالیبراتورهای‌فشار قابل حمل عمدتا در بخش خدمات استفاده‌می شوند. در این موارد، ابزار اندازه گیری اغلب نمی تواندار کارخانه خارج شود، یا فقط با دشواری بسیار زیادی‌انجام می شود و کالیبراسیون ها در محل انجام می شوند.این مزیت را دارد که انحراف در اندازه گیری کل ... زنجیره‌اندازه گیری شامل مبدل فشار، کابل و نشانگر یا واحد ارزیابی،به ترتیب، می تواند تعیین شود.

دراین حالت، ابزارهای اندازه گیری برای آزمایش، به ویژه مانومترها،با یک شلنگ فشار به پمپ آزمایش سیستم کالیبراسیون‌متصل شده و تحت فشار آزمایش قرار می گیرند.یک سیستم کالیبراسیون قابل حمل، به عنوان مثال **سیستم PCS از WIKA**، از یک پمپ دستی پنوماتیکی‌یا هیدرولیکی ساخته شده است که با آن می توان فشارهای‌آزمایشی را از چند اینچ H2O تا 15000PSI ایجاد کرد.در اینجا از مبدل های فشار الکتریکی به عنوان استانداردداستفاده می شود. این مبدل ها قبلا به همراه یک واحداندازه گیری دستی دیجیتال، به عنوان مثال WIKA، کالیبره‌شده اند. **مانومتر سرویس دستی**، به یک استانداردرتبه بالاتر. برای اهداف کالیبراسیون، استاندارد ونمونه به داخل آداپتور مناسب رزوه شده و توسط لوله‌آزمایش تحت فشار قرار می گیرند. تنظیم دقیق بااستفاده از پیچ تنظیم روی پمپ انجام می شود که با آن

فشارروی مانومتر تحت آزمایش را می توان با تغییر حجم‌فشار مورد آزمایش به طور منظم تنظیم کرد. فشارواقعی از روی فشارسنج دیجیتال با عدم قطعیت0.25٪ بر اساس حد r محدوده مؤثر استاندارد خوانده‌می شود.



شکل۳.۲۱ سیستم‌کالیبراسیون قابل حمل WIKA PCS-H1000، کالیبراسیون‌مانومتر

۴.۲.۲.۳توضیحات خطا برای کالیبراسیون گیج های‌فشار

طبق‌رویه شرح داده شده در بخش 3.2.1.3، عدم قطعیت اندازه گیری‌برای دو عملیات کالیبراسیون معمول از عوامل مؤثری‌که در کالیبراسیون مربوطه رخ می دهند، تعیین می شود.

کالیبراسیون‌مانومتر لوله بوردون کوارتز با تستر وزن مرده

به‌عنوان مثال، کالیبراسیون در فشار 100 PSI (هوا) با یک تستروزنی کالیبره شده به عنوان استاندارد شرح داده شده است.طبق گواهی کالیبراسیون، عدم قطعیت اندازه گیری u استانداردعبارت است از+ 0.01% از مقدار اندازه گیری شده.فشار اندازه گیری شده با دستگاه تست وزن مرده برای حذف‌خطای سیستماتیک شناخته شده تنظیم می شود. مانومترلوله بوردون کوارتز مجهز به سنسور 400 PSI است. همانطورکه از برگه اطلاعات مشاهده می شود، حداکثر خطای‌اندازه گیری به دلیل تکرارپذیری و پایداری در محدوده دمایی50، 0.005% از حد بالای محدوده موثر است.درجه‌تا ۸۶Fدرجه،این مقدار برای نمونه کوتاه مدت فرض شده است.نمایشگر دیجیتال مورد استفاده برای نمایش سیگنال اندازه گیری‌شده، بر اساس مقدار مربوط به سیگنال خروجی،عدم قطعیت اضافی 0.01٪ ایجاد می کند. بنابراین F.

خطای‌اندازه گیری+ .در نظر گرفته شود. حداکثر هیسترزیس که‌در طول اندازه گیری رخ می دهد، 7.5 · 10 تخمین زده می شودPSI باید در 100 PSI 0.01-3.تراز کردن در طول کالیبراسیون،خطای ناشی از اختلاف ارتفاع بین استاندارد و نمونه‌را جبران می کند .PSI −

کالیبره‌کردن گیج های عقربه ای با دستگاه تست وزن مرده

به‌عنوان مثال، کالیبراسیون در فشار 1000 PSI (هوا) با یک تستروزنی کالیبره شده به عنوان استاندارد شرح داده شده است.طبق گواهی کالیبراسیون، عدم قطعیت اندازه گیری u استانداردعبارت است از:+ 0.01% از مقدار اندازه گیری شده‌مربوطه. گیج عقربه ای، نوع 342.11، که قرار است کالیبره‌شود، دارای دقت ... است. ±0.1٪ از طول. خطای خواندن‌فرض می شود+ و برابر با 1/5 مقیاس تقسیم. نوسانات‌دمای محیط 0.2 PSI+ ۱ کلوین باعث ایجاد خطا در نتایج‌اندازه گیری شده توسط گیج های عقربه ای با ۰.۰۴٪ بر کلوین‌تا ... می شود.+ .تخمین زده می شود. تراز کردن در طول‌کالیبراسیون، خطای ناشی از اختلاف ارتفاع بین استانداردو نمونه را جبران می کند PSI حداکثر هیسترزیس که‌در طول اندازه گیری رخ می دهد 0.2 .0.4 PSI −

منبع‌خطا		psi بر حسب a من	الف‌من حسب پی اس آی	س‌ری‌س‌ب پی اس آی	توجه‌داشته باشید
استاندارد	۱	۲-۱۰ ۱.۴۵	4-۱۰ ۲.۱۰	6-۱۰ ۰.۷۰۱	مطابق‌با معادله ۱۵-۳
پایداری‌کوتاه مدت نمونه	۲	۲-۱۰ ۱.۸۱	4-۱۰ ۳.۲۹	4-۱۰ ۱.۱۰	مطابق‌با معادله ۱۵-۳
تأثیردما بر نمونه	۳	۲-۱۰ ۱.۴۵	4-۱۰ ۲.۱۰	6-۱۰ ۰.۷۰۱	مطابق‌با معادله ۱۵-۳
عدم‌قطعیت از طریق هیسترزیس	۴	۲-۱۰ ۱.۰۹	4-۱۰ ۱.۱۸	6-۱۰ ۰.۳۹۴	مطابق‌با معادله ۱۵-۳
انواع‌منتج Sy۳بر حسب پی اس آی۳				4-۱۰ ۲.۸۹	مطابق‌با معادله ۱۶-۳
انحراف‌معیار حاصل، Sy بر حسب psi				4-۱۰ ۱.۷۰	
عدم‌قطعیت کل اندازه گیری،±)2 = k(psi بر حسب u				4-۱۰ ۳.۴۰	مطابق‌با معادله ۱۷-۳

جدول۹.۳ عدم‌قطعیت اندازه گیری هنگام کالیبراسیون مانومتر لوله بوردون کوارتز با تستر وزن مرده

منبع خطا		psi بر حسب a من	الف، من حسب پی اس آی،	س، برحسب پی اس آی،	توجه داشته باشید
استاندارد	۱	۰.۱۴۵	۲.۱ ۰ ۱۰-۲	۷.۰۱ ۰ ۱۰-۳	مطابق با معادله ۱۵-۳
تأثیر دما بر نمونه	۲	۰.۵۸	۳.۲۶ ۰ ۱۰-۱	۱.۱۲ ۰ ۱۰-۱	مطابق با معادله ۱۵-۳
خطای خواندن نمونه	۳	۰.۲۹	۸.۴۱ ۰ ۱۰-۲	۳.۸ ۰ ۱۰-۲	مطابق با معادله ۱۵-۳
عدم قطعیت از طریق هیسترزیس	۴	۰.۲۹	۸.۴۱ ۰ ۱۰-۲	۳.۸ ۰ ۱۰-۲	مطابق با معادله ۱۵-۳
انواع حاصل، Sy بر حسب پی اس آی ۲					مطابق با معادله ۱۶-۳
انحراف معیار حاصل، Sy بر حسب psi				۱.۷۵ ۰ ۱۰-۱	
عدم قطعیت کل اندازه گیری، ±2(psi بر حسب u)k =				۴.۱۸ ۰ ۱۰-۱	مطابق با معادله ۱۷-۳
				۸.۳۷ ۰ ۱۰-۱	

جدول۳.۱۰ عدم قطعیت اندازه گیری هنگام کالیبره کردن گیج های عقربه ای با وزنه ثابت

ارمایش‌کننده.

۳.۲.۳ کالیبراسیون ابزارهای اندازه گیری دما

اصطلاح«کالیبره کردن دماسنج» به معنای تعیین انحراف در اندازه گیری دماسنج است.

انحراف در اندازه گیری، اختلاف بین دمای واقعی دماسنج و دمای نشان داده شده یا سیگنال خروجی است. در اینجا، به عنوان یک قاعده کلی، بین دو روش کالیبراسیون مختلف تفاوت قائل می شویم.

الف) چه زمانی **کالیبراسیون در نقاط ثابت** نمونه در معرض دمای مشخصی قرار می گیرد که معادل حالت تعادل تکرارپذیر و کاملا تعریف شده است، به عنوان مثال، دمای روی جامد شده در یک سلول نقطه ای روی آب، در استانداردهای ITS-90 تعریف شده اند. کالیبراسیون با اندازه گیری مقایسه ای در مقایسه با هزینه لازم برای تهیه اکثر نقاط ثابت، ترجیح داده می شود. دماسنج استاندارد و نمونه با قرار دادن آنها در یک واحد تمپرینگ به دمای یکسان رسانده می شوند. پس از برقراری تعادل حرارتی بین دماسنج و حمام کالیبراسیون، نمایشگر (سیگنال خروجی) نمونه با دماسنج استاندارد مقایسه می شود. دماسنج های مقاومتی دقیق پلاتین، که به عنوان دماسنج های مقاومتی استاندارد نیز شناخته می شوند، به عنوان استانداردهای مرجع استفاده می شوند. در صورتی که سایر دماسنج های دقیق با مقایسه با دماسنج های مقاومتی استاندارد کالیبره شوند، می توان از آنها نیز به عنوان استاندارد برای اهداف کالیبراسیون استفاده کرد. بالاتر از 900 درجه استفاده از ترموکوپل های پلاتینی به عنوان استاندارد رایج است.

ب) چه زمانی **کالیبراسیون با اندازه گیری مقایسه ای** یک دماسنج استاندارد و نمونه در معرض دمای ثابتی قرار می گیرند که به عنوان مثال توسط یک حمام مایع همزن دار ایجاد می شود. دمای حمام با استاندارد اندازه گیری شده و با دمای نمایش داده شده توسط نمونه مقایسه می شود.

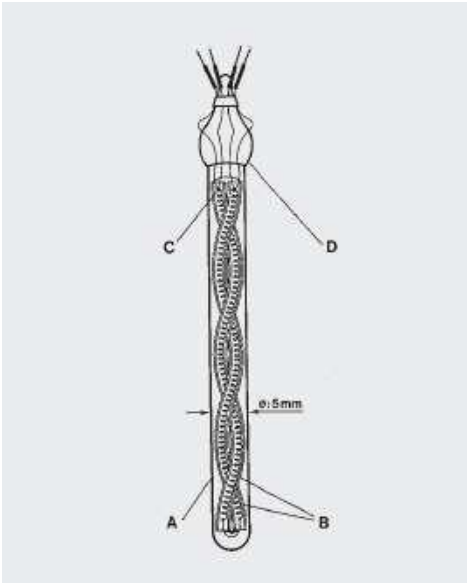
کالیبراسیون نقطه ثابت روی موادی که برای انجماد، ذوب ونقاط سه گانه مناسب هستند، انجام می شود. دمای تبدیل این مواد، در این مورد خالص ترین فلزات، گازها و

کالیبراتورهای بلوک دما امروزه اغلب برای ساده سازی کالیبراسیون دماسنج های صنعتی در محل استفاده می شوند. این دماسنج ها دارای یک بلوک فلزی عایق حرارتی و کنترل شده با دما با سوراخ هایی هستند. یک دماسنج مقاومت پلاتینی که به طور دائمی نصب شده است، به عنوان دماسنج استاندارد و کنترل عمل می کند. کالیبراسیون با مقایسه دمای نمایش داده شده توسط کالیبراتور با دمای نشان داده شده توسط نمونه یا سیگنال خروجی آن، به ترتیب، انجام می شود.

۱.۳.۲.۳کالیبراسیون با نقاط ثابت

دماسنج های‌مقاومتی استاندارد مطابق با *ITS*-90

.مقیاس‌دمای بین المللی سال ۱۹۹۰، انواع خاصی از دماسنج های‌مقاومتی پلاتین را برای استفاده به عنوان استانداردا ز -۴۳۰ تعریف می کند ،ITS-90درجه‌تا ۱۷۶۰ Fدرجه ف۲۵۹(-درجه‌سی تا ۹۶۲درجه‌ج). الزامات و جزئیات طراحی باجزئیات بیشتر در "اطلاعات تکمیلی برای مقیاس دمای بین المللی"۱۹۹۰ شرح داده شده است. دماسنج های مقاومتی‌استاندارد که مطابق با ITS-90 کالیبره شده اند، برای‌کالیبراسیون با اندازه گیری مقایسه ای جهت تعیین دمای‌واقعی در حمام های کالیبراسیون استفاده می شوند. فرمول هاو جداولی در گواهی های کالیبراسیون آنها ارائه شده‌است که با استفاده از آنها می توان مقدار مقاومت اندازه گیری‌شده را به دما تبدیل کرد. مقاومت دماسنج استانداردبا پل های اندازه گیری مقاومت AC اندازه گیری می شود.سه نسخه از دماسنج های مقاومتی استاندارد معمولا وّجود دارد.



شکل۳.۲۲ دماسنج‌کپسولی

دماسنج های‌کپسولی

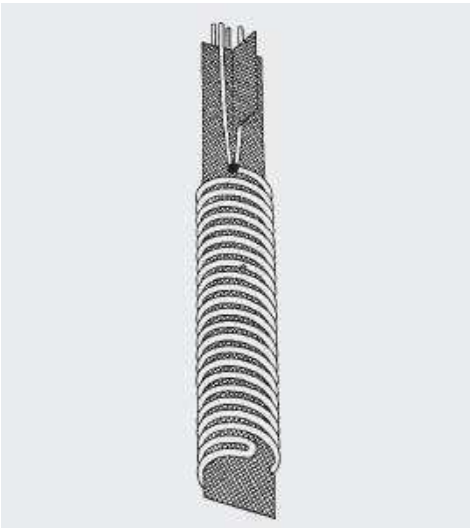
دماسنج های‌کپسولی برای دماهای پایین (شکل 3.22)، با طیف‌وسیعی از کاربردها از
۴۲۰-درجه‌تا ۴۰۰ Fدرجه‌ف (-250درجه‌سی تا ۲۰۰درجه.ذوب شده اندکه لوله محفظه را به صورت هرمتیک آب بندی می کند.مقاومت کویل اندازه گیری تقریبا ّ25 است)D(جوش‌داده شده اند. سیم ها در یک غلاف شیشه ای)C(با طول‌حدود یک اینچ (50 میلی متر) و قطر 5 میلی متر عایق بندی‌شده است. دو سیم اتصال دوتایی به انتهای کویل)A(در یک لوله محفظه پلاتینی ،)B(به دلیل طراحی کوچکشان‌برای نصب در کریوستات ها مناسب هستند. اینهابه عنوان حمام های کالیبراسیون برای اندازه گیری های مقایسه ای‌در دماهای پایین استفاده می شوند. در این
حالت،کویل پلاتینی در یک لوله شیشه ای کوارتز نازک ،)ΩC درنقطه سه گانه آب (0.018درجه‌ف).

دماسنج های‌مقاومتی استاندارد

به‌عنوان یک قاعده، دماسنج های مقاومتی استاندارد برای محدوده-310درجه‌تا ۱۱۰۰ Fدرجه‌ف (-189درجه‌سی تا ۶۰۰درجه ج) (شکل 3.23) 500 تا 600 میلی متر طول دارند و دارای لوله های‌محفظه شیشه کوارتز با قطر 7 تا 8 میلی متر یا کمتربا پوشش لوله فلزی هستند که حسگر دما و سیم های اتصال‌در آنها قرار می گیرند. در چنین مواردی، سیم پیچ اندازه گیری‌پلاتینی ساخته شده از سیم، با قطر 0.05 تا 0.1 میلی متر،به شکل یک مارپیچ دوگانه بر روی حاملی از شیشه‌کوارتز، یاقوت کبود یا سرامیک قرار می گیرد که دارای‌مقطع عرضی به شکل صلیب است و حسگر دما را تشکیل‌می دهد. از آنجایی که اکثر کالیبراسیون ها در محدوده‌دمایی فوق الذکر انجام می شوند، این نوع دماسنج استانداردا‌غلب در آزمایشگاه های کالیبراسیون یافت می شود.مقاومت سیم پیچ اندازه گیری نیز تقریبا ّ25 است. Ωدر نقطه سه گانه آب.



شکل۳.۲۳ سیم پیچ‌اندازه گیری معمولی یک دماسنج‌مقاومتی استاندارد برای دماهای‌تا ۱۲۰۰درجه‌ف



شکل۳.۲۴ عنصرحسگر یک دماسنج مقاومتی استانداردبرای دماهای بالا تا ۱۷۶۵ درجه‌ف

دماسنج های‌مقاومتی استاندارد برای دماهای بالا

دماسنج های‌مقاومتی استاندارد برای محدوده دمایی از ۳۲ درجه‌تا ۱۷۵۰ Fدرجه‌اف (0)درجه‌سی تا ۹۶۲درجه‌ج) حداقل ۶۰۰میلی متر طول دارند و فقط یک لوله محفظه شیشه کوارتزدارند. سیم پلاتینیوم روی یک صفحه کوارتز پیچیده شده‌است و به دلیل استحکام کششی مکانیکی آن که در دماهای‌بالا کاهش می یابد، قطر آن تقریبا ۰.۴ میلی متر است(شکل ۳.۲۳.) در نتیجه، مقاومت کمتری در نقطه سه گانه‌آب ایجاد می شود که بین ۳۵.۰ تا ۵ اهم است. باید به‌شیشه کوارتز توجه ویژه ای شود.**شیشه زدایی**که می تواندر اثر آلودگی جزئی سطح (به عنوان مثال، از طریق‌آثار به جا مانده از اثر انگشت) در دماهای بالا ایجاد شود.در این حالت، شیشه کوارتز می تواند کریستالی یا خرد شود.با تمیز کردن لوله کوارتز با اتانول یا اسید نیتریک 65٪ می توان‌از شیشه ای شدن آن جلوگیری کرد.

یک‌دماسنج مقاومتی استاندارد معمولا در یک مدار ۴ سیمه به‌دستگاه اندازه گیری متصل می شود. برای همه انواع، ماده‌اولیه باید بسیار خالص باشد و با دقت بسیار زیادی پردازش‌شود، زیرا کوچکترین ناخالصی منجر به فرسودگی سریع‌و تغییر در ضریب دما می شود. سیم پیچ اندازه گیری ازپلاتین خالص طیفی ساخته شده است. باید بدون فشار مکانیکی‌روی بدنه حامل نصب شود. لوله های محفظه از پیش‌مونتاژ شده دماسنج های مقاومتی استاندارد قبل از آب بندی،تخلیه و با یک گاز نجیب پر می شوند. مقدار کمی اکسیژن‌به گاز نجیب اضافه می شود تا از ایجاد جو کاهنده دردماسنج جلوگیری شود.

آلودگی‌پلاتین توسط بخارات فلزی، به عنوان مثال مس، نیکل،آهن و کروم، که در دماهای بالا از طریق لوله شیشه ای پخش‌می شوند، منجر به افزایش فرسودگی دماسنج های مقاومت‌استاندارد دمای بالا می شود.

درمقایسه با**پلاتین خالص فیزیکی**که از آن مقاومت های اندازه گیری Pt 100 ساخته می شوند، پلاتین خالص طیفی ضریب‌دمایی بالاتری برابر با $3.925 \cdot 10^{-3}$ک-1دارد.در استاندارد ITS 90 این ویژگی با نسبت مقاومت مورد نیاز برای‌دماسنج های مقاومتی استاندارد با روش ذوب بیان شده‌است.

نقطه‌گالیوم و نقطه سه گانه آب W، که باید بزرگتر یا (GA مساوی۱۱۸۰۷.۱ باشد؛ (۷۶۴۶.۳۹) W = R درجه‌ج) / ر (0.01)GA درجه‌ج) دماسنج های مقاومتی استاندارد به دلیل تکرارپذیری‌بسیار بالای مقادیر مقاومت و حداقل فرسودگی، که‌معمولا ٦ تا ۲ میلی کلوین (به ازای هر ۱۰۰۰ ساعت کاری) است،در مورد دماسنج هایی که برای حداکثر دمای کاربرد تا ۱۲۰۰درجه سانتیگراد طراحی شده اند، برجسته هستند.درجه ف.

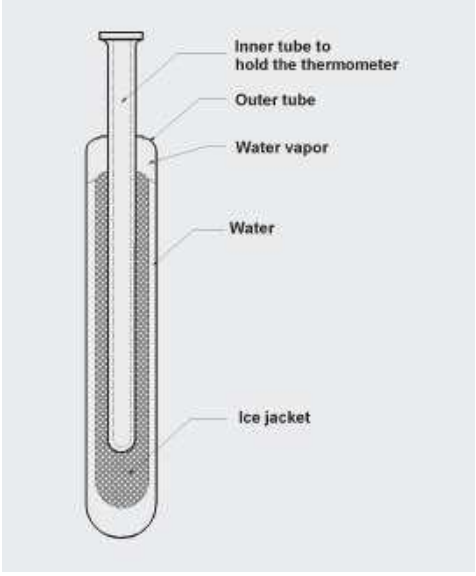
کالیبراسیون‌نقطه ثابت

نقاط‌ثابت برای کالیبراسیون دقیق دماسنج های مقاومتی استانداردPt با ITS-90 استفاده می شوند. این نقاط ثابت عبارتنداز**وزن های فاز برابر** ساخته شده از خالص ترین مواد(انجماد، ذوب و نقطه سه گانه). این مواد، دمای نقطه ثابت‌آنها و شکلی که سلول ها در ماده به خود می گیرند نیز در ITS-90 مشخص شده است. یک لوله محافظ با قطر داخلی‌تقریبا 8 ّ میلی متر در سلول نقطه ثابت نصب شده است‌تا نمونه را نگه دارد. این لوله در یک حمام مایع یا در یک‌کوره یک یا چند منطقه ای گرم می شود. در طول انتقال فاز،دمای ثابتی در داخل سلول با تکرارپذیری بسیار بالا ایجادمی شود. سلول های نقطه ثابت می توانند ظروف شیشه ای‌باز یا بسته ای را که حاوی ماده مناسب در خالص ترین‌شکل هستند، نگه دارند (>

99.9999%). در مواردی که نقاط انجماد فلز مد نظر است، فلزنقطه ثابت باید در یک فنجان گرافیتی درون یک ظرف شیشه ای‌کوارتز قرار گیرد. کالیبراسیون نقطه ثابت با عدم قطعیت‌بسیار کم اندازه گیری همراه است، 0.5 میلی کلوین تا5 میلی کلوین معمولا دّر محدوده 32.018 قرار دارند.درجه تا۱۲۰۰ F درجه‌و. از آنجایی که کالیبراسیون های نقطه ثابت، به جزکالیبراسیون با نقطه سه گانه آب، شامل هزینه های بالای‌تجهیزات و زمان هستند، استفاده از کالیبراسیون ثابت‌معمولا فقط توسط مؤسسات بزرگ استفاده می شود.به همین دلیل، این فرآیند در اینجا به تفصیل شرح داده‌شده است، با یک استثنا.

درآزمایشگاه های کالیبراسیون صنعتی، از نقطه سه گانه آب برای‌کنترل منظم دماسنج های استاندارد استفاده می شود، زیراهرگونه تغییر در دماسنج به عنوان تغییر در مقاومت در نقطه‌مرجع نیز مشاهده می شود.**نقطه سه گانه آب**برای مثال،سلول سه نقطه ای تقریبا تا دمای -20 از قبل خنک می شود.درجه‌و با تکان دادن دقیق، در تمام قسمت ها منجمدمی شود F درجهت محوری. یک لایه یخ یکنواخت و کامل باید در اطراف‌لوله داخلی سلول تشکیل شود. برای پایین نگه داشتن‌تبادل حرارتی سلول با محیط اطرافش، سلول متعاقبا دّر حمامی با دمای تقریبی 32 درجه سانتیگراد، حرارت‌داده می شود.درجه‌و. در داخل سلول، سه فاز از خالص ترین‌آب در حالت تعادل قرار دارند. این معادل دمای ثابت۰۱۸.۳۲ است.درجه.که می تواند با سازگاری زمانی بالا و تکرارپذیری‌بسیار خوب نشان داده شود. مستقل از تبادل گرمای‌خارجی سلول، گرمای نهان حاصل از تبدیل فاز در داخل‌سلول منجر به توزیع دمای همگن در نزدیکی حد فاز می شود.عدم قطعیت در اندازه گیری 5 میلی کلوین با نقطه سه گانه‌آب امکان پذیر است ،F

سلول های‌سه نقطه ای از یک بدنه شیشه ای بوروسیلیکات استوانه ای‌ساخته شده اند که در آن یک لوله داخلی ذوب شده‌است. فضای بین لوله تقریبا تا 80٪ با آب خالص (مقطر) پر شده و تحت فشار بخار آب جوش آب بندی می شود.



شکل۲۵.۳ سلول‌سه نقطه ای آب

کالیبراسیون

برای‌مثال، سلول نقطه سه گانه منجمد می تواند در یک حمام‌مایع همزن دار با مخلوطی از گلیکول و آب گرم شود. برای‌این منظور، آن را به صورت عمودی در حمام قرار می دهندتا بدنه شیشه ای بیرونی کاملا در آن غوطه ور شود وفقط لوله داخلی بیرون زده باشد. تقریبا 2 تا 5 میلی لیتر الکل‌در لوله داخلی قرار داده می شود تا تماس حرارتی بهبود یابد.نمونه از پیش سرد شده در سلول قرار می گیرد. تماس حرارتی‌خوبی با گوشته یخ که به آرامی در حال ذوب شدن است،دارد و الکل به عنوان واسطه انتقال عمل می کند. پس‌از تقریبا 15 تا 20 دقیقه، تعادل حرارتی حاصل می شودو مقادیر اندازه گیری شده قابل ثبت هستند. توصیه‌می شود حداقل سه اندازه گیری با فواصل 5 دقیقه انجام‌شود یا در صورت استفاده از دماسنج الکتریکی با رابط کامپیوتر،مقادیر اندازه گیری شده باید به طور مداوم ثبت شوند.نوسانات+ با استفاده از دماسنج های مقاومت پلاتین دقیق‌همراه با پل های اندازه گیری مقاومت جریان متناوب، دمای۱ میلی کلوین ثبت می شود. سلول های موجود در حمام‌مایع، بسته به تعداد دماسنج های نصب شده، تقریبا به‌مدت ۸ ساعت آماده استفاده باقی می مانند. اگر قرار است‌نمونه های زیادی کالیبره شوند، سلول باید از حمام خارج‌شده و بین هر بار کالیبره شدن بررسی شود. سلول تا زمانی‌که یک لایه یخ بسته در اطراف لوله داخلی وجود دارد، قابل‌استفاده است. اگر دمای حمام خیلی پایین باشد، سلول‌کاملا یخ زده و در نتیجه به طور کلی از بین می رود. اگر سلول‌خیلی سریع ذوب شود، فقط می توان چند دماسنج را کالیبره‌کرد. تنظیم بهینه کنترلر باید با آزمایش تعیین شود.

نکاتی‌در مورد استفاده از سلول سه نقطه ای

سلول‌سه نقطه ای در حمام یک روش واقعا کاربردی است. سلول‌را می توان به راحتی و به سرعت منجمد کرد و برای استفاده‌آماده نگه داشت. در صورت نیاز به عدم قطعیت اندازه گیری‌حتی کمتر (< ۵ میلی کلوین)، سپس باید از روش سه‌نقطه ای «کلاسیک» استفاده شود. در این حالت، لوله داخلی‌سلول با یخ خشک خنک می شود، حول محور طولی آن‌چرخانده می شود و گوشته یخی به شیوه ای مشخص روی‌لوله داخلی منجمد می شود. این روش زمان قابل توجهی‌می برد و در اینجا فقط برای آشنایی بیشتر ذکر شده است.

دستورالعمل های‌کاری این روش را می توان از تولیدکنندگان سلول‌دریافت کرد.

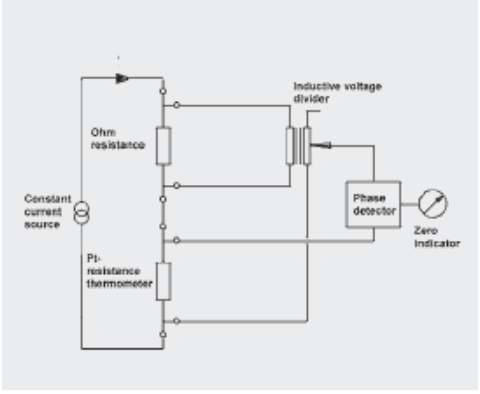
پل های‌اندازه گیری مقاومت

جدااز خواص دماسنج و عدم قطعیت نقطه ثابت، دقت اندازه گیری‌مقاومت است که عدم قطعیت اندازه گیری را هنگام‌کالیبره کردن دماسنج ها تعیین می کند.
اندازه گیری های‌دقیق مقاومت در مدارهای ۴ سیمه را می توان‌با**پل های اندازه گیری مقاومت جریان متناوب** ولتاژهای‌حرارتی پارازیتی، که در اندازه گیری های جریان مستقیم،نتیجه اندازه گیری شده را تحریف می کنند، حذف خواهندشد. مزیت برجسته استفاده از تقسیم کننده های ولتاژالقایی است. چنین تقسیم کننده هایی با خطاهای نسبی10-6تا ۱۰-8پایداری طولانی مدت بسیار خوب و مقاومت های‌خروجی پایین، امکان ساخت پل با وضوح تا 10را فراهم می کند.-5ک. رابطه بین مقاومت دماسنج و یک مقاومت‌استاندارد با پل های اندازه گیری مقاومت جریان متناوب‌اندازه گیری می شود. مقاومت های استاندارد قابل استفاده‌دارای ضرایب دمایی هستند< ۳۰۱۰-6ک-1

(23درجه‌ج)، خطای AC/DC< ۱۰-6، و پیری < ۳۰۱۰-6و می تواند باعدم قطعیت های نسبی اندازه گیری کالیبره شود a/< ۱۰.6-

مقاومت های‌استاندارددر یک ترموستات تنظیم می شوندتا+ از 0.1 کلوین تا 0.01 کلوین به طوری که ضریب‌دمایی آنها تحت تأثیر قرار نگیرد. یک جریان اندازه گیری‌فرکانس پایین ثابت و قابل تنظیم، که از طریق سیم پیچ‌دماسنج و مقاومت استاندارد جریان می یابد، برای اندازه گیری‌تولید می شود. افت ولتاژ از طریق دو مقاومت بایکدیگر مقایسه می شوند؛ ولتاژ بزرگتر از دو ولتاژ به گونه ای‌تقسیم می شود که با افت ولتاژ از طریق مقاومت کوچکتر‌مطابقت داشته باشد. یک نشانگر صفر با یک تقویت کننده‌تفاضلی، معادل بودن ولتاژ را نشان می دهد. نسبت‌تقسیم کننده تنظیم شده مربوط به نسبت دو مقاومت‌است (شکل 3.26). برای از بین بردن تأثیر ظرفیت کابل هاو اندوکتانیوهای باقیمانده، یک مدار مناسب، زاویه فازیکسانی از ولتاژها را در ورودی تقویت کننده تفاضلی تضمین‌می کند.

بااین روش اندازه گیری و با مقاومت های معمول ۲۵ اهم و ۱۰۰اهم، می توان عدم قطعیت های اندازه گیری که هنگام تبدیل‌کمتر از ۱ میلی کلوین هستند را در طیف وسیعی از دمابه دست آورد.



شکل۳.۲۶ نمودارمدار ساده شده از یک پل اندازه گیری‌مقاومت جریان متناوب

۳.۲.۳کالیبراسیون با اندازه گیری مقایسه ای

کالیبراسیون‌در حمام های ترموستاتیک

دماسنج های‌استاندارد و نمونه های مورد نیاز برای کالیبراسیون،تا حد امکان با کمک یک ماده تماسی، در یک حمام‌کالیبراسیون به دمای یکسان رسانده می شوند. به محض‌اینکه دماسنج ها و ماده تماسی در حالت تعادل حرارتی‌قرار گرفتند، دمای نمونه ها به ترتیب خوانده یا مقادیراندازه گیری شده ثبت می شوند و با دمای اندازه گیری‌شده با دماسنج استاندارد مقایسه می شوند. علاوه‌بر دماسنج استاندارد و یک ابزار اندازه گیری مقاومت مناسب،به ترتیب برای دستیابی به عدم قطعیت کم در اندازه گیری‌یا خطای انتقال کم، یک حمام کالیبراسیون نیز موردنیاز است. این حمام باید توزیع دمای فضایی همگن را تضمین‌کند.

مایعات‌حمام

خواص‌ویژه ای مانند رسانایی گرمایی خوب، ظرفیت گرمایی بالاو ویسکوزیته پایین و همچنین گردش کافی مایع ترجیح داده‌می شوند. مایعات حمام باید تا حد امکان بی اثر باشند، فشاربخار پایینی داشته باشند و از نظر شیمیایی تجزیه نشوند.آنها نباید قابل اشتعال باشند، اما باید خواص خود را تاحد امکان حفظ کنند.

وهمچنین ثبات دمایی زمانی بالا در محفظه اندازه گیری.

حمام های‌مایع تکراری

توزیع‌دمای مکانی یکنواخت، دمای زمانی بسیار ثابت را می توان‌به بهترین شکل در حمام های مایع همزن دار به دست‌آورد. هندسه حمام، مایع تمپر کننده مورد استفاده ودمایی که در آن کالیبره می شود، تا حد زیادی بر این خواص‌تأثیر می گذارند. به همین دلیل است که توزیع دماو نوسانات دما باید با آزمایش در ... تعیین شوند.

قبل‌از استفاده از حمام کالیبراسیون جدید، دماهای مختلف‌و با محیط های مختلف را بررسی کنید.

به‌عنوان یک قاعده کلی، یک حمام مایع باید عمق نصب کافی‌برای دماسنج داشته باشد، با توجه به دمای ثابت، حجم‌آن به اندازه کافی بزرگ باشد و دارای سیستم تنظیم سریع‌باشد. عمق نصب ۱۲ اینچ و حجم تقریبی ۶ گالن به عنوان‌یک قاعده کلی کافی است. همزن ها یا پمپ ها باید بدون‌لرزش کار کنند و نباید هیچ گرمای اضافی را به حمام منتقل‌کنند. بخاری مجهز به دو مدار گرمایش مستقل با ظرفیت های‌مختلف است که امکان تنظیم دقیق گرمایش رافراهم می کند، به عنوان مثال، به طوری که وقتی به دمای موردنظر رسیدید، با تغییر به ظرفیت پایین تر، محدوده تنظیم‌بزرگتری در دسترس باشد. برای کاهش گرادیان دما، عناصرگرمایش و سرمایش نباید در حمام های کالیبراسیون باخنک کننده یکپارچه از نظر فیزیکی از هم جدا باشند، بلکه بایداز نظر حرارتی به هم متصل باشند. عایق حرارتی محیطی‌خوب حمام مورد نیاز است.

محدوده	متوسط	خواص
۱۱۰-درجه‌تا ۳۲ Fدرجه‌ف	متانول	باجذب آب چسبناک می شود، سمی و قابل اشتعال است
-40درجه‌تا ۱۴۰ Fدرجه‌ف	آب/گلیکول	باجذب آب چسبناک می شود، تا حدی سمی است
۵۰درجه‌تا ۱۹۵ Fدرجه‌اف	آب	رسانایی،خواص حرارتی بسیار خوب، فشار بخار نسبتا بالا،
۱۲۰درجه‌تا ۴۰۰ Fدرجه‌اف	روغن‌سیلیکون	حذف‌دشوار
۴۰۰درجه‌تا ۹۵۰ Fدرجه‌ف	نیترات‌سدیم	ازنظر شیمیایی تهاجمی است، نباید با مواد قابل اشتعال در تماس‌باشد

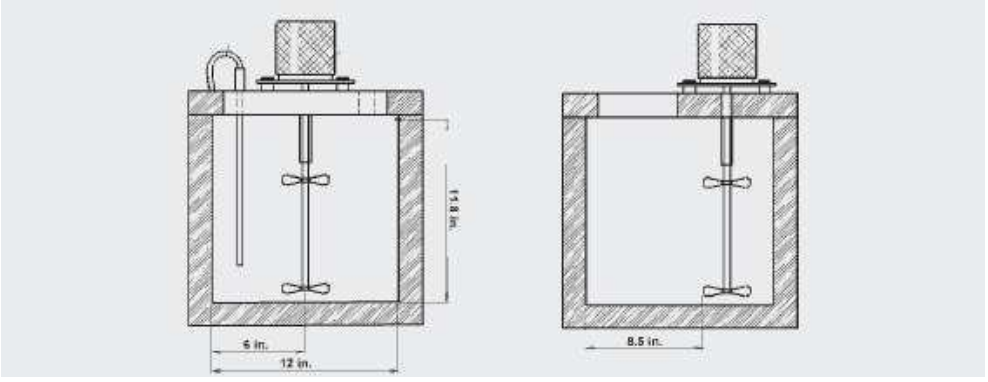
جدول۳.۱۱ مایعات حمام پرکاربرد

درطیف وسیعی از دما امکان پذیر است. در عمل هیچ مایع واحدی‌وجود ندارد که تمام این الزامات را برآورده کند. به همین دلیل‌است که از مایعات مختلف در محدوده های مختلف استفاده‌می شود (به جدول 3.11 مراجعه کنید).

دراین رابطه، انتخاب در عمل به صورت فردی انجام می شودو عموما مایعی با خواص حرارتی بهتر، صرف نظر ازخطر آن، ترجیح داده می شود. دماسنج ها را می توان مستقیما در مایع فرو برد، به جز در مورد نیترات سدیم. هنگام‌استفاده از نیترات سدیم، که تا دمای بیش از ۳۲۰ درجه‌سانتی گراد مایع نمی شود.درجه.نصب دماسنج ها در لوله های‌محافظ جدار نازک ساخته شده از فولاد مقاوم در برابرحرارت و خوردگی توصیه می شود ،F

کالیبره‌کردن حمام

نوسانات‌دمایی زمانی و تفاوت های مکانی دما در منطقه اندازه گیری(یا بهتر بگوییم در**بخش کالیبراسیون**) در داخل حمام‌باید هنگام کالیبراسیون تعیین شوند تا هنگام محاسبه عدم‌قطعیت اندازه گیری، در نظر گرفته شوند. کالیبراسیون رامی توان با دماسنج های کالیبره نشده انجام داد زیرا اندازه گیری هامربوط به اختلاف دما هستند.



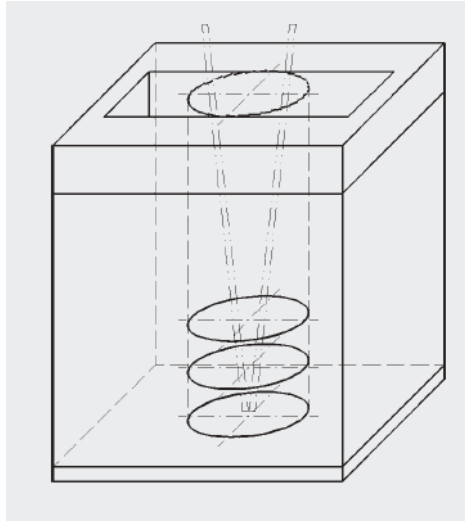
شکل۳.۲۷ نمودار ساده شده حمام مدل ۶۰۲۰

کالیبراسیون‌را می توان با دماسنج های کالیبره نشده انجام داد،زیرا تنها اختلاف در اندازه گیری دماها مورد توجه است.

حمام های‌مایع در آزمایشگاه کالیبراسیون WIKA توسط دماسنج های‌مقاومتی با قطر ۴ میلی متر و طول ۴۰۰ میلی مترو با استفاده از روش های زیر ارزیابی می شوند. در اینجافقط حمام مدل ۶۰۲۰ با استفاده از مایع روغن سیلیکون M50 شرح داده شده است. محدوده کالیبراسیون در داخل حمام‌باید قبل از کالیبراسیون تعیین شود. دماسنج ها را می توان‌با استفاده از یک فیکسچر در فاصله کمی از یکدیگر قرارداد. شکل ۳۷.۳ برش عرضی حمام مایع را نشان می دهد.

تعریف‌ناحیه کالیبره کردن

نمونه هاو دماسنج های استاندارد هنگام ارزیابی به صورت عمودی‌چیده می شوند. انتهای ساقه های آنها به همراه عنصراندازه گیری باید در یک سوم پایینی حمام با عمق غوطه وری‌تقریبی ۱۱ اینچ قرار گیرد، تقریبا بّه یکدیگر مماس باشند.این چیدمان هنگام کالیبراسیون حداکثر ۸ دماسنج به طورهمزمان به خوبی کار می کند.



شکل۳.۲۸ تعریف ناحیه کالیبره کردن

این‌ناحیه به شکل استوانه ای با حداکثر قطر تقریبی ۴ اینچ است.این محدوده از وسط دهانه حمام شروع شده و تا اینچ ازکف فاصله دارد. سطح مایع حمام 11.8 اینچ است. توزیع دمای‌فضایی در 3 سطح در عمق غوطه وری 7.25، 9.25 و 11.25اینچ تعیین شده است. از آنجا که رسانایی حرارتی ذاتی‌دماسنج ها منجر به خطا در نتایج اندازه گیری شده می شود،هیچ اندازه گیری در عمق غوطه وری بالاتر از 7.25 اینچ‌انجام نشد.

اندازه گیری‌توزیع دما

اختلاف‌دما در جهت های عمودی و افقی در محدوده کالیبراسیون‌اندازه گیری شد (شکل 3.29). اندازه گیری های مقاومت‌سه دماسنج با یک مولتی متر دیجیتال 6 و نیم رقمی‌متصل به کامپیوتر برای ارزیابی مستقیم و تبدیل مقاومت‌دمایی انجام شد.

تمام‌دماهای داده شده، مقادیر میانگین از 20 اندازه گیری انجام‌شده در طول 7 دقیقه هستند. دماسنج T همیشه در مرکزمخزن اندازه گیری قرار داشت. ۱دماسنج های T و T

۳ درسمت چپ و راست کنار هم چیده شده اند و به‌تی ۱ نوک هایشان‌با هم تماس دارد. هنگام تعیین توزیع‌شعاعی دما، انحراف دماسنج ها نسبت به یکدیگر (یعنی‌انحراف) باید ابتدا در دمای آزمایش مربوطه تعیین شود:δ

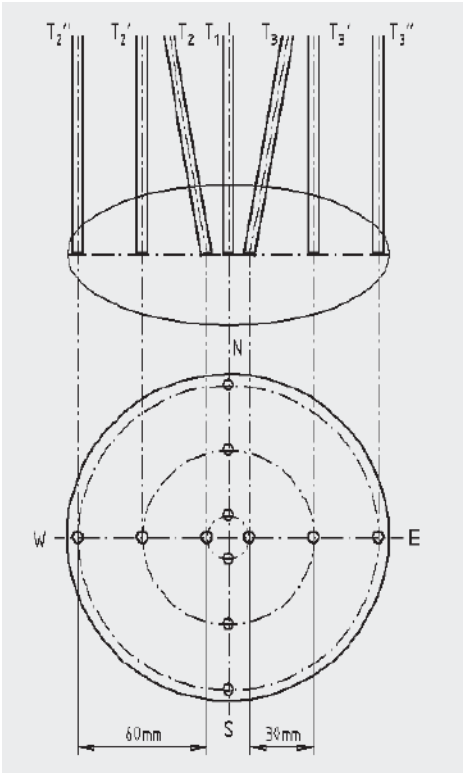
۲۱ δ و۲T - ۱T = ۲۱ بعدا۲ز این .T =

دماسنج هایT و T در مو۲قعیت ه۱ای خود قرار می گیرند. تی۲و تی ۳ و"T ۲ و"T ۲". اختلا ۲ف اندازه گیری شده دمارا به دماسنج T نسبت می دهد

سپس‌به صورت δ ' = T محاسبه م ۱ی۲شود ۳-T1 و"T ۲۱ T"= δ "۲- ۱ هستند .

همین‌امر برای دماسنج T نیز صدق می کند. اندازه گیری ها۳ درجهت WE و NS برای تمام دماهای آزمایش در سه سطح اندازه گیری‌تعیین شده انجام شد.

برای‌اندازه گیری توزیع دمای واقعی، ابتدا سه دماسنج تا عمق9.25 اینچ در مرکز محدوده کالیبراسیون فرو برده شدند.پس از اندازه گیری انحراف نسبت به یکدیگر، ۳Tتا ۲۵.۱۱غوطه ور شد



شکل۳.۲۹ چیدمان‌دماسنج برای اندازه گیری‌توزیع شعاعی دما.

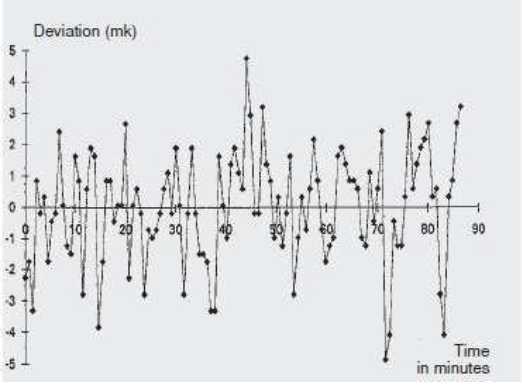
تفاوت هابا اندازه گیری اول معادل گرادیان های دمایی عمودی‌هستند (به جدول 3.12 مراجعه کنید). سهم خطای توزیع‌ناهمگن دما به صورت زیر تعیین شد:+ ۴ میلی کلوین دردایره مدرج داخلی (شعاع ۲.۱ اینچ) و+ ۷ میلی کلوین در دایره‌مدرج خارجی (شعاع ۳۵.۲ اینچ).

–

–

ثبت‌پایداری دما در طول زمان

یک‌دماسنج در مرکز محدوده کالیبراسیون تا عمق 9.25 اینچ‌فرو برده شد تا پایداری دما در طول زمان ثبت شود. پس‌از رسیدن به دمای مورد نظر، سیستم ها به المنت گرمایشی‌کوچک (200 وات) تغییر داده شدند و دما در طول مدت90 دقیقه ثبت شد. دمای حمام در این مدت به طور متوسط99.981 درجه سانتیگراد بود.درجه‌سی ۹۶۵.۲۱۱(درجه‌و)+ ۸.۱ میلی کلوین



شکل۳.۳۰ نوسانات‌دما در حمام روغن، مدل۶۰۲۰، با روغن سیلیکون در دمای۲۱۲درجه‌ف

اینچو T_2تا ۳۵.۷ اینچ اما T_1در موقعیت خود باقی ماند.

غوطه وری عمق	عمودی مرکزی	ما- اندازه گیری، افقی				اندازه‌گیری، افقی NS			
		δ_h" ۳۶.۳اینچ	δ_h' ۱۸.۱اینچ	δ_h' ۱۸.۱اینچ	δ_h" ۳۶.۳اینچ	δ_h" ۳۶.۳اینچ	δ_h' ۱۸.۱اینچ	δ_h' ۱۸.۱اینچ	δ_h" ۳۶.۳اینچ
۳۵.۷اینچ	۱.۸-	۹	۷.۲	۷.۲-	۵.۴-	۷.۲-	۱.۸	۷.۲-	۱۰.۸-	0
۳۵.۹اینچ	0	9 -	۳.۶	۳.۶-	۳.۶-	۷.۲-	۷.۲	۷.۲-	۱۰.۸-	۱۲.۶
۳۵.۱۱اینچ	۱.۸	11 -	۱.۸-	۳.۶-	0	۷.۲-	۵.۴	۷.۲-	۱۰.۸-	۱۲.۶

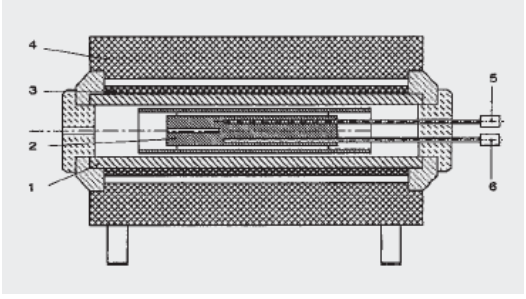
جدول۳.۱۲اندازه گیری توزیع دما در دمای ۲۱۲درجه‌ف

نحوه‌انجام کالیبراسیون با استفاده از دماسنج های مقاومتی‌به عنوان مثال

دماسنج های‌مقاومتی برای چند ساعت در دمای تقریبی 50 درجه‌سانتیگراد آنیل می شوند.درجه.بالاتر از حداکثر دمای آزمایش‌خود پس از اندازه گیری اولیه در نقطه سه گانه آب (نقطه‌یخ). پس از این، آنها به آرامی در هوای ساکن تا دمای اتاق‌خنک می شوند و دوباره در نقطه سه گانه اندازه گیری می شوند.پس از دو تا سه چرخه فرسودگی، تغییر در مقاومت‌نقطه سه گانه باید به سمت صفر کاهش یابد. دماسنج های‌مقاومتی استاندارد همچنین تغییرات ... را نشان‌می دهند F> ۱ میلی کلوین پس از مدت زمان توقف طولانی تردر دمای ۹۳۰درجه‌برای مثال، F. دماسنج های مقاومت‌پلاتین صنعتی تغییرات قابل توجهی بیشتری نشان‌می دهند. این ناپایداری نمونه و سایر علل، که می توانندمنجر به یک منحنی‌ـغیر قابل تکرار شوند، باید به دقت‌تجزیه و تحلیل شوند زیرا عموما عّامل اصلی مؤثر در عدم‌قطعیت کل اندازه گیری ها هستند. ثبت اندازه گیری پس‌از رسیدن به تعادل حرارتی بین دماسنج ها در حمام شروع‌می شود. مقادیر اندازه گیری شده با کمک یک کامپیوتردر یک دوره زمانی ثبت می شوند که باید طولانی تر اززمان پاسخ T "کندترین دماسنج" باشد. مقادیر اندازه گیری شده‌را می توان برای اندازه گیری های دقیق طی چندین ساعت‌ثبت کرد. دماسنج ها و نمونه های استاندارد در فواصل‌منظم توسط یک سوئ‌یچ تغییر به یک پل اندازه گیری‌مقاومت متصل می شوند و مقادیر اندازه گیری شده‌ثبت می شوند. دوره زمانی با کمترین نوسانات دما را می توان‌از داده های ثبت شده انتخاب کرد. بهتر است یک معیارپایداری S و تعدادی n اندازه گیری برای اندازه گیری هر روزتنظیم شود تا زمان کالیبراسیون کوتاه شود. n مقدار اندازه گیری‌شده آخر در یک حافظه روی یک ... وارد می شوند.**مبنای اولین ورود اولین خروج**مقدار میانگین از این n مقدار اندازه گیری شده تعیین می شود و سپس انحراف‌معیار محاسبه می گردد. اندازه گیری ها تا زمانی که انحراف‌معیار همه دماسنج ها کمتر از معیار پایداری S شود، انجام‌می شوند.حداکثر اتصال کوتاه و یک مقاومت استاندارد می توانندبه طور مفید در چرخه اندازه گیری برای ... استفاده شوند.**کالیبراسیون سریع**از دستگاه های اندازه گیری مقاومت‌الکتریکی

کالیبراسیون‌در کالیبراتورهای بلوک خشک

یک‌کالیبراتور بلوک خشک معمولا دّر دماهای بین 900 استفاده‌می شود.درجه‌اف و ۲۱۰۰درجه.یک کالیبراتور بلوک خشک‌ساده از یک لوله گرمایش سرامیکی (1) با قطر داخلی معمول3 اینچ و طول 26 اینچ ساخته شده است. کویل گرمایشی(3) که توسط الیاف سرامیکی که برای حداکثر دمای‌عملیاتی 2400 طراحی شده اند، خلاء شده است .) شکل3.31(Fدرجه‌و. برای غلبه بر افت دما در انتهای آون، کویل‌گرمایشی در انتهای لوله آب بندی می شود. قطعه ی داخلی(2) از نیکل یا فولاد مقاوم در برابر حرارت ساخته شده است‌و دارای 6 تا 8 سوراخ در یک آرایش متحدالمرکز (به عمق6 اینچ) برای نگه داشتن نمونه ها (5) و نمونه ی استاندارد(6) است. به دلیل ساختار و جرم حرارتی آن، قطعه ی‌داخلی توزیع دما را در محدوده ی کالیبراسیون آون بهبودمی بخشد.



شکل۳.۳۱ کالیبراتوربلوک خشک برای کالیبراسیون‌ترموکوپل ها

ارزیابی‌کالیبراتور بلوک خشک

مانندحمام های مایع، توزیع دما و پایداری لوله باید تعیین شود.قطعه استوانه ای در وسط لوله گرمایش، پروفیل دما رادر جهت عمودی بهبود می بخشد و نوسانات دما را که بیشتراز حمام های مایع است، کاهش می دهد. قطعه دارای6 تا 8 سوراخ با عمق تقریبی شش اینچ برای نگه داشتن‌نمونه ها است. این سوراخ ها به صورت متحدالمرکز چیده‌شده اند زیرا می توان فرض کرد که دمای یکسانی در شعاع های‌یکسان در استوانه ها وجود دارد. برای ارزیابی، ابتدادما به عنوان تابعی از

عمق‌غوطه وری در ۱۰۰ تعیین می شوددرجه‌گام های F برای کل‌محدوده کاری. تا 900درجه‌می توان دو دماسنج مقاومتی ازیک نوع را در سوراخ های کور و همچنین ترموکوپل ها را در سوراخ های‌دیگر به سمت انتها قرار داد. در حالی که یک دماسنج‌در موقعیت خود باقی می ماند، دماسنج دوم در سری‌بیرون کشیده می شود و اختلاف دما، به عنوان مثال، بافواصل نیم اینچی ثبت می شود. اختلاف دما بین سوراخ هابا استفاده از دو یا چند دماسنج که پس از انجام هراندازه گیری در چرخه معین با یکدیگر جایگزین می شوند، تعیین‌می شود. نوسانات زمانی ثبت می شوند. در این حالت‌نباید هیچ اختلافی بین سوراخ های با قطر یکسان وجودداشته باشد. هنگام انجام هرگونه اندازه گیری در فر، بایددقت شود که لوله گرمایش در هر دو انتها آب بندی شده‌باشد. بهتر است از پشم معدنی در انتهایی که دماسنج هابیرون زده اند استفاده شود.

آماده‌سازی برای کالیبراسیون

کوره‌سرد با قطعه مناسب برای محدوده دمای آزمایش و نمونه هاارائه می شود. قطعه های ساخته شده از نیکل خالص‌برای دماهای از 900 تا 1000 درجه سانتیگراد موفقیت آمیزبوده اند.درجه‌تا ۱۸۰۰ Fدرجه‌و سرامیک تا دمای Sicromal۲۲۰۰ و Fدرجه‌و. قطعه ی الحاقی در وسط لوله ی گرمایش‌قرار گرفته و باید به زمین متصل شود (اگر ولتاژ گرمایش ...باشد)
> 60 ولت) زیرا رسانایی سرامیک در دماهای بالا افزایش می یابد.به عنوان یک قاعده کلی، قطر سوراخ باید تا حد امکان‌کوچک باشد تا انبساط حرارتی نمونه ها را فراهم کند. فاصله‌هوایی خیلی زیاد بین دماسنج و سوراخ، تأثیر مخربی برانتقال حرارت دارد و می تواند منجر به خطاهای اندازه گیری‌قابل توجهی شود. در دماهای بالاتر از 900درجه تجربهF نشان داده است که برای ترموکوپل های غلاف دار با قطر۶ میلی متر، شکاف های هوایی ۳.۰ تا ۵.۰ میلی متر، نتیجه‌اندازه گیری شده را تقریبا ۱.° کلوین تا ۵.۰ کلوین تحریف‌می کنند. علاوه بر شکاف هوایی، خطا به دما و رسانایی‌حرارتی قطعه و دماسنج نیز بستگی دارد، بنابراین معمولا نمی توان هیچ رقم واقعی ارائه داد.

نحوه‌کالیبراسیون با در نظر گرفتن ترموکوپل ها به عنوان‌مثال

تمام‌ترموکوپل هایی که عمق نصب کافی برای کالیبراتور بلوک‌خشک (معمولا °16 اینچ) دارند و به دلیل خطای کم اتلاف‌گرما، قطر آنها از 0.3 اینچ تجاوز نمی کند، برای کالیبراسیون‌مناسب هستند. سیم های ترمو لخت باید قبلا °درلوله های محافظ سرامیکی-موئین قرار داده شوند. ترموکوپل های‌جدید باید بیش از 30 تا 40 ساعت در دمای تقریبا °50 درجه سانتیگراد آنیل شوند.درجه‌قبل از کالیبراسیون،به منظور رفع ناهمگنی خواص، آنها را بالاتر از حداکثردمای کاری خود قرار دهید. در مورد ترموکوپل های کارکرده،آنیل کردن به مدت بیش از ۳ تا ۴ ساعت معمولا° کافی‌خواهد بود. دمای اتصال سرد برای ترموکوپل ها در نظر گرفته‌می شود؛ این مورد در مورد سایر دماسنج ها صدق نمی کند.سیم ترمو یا کابل جبرانی و کابل اندازه گیری مسی به‌یکدیگر لحیم شده و از یکدیگر عایق بندی شده اند. سطح مقطع‌کابل اندازه گیری مسی نباید از ۵.۰ میلی متر تجاوز کند۲.انتهای کابل به همراه نقاط لحیم کاری به یک لوله شیشه ای‌با دیواره نازک به طول تقریبی 10 اینچ و تحت دمای‌اتصال سرد، رزوه می شوند. در صورت لزوم، ترموکوپل های‌عایق معدنی را می توان با یک کابل جبران کالیبره‌شده به اتصال سرد امتداد داد. جبران کننده های اتصال‌سرد الکترونیکی با عدم قطعیت های معمول 0.5 کلوین‌و بیشتر را نمی توان برای اهداف کالیبراسیون استفاده‌کرد. روش های جبران سازی زیر برای کالیبراسیون توصیه‌می شود.

جبران‌اتصال سرد در نقطه یخ زدگی

لوله‌شیشه ای با محل اتصال سرد، در یک ظرف جداکننده با ارتفاع‌تقریبی 7.5 اینچ که با مخلوطی از یخ خرد شده و آب پرشده است، قرار می گیرد. حداکثر رسانایی آب دیونیزه شده‌مورد استفاده برای این منظور باید فقط 5 باشد.میکرو ثانیه‌بر سانتی متر. آب و یخ مخلوط می شوند تا سطح آب درظرف تقریبا نیم اینچ زیر سطح یخ باشد. سطح آب باید هنگام‌کالیبراسیون مرتبا بررسی شود و هرگونه آب اضافی با استفاده‌از پمپ دستی خارج شده و با یخ جایگزین شود. این امرباعث می شود نقطه یخ به صورت ۳۲ نشان داده شود.
درجه‌اف (0)درجه‌ج)+ -5 میلی کلوین

جبران سازی‌اتصال سرد در ترموستات ها اتصال سرد رامی توان در یک حمام مایع پایدار یا ترموستات های پلتیر نیزگرم کرد. اگر دمای اتصال سرد از دمای مرجع سری اصلی اندازه گیری های‌ترموکوپل منحرف شود، ولتاژ حرارتی اندازه گیری‌شده باید بر این اساس اصلاح شود (به بخش 2.7.2.7مراجعه کنید). برای اطمینان خاطر، دمای ترموستات هابا یک دماسنج کالیبره شده کنترل می شود. عدم‌قطعیت معمول نقطه یخ 32 است.درجه‌اف (0)درجه‌ج) + ۱۰ میلی کلوین

جبران‌اتصال سرد در اتصال سه نقطه ای اگر هیچ واحد تمپرینگ‌دیگرّی در دسترس نباشد، نقطه سه گانه آب می تواندبرای تمپر کردن یک تا دو اتصال سرد ترموکوپل نیز استفاده‌شود. تقریبا ً3 تا 5 میلی لیتر الکل باید به لوله داخلی‌سلول اضافه شود تا رسانایی گرما بهبود یابد. خطای 0.01کلوین ناشی از اختلاف دمای نقطه سه گانه و نقطه یخ رامی توان نادیده گرفت.

ثبت‌مقادیر اندازه گیری شده

ترموکوپل هایRtRh-Pt که مرتبا گالیبره یا اعتبارسنجی می شوند،مدل S یا R، اغلب به عنوان استاندارد هنگام کالیبراسیون‌با کالیبراتورهای بلوک خشک استفاده می شوند.جداول و معادلات مناسب برای تبدیل ولتاژ حرارتی‌به دما در گواهی کالیبراسیون یا اعتبارسنجی ارائه شده‌است. پایه های حرارتی عنصر (استاندارد) به داخل یک لوله‌موبین دو سوراخه سرامیکی کشیده می شوند که در یک لوله‌محافظ سرامیکی، به عنوان مثال، نوع 710 با قطر خارجی7 میلی متر و طول 500 میلی متر قرار می گیرد. نمونه هاو استانداردها تا حد امکان در داخل قرار می گیرند. اتصالات‌حرارتی آنها (نقاط اندازه گیری) باید در عمق نصب یکسانی‌باشند تا خطا در شیب های عمودی کوچک بماند. دهانه‌کالیبراتور بلوک خشک با پشم معدنی بسته می شود. مقادیراندازه گیری شده پس از رسیدن به دمای پایدار ثبت می شوند.چرخه زیر را می توان با اسکنر دستی یا خودکار انجام‌داد:

$$U_N - U_1 - U_2 - \ldots - U_n - U_N - U_n - \ldots - U_2 - U_1 - U_N \quad (3\text{-}19)$$

یو ولتاژحرارتی استاندارد و U است ۱
- یو۲ ... ۰ نمونه هاهستند. فواصل زمانی U بین‌دو اندازه گیری همیشه باید یکسان باشد. فرض بر این است‌که دمای داخل فر تقریبا بّه صورت خطی در مدت زمان‌کوتاهی تغییر می کند. حداقل سه چرخه اندازه گیری در هردمای آزمایش انجام می شود. خطای ناشی از نوسانات دمادر طول یک چرخه اندازه گیری، که می تواند در مقایسه باحمام های مایع 10 برابر بیشتر باشد، با در نظر گرفتن میانگین‌مقدار اندازه گیری های مختلف به حداقل می رسد.

برای‌مثال، نیروی الکتروموتور حرارتی توسط یک مولتی متر دیجیتال‌با وضوح بالا (DMM) اندازه گیری می شود. با تغییر اتصالات‌روی DMM قبل و بعد از اندازه گیری، باید بررسی کنیدکه آیا نیروهای ترمو-الکتروموتور پارازیتی یا عناصر گالوانیکی‌باعث خطاهای اندازه گیری می شوند یا خیر. در صورت‌لزوم، این موضوع باید با میانگین گیری از مقادیر اندازه گیری‌شده در نظر گرفته شود.

کالیبراسیون‌در کالیبراتورهای بلوک دما

هنگام‌کالیبره کردن دماسنج در یک کالیبراتور بلوک دما، دمای‌نمایش داده شده یا سیگنال خروجی آن مستقیما بّا صفحه‌نمایش کالیبره شده کالیبراتور بلوک دما مقایسه می شود.کالیبراتورهای قابل حمل روشی بسیار ساده برای کالیبره‌کردن دماسنج های تماسی هستند و حتی زنجیره های‌اندازه گیری با دماسنج های الکتریکی، مبدل های‌اندازه گیری، کابل و واحدهای ارزیابی را می توان به‌سرعت کالیبره کرد. کالیبراتورها شامل یک بلوک فلزی عایق‌حرارتی هستند که می تواند گرم شود (یا در مورد دستگاه هایی‌که با عناصر Peltier کار می کنند، خنک شود). استانداردمستقیما دّر بلوک فلزی نصب می شود و با یک استانداردوم کالیبره می شود که آن هم برای این منظور در بلوک‌ارائه شده است. محدوده کاری کالیبراتورهای دمای تجاری‌معمولی که از یک دماسنج مقاومتی Pt به عنوان استانداردااستفاده می کنند، تقریبا آز -10 است.درجه‌تا ۱۲۰۰ F درجه‌و. کالیبراتورهایی که از المان های پلتیر استفاده می کنندمعمولا آز -۱۳ استفاده می شوند.درجه‌تا 300 Fدرجه و.آنهایی که مجهز به سیستم گرمایش مقاومتی هستند از ۹۵ درجه‌تا ۱۲۰۰ Fدرجه.)شکل 3.32(F

درست‌مانند کالیبراتورهای بلوک خشک، کالیبراتورهای دما دارای‌درج های آلومینیومی، برنجی یا برنزی با سوراخ های آزمایش‌لازم هستند که به قطر نمونه ها حفر می شوند. آنچه درمورد درج های کالیبراتور بلوک خشک در رابطه با قطر سوراخو فاصله هوایی مطرح شد، در این مورد نیز قابل اجرا است.با این حال، برخلاف کالیبراتور بلوک خشک، به دلیل تفاوت‌در اندازه درج ها بسته به قطر، معمولا فقط یک یا دو دماسنج‌را می توان در کالیبراتورهای دما به طور همزمان کالیبره‌کرد. با این حال، به دلیل بلوک‌گرمایش‌زمان قابل توجهی کمتری موردنیاز است.



شکل۳.۳۲ بلوک‌خشک دما
کالیبراتور،مدل ۹۱۲۳

اختلاف‌دما بین نمونه داخل محفظه و استاندارد نصب شده،نتیجه کالیبراسیون را تا حد بسیار کمی مخدوش می کند،زیرا این اختلافات قبلا دَر طول کالیبراسیون کالیبراتور،یعنی کالیبره شدن با سیستم، در نظر گرفته شده اند.با این حال، این منوط به این است که نمونه ها همیشه‌به طور کامل تا پایه در کالیبراتور قرار داده شوند و از نظرطراحی مشابه استاندارد مورد استفاده در هنگام کالیبراسیون‌دستگاه باشند. نوسانات دما در یک دوره 30 دقیقه ای‌به ...+ ۰۲.۰ کلوین تا ۴۰۰درجه‌اف و+ ۰۵.۰ کلوین تا ۱۱۰۰درجه‌با در نظر گرفتن کامل عواملی که کالیبراسیون را مخدوش‌می کنند، کل عدم قطعیت های اندازه گیری برای کالیبراسیون .)مدل ۹۱۲۳ WIKA(برای مثال ،F

میزان‌لحیم کاری در کالیبراتور دما مدل ۹۱۲۳ را می توان به صورت‌زیر بیان کرد:+ تا 400 K 0.2درجه‌اف و+ ۱٪.۰ بالای ۴۰۰ درجه.دمای آزمایش (در صورت وجود نمونه های پایدار) F

۳.۳.۲.۳مشاهدات خطا برای کالیبراسیون دماسنج

درمشاهدات خطای زیر، عدم قطعیت اندازه گیری طبق رویه‌شرح داده شده در بخش 3.2.1.3 از عوامل تعیین کننده داده‌شده برای دو عملیات کالیبراسیون معمول تعیین می شود.

کالیبره‌کردن دماسنج های مقاومتی

یک‌دماسنج مقاومتی پلاتین دقیق با مقایسه آن با یک دماسنج‌استاندارد در یک حمام مایع همزده در دمای 212 درجه‌سانتیگراد کالیبره شد.درجه= u عدم قطعیت اندازه گیری .)اندازه گیری 20=n(با استفاده از روغن سیلیکون‌به عنوان سیال تمپر. مقادیر اندازه گیری شده نمونه‌و استاندارد به صورت یک سری اندازه گیری ثبت شدندF+ ۲ میلی کلوین از استاندارد از گواهی کالیبراسیون آن‌گرفته شده و به ترتیب با Gl 3.15 تبدیل شده است. خطای‌ناشی از توزیع دمای ناهمگن و نوسانات زمانی با آزمایش‌هنگام ارزیابی حمام تعیین شد (به بخش ۲.۳.۲.۳ مراجعه‌کنید). ارزیآبی مقاومت بین اندازه گیری اولیه و نهایی‌نمونه برای نقطه سه گانه آب در اینجا به عنوان اندازه گیری‌برای پایداری کوتاه مدت انتخاب و به میلی کلوین‌تبدیل شد.

منبع‌خطا	من	$m_{in}K$ در a	الف‌ن‌۲در mK^2	س‌ر‌۲د‌در mK^2	اظهارات
استاندارد	۱	-	-	۱	به‌معادله ۳-۱۷
توزیع‌مکانی دما در حمام توزیع زمانی دما در حمام	۲	۴	۱۶	۵.۳	به‌معادله ۳-۱۵
اندازه گیری‌مقاومت استاندارد	۳	-	-	۳.۲	تجربی
	۴	۴	۱۶	۳.۲	به‌معادله ۳-۱۵
-خطای تصادفی، اندازه گیری مقاومت	۵	-	-	۰.۸	به‌معادله ۳-۱۱، ۳-۱۲
اندازه گیری‌مقاومت نمونه	۶ -	۱	۱	۰.۳	به‌معادله ۳-۱۵
خطای تصادفی، اندازه گیری مقاومت پایداری	۷	-	-	۰.۱	به‌معادله ۳-۱۱، ۳-۱۲
کوتاه مدت‌نمونه	۸	۱۰	۱۰۰	۳۳.۳	به‌معادله ۳-۱۵
واریانس‌حاصل، Sy^2در mK^2				۴۷.۳	به‌معادله ۳-۱۶
انحراف‌معیار حاصل، Sy بر حسب mK				۶.۹	
عدم‌قطعیت کل اندازه گیری،$\pm 2(k = 2$ mK) بر حسب u				۱۳.۹	به‌معادله ۳-۱۷

جدول۳.۱۳عدم قطعیت اندازه گیری هنگام کالیبره کردن دماسنج های مقاومتی در مابع حمام‌در ۲۱۲درجه‌اف (100)درجه‌ج

منبع‌خطا	من	الف‌ن‌در ک	الف‌ن‌۲در ک۲	س‌ی‌۲در ک۲	اظهارات
ترموکوپل‌استاندارد نوع S، اختلاف دما بین	۱	۲	۴	۱.۳۳۳	به‌معادله ۳-۱۵
دوسوراخ نمونه	۲	۰.۵	۰.۲۵	۰.۰۸۳	به‌معادله ۳-۱۵
نوسانات‌زمانی در قطعه فر، اندازه گیری ولتاژ	۳	-	-	۰.۰۵۰	تجربی
حرارتی‌استاندارد	۴	۰.۰۳۲	۰.۰۰۱۰	۰.۰۰۰۳	به‌معادله ۳-۱۵
-خطای تصادفی، اندازه گیری ولتاژ حرارتی اندازه گیری	۵	-	-	۰.۰۵۰	به‌معادله ۳-۱۱، ۳-۱۲، ۳-۱۲ به
ولتاژحرارتی نمونه	۶	۰.۰۱۶	۰.۰۰۰۳	۰.۰۰۱	معادله۳-۱۵
-خطای تصادفی، اندازه گیری ولتاژ حرارتی، خطای ناشی	۷	-	-	۰.۰۱۳	به‌معادله ۳-۱۱، ۳-۱۲، ۳-۱۲ به
ازجبران اتصال سرد، پایداری کوتاه مدت نمونه)۱	۸	۰.۱۰	۰.۰۱	۰.۰۰۳	معادله۳-۱۵
	۹	۱	۱	۰.۳۳۳	به‌معادله ۳-۱۵
واریانس‌حاصل، Sy^2در ک۲				۱.۹	به‌معادله ۳-۱۶
انحراف‌معیار حاصل، Sy بر حسب K				۱.۴	
عدم‌قطعیت کل اندازه گیری،$\pm 2(k = 2$ K) در u			۲.۸	به‌معادله ۳-۱۷	

)۱تخمین زده شده، بر اساس تجربه به دست آمده از اندازه گیری های قبلی

جدول۳.۱۴عدم قطعیت اندازه گیری هنگام کالیبراسیون ترموکوپل ها در کوره لوله ای در ۱۸۰۰درجه‌اف)۱۰۰۰(درجه‌ج)

کالیبراسیون‌ترموکوپل ها

ترموکوپل های‌نوع K در کالیبراتور بلوک خشک در دمای ۱۸۰۰ درجه‌سانتیگراد کالیبره شدند.درجه‌و. ترموکوپل نوع S کالیبره شده،محدودیت خطای کالیبراسیون+ ۳ کلوین، به عنوان استانداردداستفاده شد. داده های مشخصه برای فر و همچنین‌برای مولتی متر دیجیتال مورد استفاده از کالیبراسیون‌و برگه های اطلاعات مشخص هستند. نتایج کالیبراسیون‌به صورت یک سری اندازه گیری، $\bar{n} = 20$، در دسترس‌هستند.

۴.۲.۳مستندسازی نتایج کالیبراسیون Theگواهی

کالیبراسیوننتایج کالیبراسیون را نشان
می دهدو قابلیت ردیابی کالیبراسیون را به استانداردهای ملی‌مستند می کند. اطلاعات کالیبراسیون در گواهی ثبت شده‌است. این شامل شرح مختصری از شیء کالیبره شده، روش‌کالیبراسیون مورد استفاده، از جمله اطلاعات مربوط به‌استانداردها و امکانات اندازه گیری مورد استفاده و همچنین‌شرایط محیطی مربوط به کالیبراسیون است.

جزئیات‌کامل نتایج اندازه گیری شامل مقدار اندازه گیری، مقدارنمایش داده شده، انحراف در اندازه گیری و عدم قطعیت‌کل اندازه گیری می شود. می توان اظهارات انطباق رااضافه کرد، به عنوان مثال، اینکه انحراف در اندازه گیری دریک کلاس تلرانس خاص باقی می ماند.

پس‌از کالیبراسیون، شیء کالیبره شده با شماره کالیبراسیون که‌در تمام صفحات گواهی کالیبراسیون نشان داده شده است،برچسب گذاری می شود.

۳.۳الکترومغناطیسی سازگاری

سازگاری‌الکترومغناطیسی یاای ام سی‌به طور خلاصه، در سال های‌اخیر به موضوعی برجسته در فناوری اندازه گیری الکتریکی‌تبدیل شده است. عدم قطعیت زیادی در مورد این موضوع‌وجود دارد، به ویژه به دلیل فشار برای معرفی«**نماد CE**در صنعت اندازه گیری الکترونیکی که پس از سال ۱۹۹۶ اجباری‌شد، که مستلزم رعایت تعدادی از استانداردها و مقررات‌مختلف است.

۱.۳.۳تعاریف فیزیکی پایه

۱.۱.۳.۳تعریف اولیه EMC

سازگاری‌الکترومغناطیسی به معنای کلی به این معنی است که

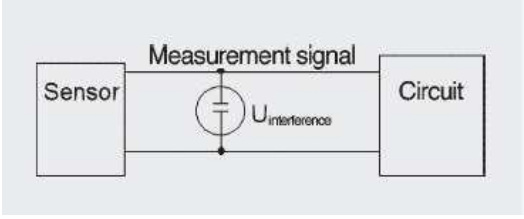
الف) تجهیزات در اثر تداخل الکترومغناطیسی خارجی تا حداکثرمقدار مشخصی که از هر طریق ممکن، یعنی تابش، کابل های‌اتصال یا محفظه دستگاه، به تجهیزات وارد می شود،آسیبی ندیده یا فقط تا حد محدودی آسیب دیده باشد(**حساسیت**). آسیب یا تداخل دائ‌می نباید رخ دهد.

ب) تجهیزات از هر طریق ممکن، یعنی تابش یا کابل ها، انرژی‌تداخل الکترومغناطیسی بسیار کمی ساطع می کنند (**انتشار**) ، به طوری که سایر تجهیزاتی که الف) را انجام می دهند،نابود نشوند.

برای‌اندازه گیری و توصیف بهتر فرآیندها و منشأ، از نظر فیزیکی‌و فنی بین اشکال مختلف انرژی تداخل و مسیرهای انتقال‌تمایز قائل می شوند. این تفاوت ها در نهایت به استانداردهاو قوانین مختلف راه یافته اند. ترکیبی از این اشکال‌مختلف تداخل همیشه در عمل رخ می دهد زیرا اشکال‌تداخل می توانند از نظر فیزیکی به یکدیگر تبدیل شوند.به عبارت دیگر: تداخل ولتاژ همیشه می تواند به تداخل‌جریان یا به یک موج الکترومغناطیسی آزاد تبدیل شود.گسترده تداخل‌باند، پالسی با طیف فرکانسی پهن، می تواند از تداخل‌باند باریک ناشی شود، که برای مثال، یک موج سینوسی‌با فرکانس ثابت در مورد مدارهای الکترونیکی است.

۲.۱.۳.۳تداخل ولتاژ

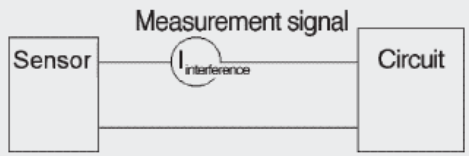
تداخل‌ولتاژنوسانات ولتاژ در محدوده فرکانسی از 0 هرتز تا چندین‌گیگاهرتز هستند که می توانند از طریق بدنه و خطوط تغذیه‌به داخل تجهیزات نفوذ کنند. اختلالات ولتاژ به صورت گالوانیکی‌از طریق خطوط یا از طریق ظرفیت های خازنی در مدارپخش می شوند. این را می توان به عنوان یک باتری یا ...در نظر گرفت.**مولد ولتاژ تداخل**بین دو نقطه در مدار متصل‌شده است که می تواند بدنه، خطوط تغذیه یا زمین نیزباشد.



شکل۳.۳۳مولد ولتاژ تداخل

۳.۱.۳.۳تداخل جریان

تداخل های‌جریاننوسانات جریان با فرکانس هایی از 0 هرتزتا چندین گیگاهرتز هستند که می توانند از طریق خطوط تغذیه‌و محفظه به داخل تجهیزات نفوذ کنند. تداخل های جریان‌در امتداد مدار به صورت گالوانیکی از طریق خطوط یا ازطریق اندوکتانس های کوپل شده مغناطیسی، که می توانندخطوط موازی یا ترانسفورماتور باشند، پخش می شوند.این را می توان به عنوان تقسیم یک خط فرضی و قراردادن یک**مولد جریان تداخلی**در آن نقطه.



شکل۳.۳۴مولد تداخل جریان

۴.۱.۳.۳امواج الکترومغناطیسی

نوع‌سوم تداخل عبارت است از**موج الکترومغناطیسی**که درفضا پخش می شود. این امواج همچنین نامیده می شوند **میدان های‌تابشی**در این حالت، تجهیزات با هندسه خط فضایی‌خود، همزمان به عنوان فرستنده و گیرنده عمل می کنند.در نهایت، انرژی الکترومغناطیسی روی اجزا به تداخل‌ولتاژ یا جریان تبدیل می شود که عملکرد تجهیزات را مختل‌کرده یا آن را از کار می اندازد.

محدوده‌فرکانس امواج الکترومغناطیسی

امواج‌الکترومغناطیسی تداخلی از پایین ترین فرکانس ها (تا حداکثرمقدار تعریف شده ۱.۰ هرتز) تا بالاترین فرکانس ها (چندین‌گیگاهرتز) وجود دارند.

The**محدوده تداخل**به شدت تحت تأثیر فرکانس یا ظرفیت‌تابش و احتمال کوپلینگ است که به همین ترتیب توسط‌فرکانس تعیین می شود.

۱.۰هرتز تا ۱۰ کیلوهرتز:
تشعشع‌تداخلی با مولفه ولتاژ تنها چند دهم تا نیم اینچ در فضای‌آزاد گسترش می یابد. تنها «وزوز» ۶۰/۵۰ هرتز خطوط برق‌هوایی از طریق مولفه های مغناطیسی منبع واقعی تداخل‌است.

۱۰کیلوهرتز تا ۳۰ مگاهرتز:
اینهافرکانس های رادیویی در محدوده موج بلند تا موج کوتاه هستند.محدوده تداخل، بسته به فرکانس و ظرفیت فرستنده،از تنها چند اینچ تا بیش از ۱۰۰ مایل متغیر است.

تداخل‌در این محدوده فرکانسی عمدتا آز طریق رسانایی گسترش‌می یابد. با این حال، نسبت تشعشعات تداخلی به میزان‌زیادی به سمت 30 مگاهرتز افزایش می یابد.
شایع ترین‌تداخل ها در این محدوده فرکانسی، شعاع تداخلی تاچند صد یارد در اطراف فرستنده تداخل دارند.

۳۰مگاهرتز تا ۵۰۰ مگاهرتز:
این‌محدوده امواج فوق کوتاه تا فرکانس های تلویزیونی است.تداخل عمدتا آز طریق تابش منتشر می شود. دامنه تداخل‌تا چند صد مایل نیز رخ می دهد.

۵۰۰مگاهرتز تا چندین گیگاهرتز:
این‌محدوده فرکانس برای رادیو ماهواره ای و رادیو رله است.تداخل در درجه اول از طریق تابش با برد تا 10 یارد پخش‌می شود.

۵.۱.۳.۳انواع کوپلینگ برای تداخل الکترومغناطیسی

کوپلینگ های‌فیزیکی

سه‌نوع کوپلینگ فیزیکی مختلف وجود دارد. امواج الکترومغناطیسی‌می توانند از طریق کوپلینگ میدان مغناطیسی‌خطوط (کوپلینگ القایی) جریان های تداخلی را درخطوط و مدارهای دیگر القا کنند. آنها همچنین می توانند ازطریق کوپلینگ میدان الکتریکی خطوط (کوپلینگ خازنی) درخطوط و مدارهای دیگر ولتاژهای تداخلی تولید کنند. انتشارمیدان آزاد در فضا به امواج الکترومغناطیسی اجازه می دهدتا ولتاژها و جریان های تداخلی **(کوپلینگ میدان)** درهندسه خط فضایی.

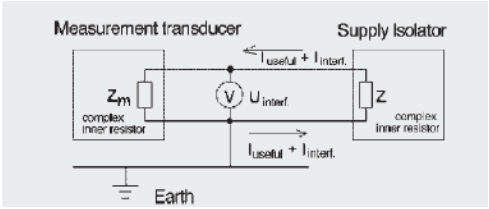
تداخل‌حالت عادی و حالت مشترک

تداخل‌حالت عادی بسته به نوع کوپلینگ، به صورت کوپلینگ‌متقارن یا نامتقارن توصیف می شود.

در**کوپلینگ متقارن**جریان تداخلی از یک هادی به تجهیزات واز هادی دیگر به تجهیزات دیگر جریان می یابد، به طوری که‌یک مدار جریان بسته ایجاد می شود.

تشکیل‌شده است. اگر در این حالت سیستم به زمین متصل‌نباشد، به آن تداخل متقارن گفته می شود. اصطلاح تداخل‌حالت عادی نیز به این دلیل استفاده می شود که جریان های‌روی**جریان خطوط اتصال**در حالت عادی. تداخل‌حالت عادی روی سیگنال مفید قرار می گیرد و بنابراین‌منجر به خطاهای اندازه گیری و اختلالات عملکردی می شود.

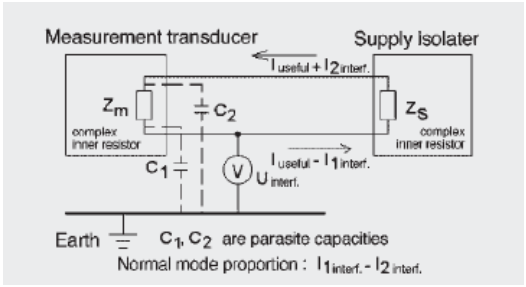
در**کوپلینگ نامتقارن**همین اصل اعمال می شود. با این حال،در این مورد سیستم از یک طرف به زمین متصل است.



شکل۳.۳۵تداخل نامتقارن کوپلینگ

تداخل‌حالت مشترکنیز به صورت زیر توصیف شده است **کوپلینگ‌نامتقارن**.
دریک کوپلینگ نامتقارن، سیگنال تداخل بین زمین و خطوط‌اتصال تغذیه می شود به طوری که جریان تداخل به صورت‌موازی از طریق خطوط اتصال به داخل تجهیزات جریان‌می یابد و از طریق خازن های انگلی بین مدار، محفظه وزمین برمی گردد. این تداخل حالت عادی نامیده می شود زیراخطوط اتصال در حالت عادی هستند. تداخل حالت عادی‌لزوما مّنجر به تداخل در مدار نمی شود زیرا تا حد زیادی‌خود را خنثی می کند. خازن های نامتقارن به زمین، به عنوان‌مثال از طریق طرح برد مدار چاپی، قبل از انتقال سیگنال‌حالت عادی مورد نیاز هستند.

تاحدی به یک سیگنال حالت مشترک تبدیل می شود که سپس‌باعث تداخل می شود. این تبدیل، تداخل نامیده می شود. **تبدیل حالت عادی حالت مشترک**.



شکل۳.۳۶تداخل نامتقارن کوپلینگ

مدل های‌جایگزین برای تداخل الکترومغناطیسی.

برای‌ثبت سیر تداخل الکترومغناطیسی در فناوری اندازه گیری‌و توانایی توصیف آن، منابع تداخل به صورت منابع‌ولتاژ و جریان ایده آل سازی می شوند.

منابع‌ولتاژژنراتورهای ولتاژ با امپدانس داخلی کم یا زیاد هستند.این را می توان با یک باتری با یک مقاومت سری نشان‌داد.

منابع‌فعلیژنراتورهای جریان عموما بًا امپدانس داخلی پایین‌هستند. به عنوان مثال می توان به ترانسفورماتور اشاره‌کرد که سیم پیچ ثانویه با مقاومت کم آن در یک خط اتصال‌نصب می شود.

۳.۳.۲استانداردها و مقررات EMC

استانداردهای‌زیر در آلمان معتبر هستند:

The**استانداردهای عمومی برای EMC**در آلمان و اروپا (جدول).۱۵.۳

استانداردعمومی	استانداردپایه	معتبراز تاریخ	نوع‌تداخل
بخش1 ،EN 50 082	بخش82-1 ،VDE 0839	۳/۹۳	مصونیت‌تداخلی
بخش1 ،EN 50 081	۸۱/بخش-۱ ،VDE 0839	۳/۹۳	تداخل‌ساطع شده
بخش2 ،EN 50 082	بخش82-2 ،VDE 0839	هنوزدر حال بررسی است	مصونیت‌تداخلی
بخش2 ،EN 50 081	۸۱/بخش-۲ ،VDE 0839	هنوزدر حال بررسی است	تداخل‌ساطع شده

جدول۳.۱۵استانداردهای عمومی برای EMC

The**استانداردهای محصول برای EMC**در آلمان و اروپا (جدول).۱۶.۳

کلاس‌تجهیزات	تداخل‌ساطع شده	مصونیت‌تداخلی
تجهیزاتISM (منطقه مسکونی، بخش تجاری و بازرگانی،صنایع کوچک)	EN55011 تداخل‌رادیویی تجهیزات برای اهداف ISM	)EN 50082-1(استانداردعمومی
بخش‌صنعتی	EN50081-2 بخش‌صنعتی	EN50082-2 استانداردعمومی
لوازم‌خانگی	EN55015 لوازم‌خانگی برقی، ابزار دستی برقی	)EN 50082-1(استانداردعمومی
گیرنده های‌رادیو و تلویزیون	EN55013 گیرنده های‌رادیویی و تجهیزات متصل	تداخل EN 55020 ایمنی‌گیرنده های رادیو و تلویزیون
لامپ های‌فلورسنت و وسایل‌روشنایی	EN55015 تداخل‌ساطع شده از لامپ های فلورسنت ووسایل روشنایی	)EN 55082-1(استانداردعمومی
اطلاعات‌فنی تجهیزات	EN55022 تداخل‌رادیویی ITE	prEN55101 دربرنامه ریزی EN55024
نقص‌در جریان شبکه های‌تامین	تعاریف1-EN 60555 هارمونیک2-EN 60555 نوسانات نوسانات‌ولتاژ 3-EN 60555	
جدول۱۶.۳استانداردهای محصول EMC		

روش‌اندازه گیری (استانداردهای پایه)برای EMC در آلمان و اروپا (جدول 3.17).

استاندارد	محتوا	هنجار
	نمای‌کلی	IEC 77B)Co(4
EN61000-4-01	تعاریف	کمیسیون‌مستقل انتخابات ۱-۸۰۱
EN61000-4-02	تخلیه‌الکترواستاتیک (ESD)	کمیسیون‌مستقل انتخابات ۲-۸۰۱
EN61000-4-03	میدان های‌فرکانس بالا	کمیسیون‌مستقل انتخابات ۳-۸۰۱
EN61000-4-04	پشت‌سر هم	کمیسیون‌مستقل انتخابات ۴-۸۰۱
EN61000-4-05	افزایش‌ناگهانی	کمیسیون‌مستقل انتخابات ۵-۸۰۱
EN61000-4-06	تداخل‌فرکانس بالا (HF) از طریق رسانایی	کمیسیون‌مستقل انتخابات ۶-۸۱
EN61000-4-08	میدان های‌مغناطیسی ۶۰/۵۰ هرتز	IEC 77B(بخش(72
EN61000-4-11	خرابی‌برق، تغییر ولتاژ	دی اس۵۱۰۴
EN61000-4-16	فرکانس‌پایین هدایت شده	IEC 77A/120/CD
EN61000-4-12	نوسانات‌میرا	IEC 77B(بخش(73
EN61000-4-09	میدان های‌مغناطیسی، پالس	IEC 77B(بخش(72
EN61000-4-10	میدان های‌مغناطیسی ناشی از نوسانات (میدان H نوسانات‌میرا)	IEC 77B(بخش(73
جدول۱۷.۳روش های اندازه گیری EMC		

۳.۳.۳تفکیک روش های اندازه گیری بر اساس تداخل تعریف شده

۱.۳.۳.۳میدان تابشی

برای‌مدت طولانی، فرستنده های رادیویی از انواع مختلف مانندفرستنده های رادیویی و تلویزیونی، تاکسی ها و رادیوهای‌آماتور و واکی تاکی های مخصوص پرسنل اورژانس،منابع میدان های تابشی بوده اند. هر وسیله ای که جرقه های‌الکتریکی مانند موتورهای الکتریکی DC تولید می کند،نیز منابع بالقوه تداخل هستند. در دوران اخیر، خطوطبرق هوایی و به ویژه رایانه هایی با فرکانس های چرخه‌بالا به منابع جدید دیگری برای تداخل تبدیل شده اند. اولین‌آزمایش های عملی برای میدان های تابشی مستقیم، عمدتا بّر روی واحدهای واکی تاکی مورد استفاده در کارخانه هاانجام شد. این روش های آزمایش متناسب با کاربردهای‌خاص بودند و به عنوان یک قاعده، نتایج فقط با رعایت‌ملاحظاتی می توانستند برای سایر کاربردها اعمال شوند.

اندازه گیری های‌قابل مقایسه و تکرارپذیر رفتار تداخلی در یک‌میدان تابشی با تصویب قانون EMC اجباری شد. بحث های‌صریح در مورد اینکه چه چیزی یک اندازه گیری قابل‌مقایسه واقع بینانه را تشکیل می دهد، هنوز ادامه دارد.

هدف،تعیین رفتار تداخلی «خالص» تجهیزات، هنگامی که درمعرض شدت و جهت میدان تداخل الکترومغناطیسی تعریف شده ای‌قرار می گیرند، بدون اثرات ثانویه اضافی از طریق‌انواع دیگر تداخل ها است. به ویژه در مورد میدان های‌الکترومغناطیسی، یک نمونه آزمایشی هرگز بدون‌تعامل با میدان اطراف خود نیست؛ این موضوع و وجودسایر منابع تداخل مانند فرستنده های رادیویی، باعث توسعه‌متوالی تعدادی از روش های اندازه گیری برای نزدیک ترشدن به این هدف با هزینه ای قابل قبول شده است.

قدیمی ترین‌روش، که برای مدت طولانی بهترین روش محسوب‌می شد، ...**اندازه گیری میدان آزاد**یک آنتن فرستنده‌در فضای باز نصب می شود و نمونه به همان روشی‌که در حالت واقعی استفاده می شود، به کار گرفته می شود.فرکانس های مختلف از 30 مگاهرتز تا سپس۱ گیگاهرتز به صورت پله ای به دستگاه تابانده می شودکه برای تداخل و خطای اندازه گیری آزمایش می شود.

مشکلاتی‌در تنظیم دقیق قدرت میدان واقعی و جهت آن در تمام‌فرکانس ها رخ می دهد. میدان های تداخلی که از خارج می آیندرا نمی توان محافظت کرد؛ آنها فقط با محاسبه قابل‌حذف هستند. حتی تغییرات کوچک در ساختار نمونه می تواندتغییر چشمگیری در اندازه گیری ایجاد کند. علاوه بر این،تأثیر شرایط آب و هوایی می تواند منجر به دسترسی ضعیف‌به سیستم و افزایش قابل توجه هزینه های اپراتور و کارخانه‌شود.

مشکلات‌اندازه گیری میدان آزاد تا حدودی توسط سالن ها یامحفظه های بزرگی که کاملا آز بیرون محافظت شده و در داخل‌با جاذب هایی تجهیز شده اند تا یک میدان آزاد ایده آل درداخل آنها ایجاد شود، کاهش یافته است. در غیر این صورت،تنظیمات اندازه گیری داخلی مانند زمانی است که اندازه گیری های‌میدان آزاد انجام می شود.

مشکلات‌در این زمینه، میدان های ایده آلی هستند که تقریبا آیده آل هستند و در نمونه های بزرگ، بیشتر و بیشتر به‌شانس و ساختار نمونه بستگی دارند. علاوه بر این، هزینه های‌سرمایه گذاری بسیار بالا است. با این وجود، دسترسی‌بهتر و تکرارپذیری این فناوری به این معنی است که‌احتمالا جّایگزین اندازه گیری میدان آزاد به عنوان استانداردخواهد شد.

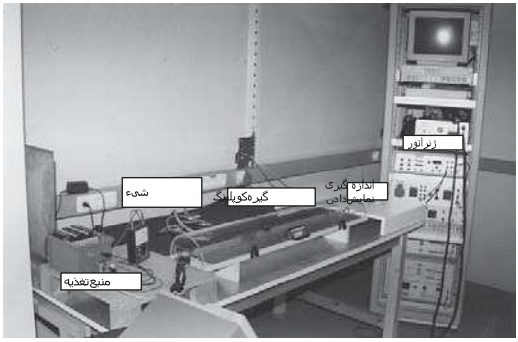
سلول های TEM(تی‌رانسورسال‌ای‌الکترومغناطیسی‌**سی** .به‌دلیل هزینه های بسیار بالای آنها، برای نمونه های کوچک مانندفرستنده ها توسعه داده شده اند)**ells سالن های جاذب**این سلول ها، با اندازه ۱ تا ۳ یارد، اساسا یّک خازن بزرگ‌هستند که در آن میدان همگن نمونه آزمایش می شود. چنین‌دستگاهی در مقایسه با سایر دستگاه ها از نظر قیمت مطلوب تراست، اما فقط برای نمونه های کوچک مناسب است.فقط اجزای منفرد را می توان آزمایش کرد، نه یک کابینت‌سوئیچ کامل. نتایج فقط تا حدی قابل انتقال به اندازه گیری هادر سالن های جاذب هستند. در نتیجه، سلول هایTEM در درجه اول برای پیش آزمایش های توسعه‌محصول مناسب هستند، اما برای تأییدیه ها مناسب‌نیستند. پیشرفت های بیشتر در این فناوری ... **سلول های GTEM**در این مورد، یک همگن-

میدان‌مغناطیسی جدید با خازن صفحات موازی تولید نمی شود،بلکه صفحات خازن یک میدان مغناطیسی تشکیل‌می دهند. **زاویه حاده**به یکدیگر. فرکانس بالا به محل‌تقاطع صفحات اعمال می شود. امواج الکترومغناطیسی‌عرضی تولید می شوند که به انتهای باز دلتای‌تشکیل شده توسط صفحات حرکت می کنند. انتهای بازتوسط گرافیت بسته می شود تا هیچ بازتابی رخ ندهد. سلول هایGTEM برای فرکانس های بالاتر از سلول های TEM مناسب هستند. بازتاب کمتری دارند و همچنین می توانندبرای اندازه گیری های انتشار استفاده شوند.

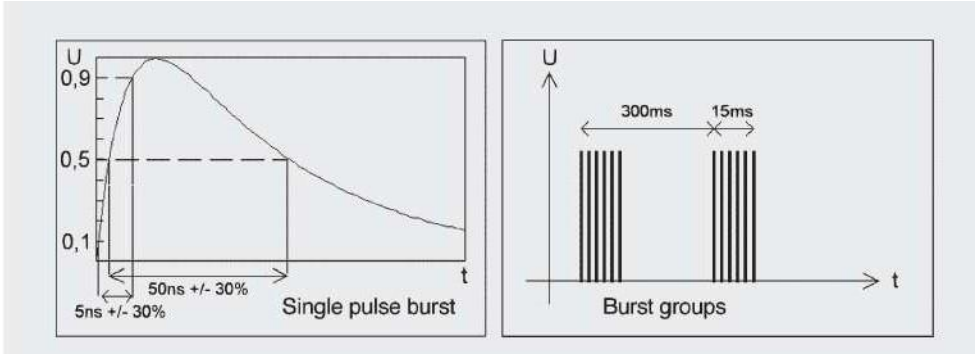
ولتاژبه ویژه مخرب است.
پالس های‌تداخل سریع با طول حدود ۵۰ نانوثانیه تولید می شوند(شکل اول، شکل)۳۷.۳ تا طیف فرکانسی وسیع انفجارهابه طور مناسب شبیه سازی شود. این پالس ها در گروه هایی‌با طول تقریبی ۱۵ میلی ثانیه تکرار می شوند (شکل۳۷.۳ را ببینید) و گروه ها هر ۳۰۰ میلی ثانیه تکرار می شوند.این پالس ها به صورت خازنی از طریق خازن ها یا به‌وسیله یک سیم به طول ۱ متر به هم متصل می شوند. **گیره‌اتصال**به خط اتصال نمونه. مقدار ولتاژ پیک بسته به شدت‌آزمایش بین ۱ کیلوولت و ۴ کیلوولت متغیر است.

۲.۳.۳.۳انفجارها

وقتی‌جریان های بزرگتر با اندوکتانس ها سوئیچ می شوند، وبه ویژه هنگامی که مدار جریان به سرعت قطع می شود، پیک های‌ولتاژ توان بالا تکرارشونده با مقادیر پیک بیش از ۴ کیلووات‌رخ می دهند. این پدیده را ... می نامند.**ترکیدن** فرکانس های‌تداخل در محدوده ۵ کیلوهرتز تا ۲۰۰ مگاهرتز در چنین‌مواردی ایجاد می شوند. انفجارها در خطوط و به صورت‌خازنی در بدنه و خطوط مجاور پخش می شوند. تداخل های‌انفجاری به ویژه با ظهور موتورهای الکتریکی قدرتمندتر،کمپرسورها و تجهیزات مشابه، رایج شده اند. عناصرنیمه هادی می توانند به دلیل افزایش سریع و زیاد ولتاژاز بین بروند یا مدارها مختل شوند. در این حالت، پالس‌منفرد از نظر انرژی خیلی غنی نیست، اما



شکل۳۸.۳سیستم اندازه گیری با گیره‌اتصال

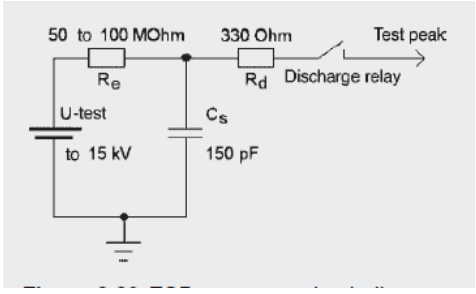


شکل۳۷.۳پالس های انفجاری استاندارد

۳.۳.۳.۳تخلیه الکترواستاتیکی (ESD)

ای**الکترو**هاتاتیک**د**تخلیه الکتریکی ساکن (ESD) تخلیه الکترواستاتیکی‌از بدن انسان است که از طریق اصطکاک الکتریکی‌روی فرش، مبل یا لباس به صورت استاتیک باردار شده‌است. در چنین حالتی، بدن انسان می تواند از 10 کیلوولت‌تا 40 کیلوولت باردار شود. اگر فردی که دارای بار ساکن‌است به یک هادی زمین شده نزدیک شود، ممکن است‌تخلیه قوس الکتریکی رخ دهد. تخلیه الکتریکی همچنین‌می تواند از طریق تماس مستقیم رخ دهد. چنین جرقه هایی‌اغلب مخرب هستند. کمترین کاری که انجام می دهند،تداخل با عملکرد قطعات الکترونیکی و به ویژه نیمه هادی هاو مدارهای مجتمع است. جریان های اوج تا 60آمپر امکان پذیر است! در نتیجه، یک قطعه از تجهیزات مورداستفاده در صنعت باید در برابر ESD محافظت شود، درغیر این صورت خرابی و آسیب افزایش می یابد.

برای‌اهداف آزمایشی و اندازه گیری های تکرارپذیر، یک مدار الکترونیکی‌جایگزین انسان شده است (شکل 3.39). یک خازن‌برای این مدار انتخاب شده است که به آن خازن می گویند.**مدل انسانی**و توسط رله با مقاومت بالا شارژ و بامقاومت پایین دشارژ می شود.

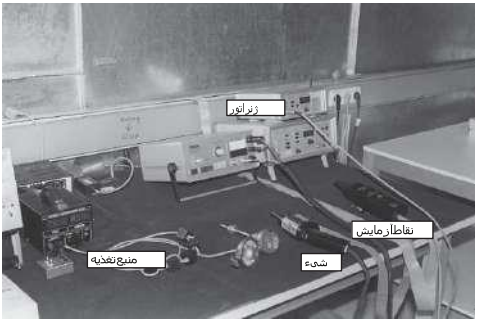


شکل۳.۳۹نمودار مدار ژنراتور ESD

دوروش برای ولتاژهای تا ۱۵ کیلوولت و دستگاه مورد آزمایش‌در حالت عملیاتی استفاده می شود:

الف) مولد تست به تمام قسمت های یک تجهیز که از بیرون‌با انگشت انسان قابل دسترسی است، اعمال می شود.سپس، با بستن رله، خازن Cهااز طریق مقاومت R تخلیه‌می شودو از طریق تجهیزات (**تخلیه تماسی**ده دیسک بارهای‌الکتریکی به هر نقطه تماس در یک ولتاژ تست ثابت انتخاب‌شده اعمال می شوند.

ب) ژنراتور آزمایشی با کنتاکت رله بسته، به تمام این قسمت هایی‌که از بیرون با انگشت انسان قابل دسترسی هستند،نزدیک می شود. خازن C با ایجاد قوس الکتریکی از طریق‌مقاومت R و از طریق تجهیزات () تخلیه می شود. **تخلیه‌بدون تماس**). در اینجا دوباره ده تخلیه به هر نقطه اعمال‌شد. شکل 3.40 تنظیمات آزمایشی برای آزمایش هایESD را نشان می دهد.



شکل۳.۴۰ترتیب آزمایش ESD

۴.۳.۳.۳سرج

برخوردصاعقه به خطوط شبکه برق می تواند باعث ایجاد تداخل‌یا آسیب پایدار به مصرف کنندگان شود، اگرچه صاعقه‌مستقیما بّه شبکه خط برخورد نمی کند.

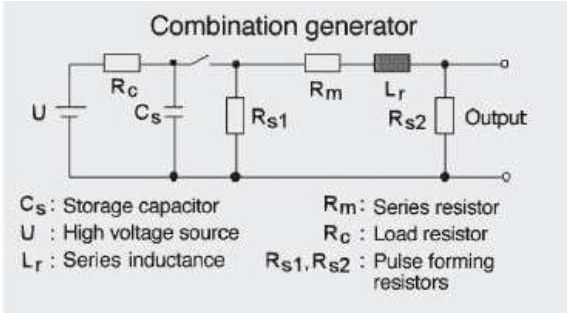
علت‌آسیب و تداخل، جریان بسیار پرانرژی در شبکه خط است‌که توسط رعد و برق القا می شود. این تداخل های جریان‌و ولتاژ ثانویه، تداخل های ولتاژ و جریان ثانویه نامیده می شوند.**افزایش ناگهانی**جریان ها. جریان های تا ۳۰۰ کیلوآمپرکه مستقیما دّر کانال صاعقه وجود دارند، در اینجا درنظر گرفته نمی شوند.

پدیده‌شایع تر تداخل موج القایی، موضوع آزمایشی است که دراینجا مورد بررسی قرار می گیرد. آزمایش استاندارد، پالس های‌جریان و ولتاژی را که در دنیای واقعی رخ می دهند،کپی می کند.
ژنراتورتست استاندارد، پالس های تداخلی تکی تولید می کندکه تا ۴ کیلوولت و ۱۰۰ آمپر جریان دارند.

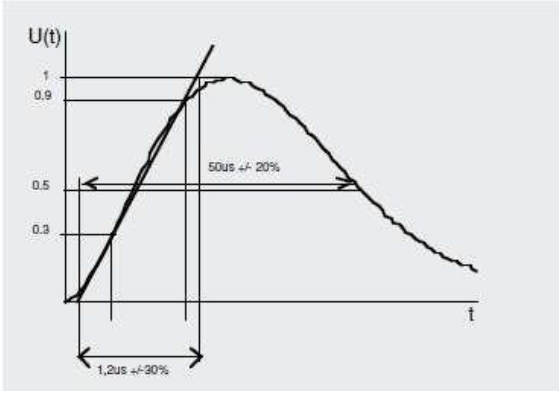
انرژی‌آنها به طور قابل توجهی بیشتر از پالس های تداخلی ناشی‌از ESD و انفجار است. برای این منظور از یک مولد ترکیبی‌همانطور که در شکل 3.41 نشان داده شده است استفاده‌می شود که می تواند دو نوع پالس تولید کند:

الف) الف‌**پالس ولتاژ در حالت سکون برای شبیه سازی رعدو برق**هنگام آزمایش عایق مطابق شکل 3.42.

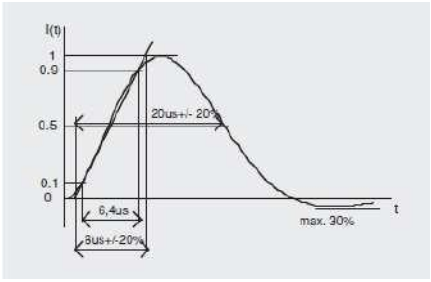
ب) الف‌**پالس جریان در حالت اتصال کوتاه برای آزمایش‌انرژی عناصر محافظ**مطابق شکل ۴۳.۳.



شکل۴۱.۳مدار ژنراتور ترکیبی
نمودارمطابق با ICE 801-5.



شکل۴۲.۳پالس روشنایی ۵۰/۲.۱میکروها
(تست عایق، کارکرد در حالت سکون)



شکل۴۳.۳پالس جریان ۲۰/۸ ثانیه (انرژی)
آزمایش،عملیات اتصال کوتاه)

بسته‌به هدف آزمایش و نمونه، انرژی به صورت گالوانیکی،خازنی، القایی و به صورت پالس تابشی کوپل می شود.هدف واقعی آزمایش همیشه شبیه سازی تداخل احتمالی‌صاعقه بسته به موقعیت مکانی است.

۵.۳.۳.۳قطعی/نوسان ولتاژ

قطع‌ولتاژ می تواند برای مدت کوتاهی، تا تقریبا ً20 میلی ثانیه،در منبع تغذیه هوایی در نتیجه تغییر بار سایر مصرف کنندگان‌رخ دهد. پس از قطع برق، اضافه ولتاژها اغلب‌در محدوده میلی ثانیه تا 3 برابر مقدار اسمی رخ می دهند.دستگاهی که از ولتاژ هوایی تغذیه می شود نباید تحت‌این شرایط آسیب ببیند. بی نظمی در عملکرد در صورت‌خرابی منبع تغذیه هوایی بیش از 20 میلی ثانیه نیز قابل‌تحمل است. بی نظمی دائمی در عملکرد نباید رخ دهد.

نوسانات‌ولتاژ بلندمدت در محدوده کمتر از ۱ ثانیه تا چند ساعت‌در شبکه منبع تغذیه هوایی تحت بار متوسط مصرف کننده‌ایجاد می شود. نوسانات تا ۱۰٪ ولتاژ در منبع تغذیه‌هوایی و حتی تا -۱۵٪ برای تقریبا ً۵ ثانیه در کوتاه مدت‌رخ می دهد. تجهیزاتی که از منبع تغذیه هوایی استفاده‌می کنند باید در محدوده تحمل مشخص شده بدون خطابه دلیل چنین نوسانات ولتاژی کار کنند.

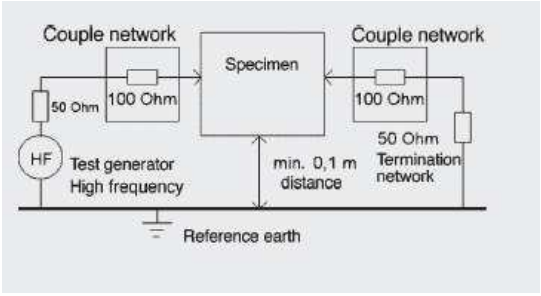
www.onlinedoctranslator.com - naisreP ot hsilgnE morf detalsnarT

۳.۳.۳.۶بی نظمی های فرکانس بالای هدایت شده

دراندازه گیری های آزمایشی با میدان تابشی (به بخش ۳.۳ مراجعه‌کنید) مقادیر اندازه گیری شده بسته به تجهیزات آزمایش،در محدوده ای از ۱۵۰ کیلوهرتز تا ۸۰ مگاهرتز پخش می شوند.**اتصال به خطوط تغذیه** و به طور خاص برای نمونه،تأثیر زیادی بر نتایج دارد. پیشینه فیزیکی تا حدودی به این‌واقعیت مربوط می شود که در مورد این فرکانس ها، به اصطلاح**میدان نزدیک**آنتن فرستنده به خطوط تغذیه نمونه متصل‌است. در این حالت، فاصله نمونه که 10 تا 30 فوت ازآنتن فرستنده است، کوچکتر یا مساوی طول موج موج الکترومغناطیسی‌در فاصله 2 تا 4 مایل است. نتایج زمانی قابل‌تکرار هستند که فرکانس بالا مستقیما بّه صورت خازنی یاالقایی به خطوط اتصال متصل شود. در واقعیت، ولتاژهای‌تداخلی متعددی که مستقیما تّولید یا متصل می شوند،در این محدوده های فرکانسی، به ویژه در شبکه منبع‌تغذیه، وجود دارند. آنها عمدتا آز طریق مصرف کننده های‌محافظت شده کارآمد با بسته های تغذیه سوئیچینگ‌در شبکه منبع تغذیه تأمین می شوند. رایانه ها عامل‌بخش بزرگی از این نوع تداخل هستند.**سیستم های کنترل‌موج** تابلوهای برق که کنتورها را روی مصرف کنندگان‌در محدوده فرکانسی چند کیلوهرتز با ظرفیتی‌در محدوده موج کوتاه سوئیچ می کنند، نیز تداخل ایجادمی کنند.

درشکل ۴۴.۳ چیدمان آزمایشی برای آزمایش تداخل فرکانس‌بالای انجام شده نشان داده شده است.
فرکانس های‌باریک باند (تک) از ۱۵۰ کیلوهرتز تا ۸۰ مگاهرتز برای‌تشخیص انتخابی واکنش لوازم خانگی اندازه گیری می شوند.فرکانس بالای مدوله نشده یا مدوله شده با تون در ۱ کیلوهرتز ۸۰٪ به خطوط تغذیه اعمال می شود. بسته به شدت‌آزمایش، آنها در دامنه ۱ ولت تا ۱۰ ولت یا در دامنه ۳۰ ولت‌برای درجه شدت بالاتر انجام می شوند. فرکانس بالا توسطیک ژنراتور قابل تنظیم در محدوده ۱۵۰ کیلوهرتز تا ۸۰ مگاهرتزتولید می شود. همچنین می توان از دو ژنراتور استفاده‌کرد، یکی از ۱۵۰ کیلوهرتز تا ۳۰ مگاهرتز و دیگری از ۳۰مگاهرتز تا ۸۰ مگاهرتز. در موارد خاص که خطوط تغذیه کوتاه‌هستند و لوازم خانگی از نظر هندسی کوچک هستند، آزمایش هارا می توان به صورت زیر نیز انجام داد.

باتوافق ویژه، فرکانس ها تا حداکثر ۲۳۰ مگاهرتز قابل ارائه هستند.



شکل۴۴.۳پیکربندی تست برای تداخل‌هدایتی

دستگاه‌تحت آزمایش در طول آزمایش کاملا عّملیاتی است. انحرافات‌در اندازه گیری از مقدار اندازه گیری شده مورد نظر تازمانی که در محدوده تلرانس پایه مشخص شده باشند، پذیرفته‌می شوند.

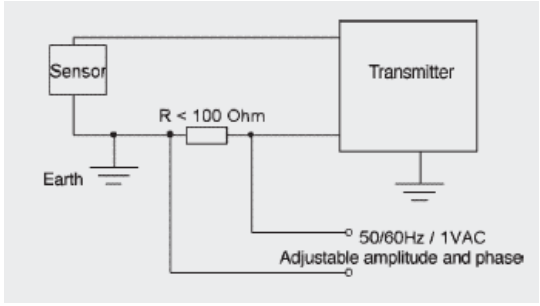
۳.۳.۳.۷تداخل فرکانس برق بالای سر (همهمه)

درحالی که فرکانس برق هوایی در آلمان و اروپا ۵۰ هرتز است،در ایالات متحده آمریکا ۶۰ هرتز است. از آنجایی که خطوط‌تغذیه حلقه های القایی بزرگی را تشکیل می دهند، یک‌میدان تداخل مغناطیسی با فرکانس ۶۰/۵۰ هرتز تقریبا همیشه‌وجود دارد. در نتیجه، این نوع تداخل یکی از اولین مواردی‌بود که اندازه گیری شد.

الف) یک ولتاژ تداخلی حالت مشترک یا متقارن ۲۵۰ ولت AC (موثر) با فرکانس ۶۰/۵۰ هرتز بین اتصالات خط و زمین متصل‌می شود (به بخش ۳.۳ و شکل ۳۵.۳ مراجعه کنید). این‌فرض می کند که اتصالات خط بدون اتصال به زمین هستندو نمونه کاملا عّملیاتی است. منبع ورودی باید عاری ازتداخل باشد.

ب) یک ولتاژ تداخل سریال یا نامتقارن با مقدار پیک کوچکتریا مساوی ۱ ولت AC با ۶۰/۵۰ هرتز به خط اندازه گیری‌متصل شده است. چیدمان اندازه گیری مورد استفاده‌را می توان در شکل ۴۵.۳ مشاهده کرد. اندازه گیری بایددر ۱۰٪ و ۹۰٪ ولتاژ اندازه گیری انجام شود.

سپس‌بدترین مقدار برای فاز ولتاژ تداخل جستجو می شود. اگرخطای اندازه گیری شده کمتر از 0.5٪ ولتاژ اندازه گیری با مقدارپیک ولتاژ تداخل 1 ولت AC باشد، این مقدار باید ذکر شود.در موارد دیگر، ولتاژ تداخلی که در آن خطای اندازه گیری‌به 0.5٪ ولتاژ اندازه گیری می رسد، باید مشخص‌شود.



شکل۴۵.۳اتصال سریال ۶۰/۵۰ هرتز تداخل

۸.۳.۳.۳موجک باقیمانده

پس‌از تبدیل جریان متناوب به جریان مستقیم با یک ترانسفورمر، ...**موجک باقیمانده**۵۰ هرتز یا مضربی از این، که‌بر جریان مستقیم اضافه شده است. این مقدار ۱۰٪ جریان‌مستقیم یک ترانسفورماتور ضعیف را تشکیل می دهدو باعث خطاهای آشکار در اندازه گیری، به ویژه در حلقه‌جریان ۴(میلی آمپر تا ۲۰ میلی آمپر) می شود.

این‌آزمایش، واکنش تجهیزات را به بخش های باقیمانده جریان‌متناوب برق بالای سر و همچنین مضارب آنها، عمدتا ۱۰۰هرتز، اندازه گیری می کند. ولتاژ تغذیه حلقه جریان به این ترتیب‌با جریان متناوب به ۱۰٪ اضافه می شود. تجهیزات در طول‌آزمایش به طور معمول کار می کنند. اندازه گیری ها در ۱۰٪،۵۰٪ و ۹۰٪ جریان حلقه انجام می شوند. مقدار پیک خطای‌جریان نباید بیشتر از ۳٪ ولتاژ اندازه گیری، یعنی ۴۸ باشد.میکروالف.

۹.۳.۳.۳تابش تداخلی ساطع شده

تجهیزات‌الکترونیکی فعال، به ویژه تجهیزات دارای ریزپردازنده‌و همچنین فرستنده های دیجیتال یا رایانه ها، به‌دلیل نوسان سازها و لبه های سوئیچینگ که از طریق خطوط‌اتصال و محفظه ها ساطع می شوند، ولتاژهای تداخل‌فرکانس بالا را به صورت داخلی تولید می کنند.

اندازه گیری هادر یک میدان آزاد یا در سالن های جاذب با آنتن های‌گیرنده انجام می شوند. قدرت میدان و جهت فرکانس های10 کیلوهرتز تا 1 گیگاهرتز ساطع شده توسط نمونه‌به ترتیب بر حسب دهه در فاصله 10 تا 30 فوت از نمونه‌اندازه گیری می شوند.

۴.۳.۳الزامات مربوط به رفتار تجهیزات در صنعت

الزامات‌مربوط به تداخل واکنشی تجهیزات به محدوده کاربردآنها بستگی دارد. علاوه بر این، تمام ورودی ها و خروجی های‌تجهیزات به یک شکل در نظر گرفته نمی شوند،بلکه رابط های مختلف یک قطعه از تجهیزات براساس اهمیت فنی و عملکرد وزن دهی می شوند. در موردمنبع تغذیه ولتاژ بالاسری، مهم نیست که آیا ولتاژهای‌تداخل ۱۰۰ هرتز روی هم قرار گرفته اند یا خیر، اما مطمئنا دَر مورد حلقه های جریان مهم است. نوع تداخل وبزرگی تداخل یا انرژی تداخل برای هر رابط به طور جداگانه تعیین‌می شود.

۱.۴.۳.۳طبقه بندی رفتار تجهیزات هنگام مواجهه با تداخل

رفتارتجهیزات تحت بار تداخلی هنگام اندازه گیری ها بر اساس‌سه دسته رفتار مختلف ارزیابی می شود:

دستهA: تجهیزات دقت اندازه گیری مشخص شده را حفظ می کنند.اغلب این دقت، دقت پایه نیز تلقی می شود (به بخش3.3.4.3 نیز مراجعه کنید).

دستهB: تحت بار تداخل، تجهیزات دچار بی نظمی در عملکردمی شوند اما پس از پایان بار تداخل، خود به خود بهبودمی یابند.

دستهC: این تجهیزات در صورت قرار گرفتن در معرض بار تداخلی،دچار اختلالات عملکردی می شوند و باید توسط اپراتوردوباره راه اندازی شوند.

بسته‌به نوع تجهیزات، میزان تداخل، نوع تأیید و رابط مربوطه،نمونه باید با حداقل دسته برای تأیید مطابقت داشته‌باشد.

خیر.	عنوان	دستورالعملEG	تحول به قانون‌آلمان	کاربرد ممکن‌است همانطورکه از	کاربرد اجباری همانطورکه از
۱	مخازن‌تحت فشار ساده	۴۰۴/۸۷/ای دیلیو جی	جی اس جی.۶ جی اس جی وی	۱.۰۷.۱۹۹۱	۱.۰۷.۱۹۹۳
۲	ایمنی‌اسباب بازی	۳۷۸/۸۸/ای دیلیو جی	جی اس جی.۳ جی اس جی وی		۱.۰۱.۱۹۹۱
۳	محصولات‌ساختمانی	۸۹/۱۰۶/EWG	محصول‌ساختمانی قانون		۱.۰۶.۱۹۹۱
۴	سازگاری‌الکترومغناطیسی	۸۹/۳۳۶/EWG	قانونEMV	۱.۰۱.۱۹۹۲	۱۹۹۶/۰۱/۰۱
۵	ماشین‌آلات	۳۹۲/۸۹/ای دیلیو جی	جی اس جی.۹ جی اس جی وی	۱۹۹۳/۰۱/۰۱	۰۱/۰۱/۱۹۹۵
۶	تجهیزات‌حفاظت فردی	۶۸۶/۸۹/ای دیلیو جی	جی اس جی.۸ جی اس جی وی	۱.۰۷.۱۹۹۳	۰۱/۰۱/۱۹۹۵
۷	ترازوهای‌غیر اتوماتیک	۳۸۴/۹۰/ای دیلیو جی	کالیبراسیون آیین نامه	۱۹۹۳/۰۱/۰۱	۰۱.۰۱.۲۰۰۳
۸	تجهیزات‌پزشکی قابل کاشت فعال	۳۸۵/۹۰/ای دیلیو جی	محصول‌پزشکی قانون	۱۹۹۳/۰۱/۰۱	۰۱/۰۱/۱۹۹۵
۹	تأسیسات‌مصرف گاز	۳۸۶/۹۰/ای دیلیو جی	جی اس جی.۷ جی اس جی وی	۱.۰۱.۱۹۹۲	۱۹۹۶/۰۱/۰۱
۱۰	پایانه های‌مخابراتی	۹۱/۲۶۳/EWG	اداره‌پست تصویب آیین نامه		۰۱.۱۱.۱۹۹۲
۱۱	دیگ های‌آب گرم جدید با سوخت‌مایع یا گازی	۹۲/۰۴۲/EWG	هنوزباز است	۰۱/۰۱/۱۹۹۴	۱.۰۱.۱۹۹۸
۱۲	تجهیزات‌الکتریکی برای استفاده در محدوده‌ولتاژ خاص (دستورالعمل ولتاژ پایین)	۷۳/۰۲۳/EWG	جی اس جی.۱ جی اس جی وی	۰۱/۰۱/۱۹۹۵	۱.۰۱.۱۹۹۷
۱۳	محصولات‌پزشکی	۹۳/۰۴۲/EWG	محصول‌پزشکی قانون	۰۱/۰۱/۱۹۹۵	۱.۰۱.۱۹۹۸ ۰۱.۰۷.۲۰۰۴
۱۴	تجهیزات‌و سیستم های حفاظتی در منطقه‌خطرناک انفجار	۰۰۹/۹۴/ای جی	هنوزباز است	۰۱.۰۳.۱۹۹۶	۰۱.۰۷.۲۰۰۳

جدول۱۸.۳تاریخ های معرفی نماد CE

۲.۴.۳.۳نماد CE

نمادانطباق CE، که به اختصار به عنوان نماد CE شناخته می شود،برای همه محصولات در اروپا و احتمالا آیالات متحده‌اجباری است یا خواهد شد. به عنوان اعلامیه سازنده، این‌نماد گواهی می دهد که محصول مورد نظر تمام مشخصات‌و استانداردهای EC (جامعه اروپا) معتبر برای کلاس‌خاص تجهیزات را برآورده می کند. این امر در مورد EMC و همچنین مقررات و تأییدیه های طراحی یا ایمنی برای‌همه محصولات، چه فرستنده، اسباب بازی یا دستگاه تولید،صدق می کند. تاریخ های معرفی برای نوع مربوطه محصول‌تعیین شده است (به جدول 3.18 مراجعه کنید).

علاوه‌بر این، نماد انطباق CE، مستندات و نماد اجباری برای این‌محصولات را تصریح می کند.

دوره‌گذار به ویژه در بخش EMC در اول ژانویه ۱۹۹۶ به پایان می رسد.از آن زمان به بعد، تمام تجهیزات تحویل داده شده بایدبا مقررات جدید مطابقت داشته باشند.

مقاومت‌مورد نیاز در برابر تداخل و ایمنی در برابر تشعشعات‌مزاحم. برای تجهیزاتی که این استانداردها را رعایت‌نمی کنند، انحراف از استاندارد باید مورد به مورد مستندشود، در غیر این صورت تحویل اکیدا مَمنوع است.

جدول۱۹.۳ زیر الزامات صنعتی را نشان می دهد که تا حدودی‌هنوز مورد بحث هستند:

رابط	نوع‌تداخل	اندازه گیری استاندارد	تداخل بزرگی	موردنیاز باشد- رفتارتحت بارتداخلی
مسکن	ای اس دی میدان‌تابشی میدان‌پالس ۹۰۰ مگاهرتز میدان‌مغناطیسی ۵۰ هرتز	کمیسیون‌صنتل انتخابات ۸۰۱-۳ کمیسیون‌صنتل انتخابات ۸۰۱-۳ ENV50141 کمیسیون‌صنتل انتخابات ۸۰۱-۴-۸،۱۰۰۰	۶کیلوولت/8، کیلوولت)۲ ۱۰ولت بر متر ۱۰ولت بر متر فقط۱ آمپر در دقیقه برای مانیتورها	ب الف الف الف
برق‌شهری AC عرضه	وقفه‌ولتاژ نوسان‌ولتاژ نوسان‌ولتاژ پشت‌سر هم افزایش‌ناگهانی اچ‌دی آنلاین	IEC 77B)CO(17 IEC 77B)CO(17 IEC 77B)CO(17 کمیسیون‌صنتل انتخابات ۸۰۱-۴ کمیسیون‌صنتل انتخابات ۸۰۱-۵ کمیسیون‌صنتل انتخابات ۸۰۱-۶	۵ثانیه > ٪۹۵ ۱۰میلی ثانیه / ٪۳۰ ۱۰۰میلی ثانیه / ٪۵۰ ۳کیلوولت ۱کیلوولت / ۳ کیلوولت ۱۰ولت	سی ب سی ب ب الف
منبع‌تغذیه DC	پشت‌سر هم افزایش‌ناگهانی اچ‌دی آنلاین	کمیسیون‌صنتل انتخابات ۸۰۱-۴ کمیسیون‌صنتل انتخابات ۸۰۱-۵ کمیسیون‌صنتل انتخابات ۸۰۱-۶	۳کیلوولت ۵.۰کیلوولت / ۱ کیلوولت ۱۰ولت	ب ب الف
ورودی های‌سیگنال خروجی های‌سیگنال خطوط‌سیگنال	پشت‌سر هم اچ‌دی آنلاین	کمیسیون‌صنتل انتخابات ۸۰۱-۴ کمیسیون‌صنتل انتخابات ۸۰۱-۶	۱کیلوولت ۱۰ولت	ب الف
جدول۱۹.۳الزامات نماد EMC CE (صنعت)				

)۱تماس مستقیم،)۲از طریق هوا

رابط	نوع‌تداخل	اندازه گیری استاندارد	تداخل بزرگی عادی موردنیاز	تداخل بزرگی بالاتر موردنیاز	موردنیاز رفتار تحت‌شرایط بین بارمرجع
مسکن	ای‌اس دی میدان‌تابشی میدان‌پالس ۹۰۰ مگاهرتز میدان‌مغناطیسی ۵۰ هرتز	کمیسیون‌بین‌المللی انتخابات ۸۰۱۰۳ کمیسیون‌بین‌المللی انتخابات ۸۰۱۰۳ ENV50141 کمیسیون‌بین‌المللی انتخابات ۱۰۰۰۰۴۰۸	۶کیلوولت(۱/ ۸کیلوولت(۲ ۱۰ولت بر متر ۱۰ولت بر متر فقط۱ آمپر در دقیقه برای مانیتورها	۸کیلوولت(۱/ ۱۵کیلوولت(۲ 30ولت بر متر 30ولت بر متر	الف الف الف الف
برق‌شهری AC عرضه	وقفه‌ولتاژ نوسان‌ولتاژ نوسان‌ولتاژ پشت‌سر هم افزایش‌ناگهانی اچ‌دی آنلاین تحمل‌فرکانس (50/60 هرتز)	IEC 77B)CO(17 IEC 77B)CO(17 IEC 77B)CO(17 کمیسیون‌بین‌المللی انتخابات ۸۰۱۰۴ کمیسیون‌بین‌المللی انتخابات ۸۰۱۰۵ کمیسیون‌بین‌المللی انتخابات ۸۰۱۰۶ استاندارد DIN VDE 160	۵ثانیه > ۹۵٪ ۱۰میلی ثانیه / ۳۰٪ ۱۰۰میلی ثانیه / ۵۰٪ ۳کیلوولت ۱کیلوولت / ۳ کیلوولت ۱۰ولت ±۳٪	۵ثانیه > ۹۵٪ ۱۰میلی ثانیه / ۳۰٪ ۱۰۰میلی ثانیه / ۵۰٪ ۴کیلوولت ۳کیلوولت / ۴ کیلوولت ۳۰ولت ±۶٪	سی ب سی الف ب الف الف
منبع‌تغذیه DC	پشت‌سر هم افزایش‌ناگهانی اچ‌دی آنلاین	کمیسیون‌بین‌المللی انتخابات ۸۰۱۰۴ کمیسیون‌بین‌المللی انتخابات ۸۰۱۰۵ کمیسیون‌بین‌المللی انتخابات ۸۰۱۰۶	۳کیلوولت ۵.۰کیلوولت / ۱ کیلوولت ۱۰ولت	۴کیلوولت ۱کیلوولت ۳۰ولت	الف ب الف
ورودی‌سیگنال خروجی‌سیگنال خطوط‌سیگنال	پشت‌سر هم اچ‌دی آنلاین	کمیسیون‌بین‌المللی انتخابات ۸۰۱۰۴ کمیسیون‌بین‌المللی انتخابات ۸۰۱۰۶	۱کیلوولت ۱۰ولت	۳کیلوولت ۳۰ولت	الف الف
جدول۳.۲۰ الزامات EMC طبق NAMUR					

)۱تماس مستقیم،)۲از طریق هوا

۳.۴حفاظت در برابر انفجار در دستگاه های‌اندازه گیری الکتریکی

۱.۴.۳اصطلاحات و تعاریف اولیه

۱.۱.۴.۳توسعه تاریخی

صنعت‌معدن از آغاز فعالیت خود در قرون وسطی، پیوسته ازحوادث انفجار رنج می برد. به طور خاص «انفجارهای ناشی‌از آتش» بود که باعث مرگ معادن می شد. علت آن گازگودال، ترکیبی از ۱۵٪ متان با هوا بود. شعله های باز چراغ های‌گودال اغلب مخلوط گاز را مشتعل می کردند تا اینکه‌دیوی چراغ های ایمنی با توری مسی را برای جلوگیری ازاحتراق توسعه داد. همچنین تلاش هایی برای جلوگیری از احتراق‌یا انفجار با تهویه مناسب راهروها انجام شد. با توجه به‌وضعیت مهندسی موجود در آن زمان، این روش در بیشترموارد مؤثر نبود. چراغ های الکتریکی و سیستم های سیگنال‌ایمن تر در حدود آغاز قرن بیستم، پس از کشف برق،معرفی شدند. تلاش هایی برای جلوگیری از احتراق خطرناک‌ناشی از رشته های داغ هنگام شکستن لامپ توسطزره ها و چراغ های عایق گاز انجام شد. با این وجود، حوادثی‌همچنان رخ می دادند که در ابتدا توضیح آنها دشوار بود.

مفهوم‌ایمنی یکپارچه در بریتانیای کبیر برای سیگنالینگ در معادن‌از سال ۱۹۱۴ تا ۱۹۱۶ توسعه یافت. دلیل این توسعه، فاجعه‌جدی معدن در ۱۴ اکتبر ۱۹۱۳ در سنگهنید در ولز بود که درآن ۴۳۹ نفر جان باختند. فرض بر این بود که جرقه ای که توسطیک سیستم سیگنال الکتریکی یا یک سنگ در حال سقوطایجاد شده است، باعث این انفجار شده است.

مطالعات‌بعدی نشان داد که قوس الکتریکی که در سوئیچ های‌سیگنال یا زنگ ها به دلیل ولتاژ یا انرژی القایی ذخیره‌شده توسط زنگ رخ می دهد، می تواند مخلوط متان وهوا را مشتعل کند. در عین حال، ثابت شد که می توان با کاهش‌ولتاژ یا محدود کردن جریان القایی توسط مقاومت های‌اهمی از احتراق جلوگیری کرد.

این‌آغازِتوسعه ایمنی ذاتی در برابر انفجار:

انرژی‌موجود در هر نقطه از مدار الکتریکی، حتی در شرایط معیوب،هرگز نباید قادر به تولید جرقه احتراق باشد.

۱۹۱۷ اولین‌دستگاه های مبتنی بر این ایده کلی در بریتانیای‌کبیر مورد استفاده قرار گرفتند.

۱۹۳۶ این‌اصل برای اولین بار در خارج از معدن نیز مورداستفاده قرار گرفت

۱۹۴۵ اولین‌استاندارد ایمنی ذاتی (BS 1259) در بریتانیای‌کبیر صادر شد.

۱۹۵۶ این‌مفهوم در آمریکا پذیرفته شد

۱۹۶۵ استانداردآمریکایی RP 12.2 بر اساس این مفهوم منتشرشد.

۲.۱.۴.۳اصطلاحات پایه فیزیک

احتراق‌به این معنی است که یک**مخلوط مواد**به عنوان یک قاعده،یک مخلوط گازی به صورت انفجاری واکنش می دهد.احتراق هر ماده ای مستلزم مخلوط شدن اجزای واکنش‌است، یعنی مخلوط هوا و گاز در انفجار مرطوب آتش‌یا مخلوطی از گرد و غبار و هوا در انفجارهای دانه-گرد و غباریا مخلوط مایع-هوا در موتورهای گازی. اغلب انرژی های بسیارکم برای احتراق کافی هستند و واکنش ها مانند بهمن رشدمی کنند.

حداقل‌انرژی لازم برای شروع واکنش نامیده می شود.**انرژی احتراق**این مقدار برای هر مخلوط ماده به صورت جداگانه دردستگاه آزمایش تعیین می شود. در حال حاضر، انرژی احتراق ...< ۳۰میکرو.به طور کلی برای اکثر مخلوط های مواد خطرناک‌بی ضرر در نظر گرفته می شود J

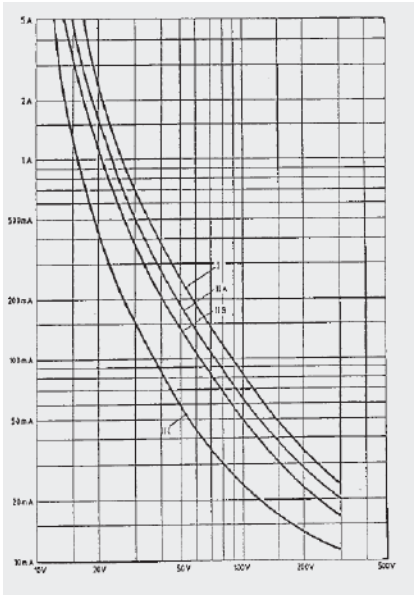
–

انواع‌احتراق

یک‌مخلوط انفجاری می تواند به روش های مختلف از نظر فیزیکی‌مشتعل شود. ویژگی همه انواع احتراق این است که انرژی‌احتراق لازم می تواند به صورت موضعی، از جمله با تجمع‌استاتیک در طول زمان، تخلیه شود.

جرقه هایی‌که هنگام قطع یا وصل یک مدار جریان ایجاد می شوند،می توانند باعث احتراق الکتریکی شوند. قوس مستقیم‌ولتاژهای بالا (مانند آنچه که توسط شمع ایجاد می شود) نیز می تواند جرقه ایجاد کند.

ارتباطبین دو پارامتر الکتریکی، چه جریان، ولتاژ، ظرفیت یا اندوکتانس‌در یک مدار قدرت، برای احتمال احتراق ثابت با حداقل‌نشان داده شده است.**منحنی احتراق**برای یک مخلوط‌احتراق خاص (شکل 3.46 را ببینید).



شکل۳.۴۶ منحنی‌احتراق، مدار احتراق اهمی

احتراق‌دمابا گرم کردن مستقیم مخلوط احتراق تا دمای واکنش‌لازم ایجاد می شود. گرم کردن توسط ... انجام نمی شود.**شعله های آتش باز**با این حال.

دمایی‌که در آن مخلوط احتراق هنوز قادر به احتراق در دمای ثابت‌یکنواخت و با نامطلوب ترین مخلوط است، نامیده می شود.**نقطه اشتعال**.

احتراق‌سطحیحتی زمانی که دمای محیط برای احتراق خیلی‌سرد است، احتراق مخلوط احتراق روی یک سطح داغ رخ‌می دهد. به دلیل توزیع انرژی ماکسول-بولتزمن روی سطح،انرژی احتراق استاتیک موضعی کافی وجود دارد. در صورت‌بروز خطا، این اثر می تواند در تجهیزاتی با سطوحی که‌توسط جریان بیش از حد گرم شده اند نیز رخ دهد. این اثر برای‌اولین بار پس از سال ۱۹۶۴ در استانداردها در نظر گرفته شد.یک صاعقه نیز می تواند انرژی کافی برای احتراق را فراهم‌کند، همانطور که یک مخلوط احتراق سازگار با واکنش مانندااکسیژن-هیدروژن یا کلر-اکسیژن-هیدروژن می تواند انرژی‌کافی برای احتراق فراهم کند.

در**احتراق موج فشاری**، مخلوط احتراق توسط موج تراکم آنقدربه شدت فشرده می شود که انرژی کافی برای احتراق مخلوط‌تخلیه می شود.

احتمال‌احتراقمعیاری برای احتمال وقوع جرقه احتراق با انرژی‌مشخص است که باعث احتراق می شود. احتمال احتراق0.1٪ به عنوان شرط حدی برای نمایش منحنی حداقل‌احتراق استفاده می شود. تجهیزات مورد استفاده در مناطق‌خطرناک انفجار باید حداقل به میزان زیر منحنی حداقل‌احتراق معتبر قرار گیرند.**ضریب ایمنی**حتی در صورت‌بروز خطا، ۵.۱. این معادل احتمال احتراق ۱۰x۱ است. -6برای چنین تجهیزاتی.

۳.۱.۴.۳استانداردها و مقررات

استانداردهاو مقررات مربوط به ایمنی ذاتی در ایالات متحده‌توسط انجمن ملی حفاظت در برابر آتش تعریف شده است.کد ملی برق.)ماده ۵۰۰ - NFPA 70(

درآلمان، این استانداردها و مقررات توسط Physikalische Technische Bundesanstalt)PTB(تعریف‌می شوند که تنها حق تأیید در آلمان را دارد. این مؤسسه‌روش های جدید آزمایش را تعریف و آزمایش می کندو مقررات جدید حاصل را منتشر می کند.

برای‌کسب اطلاعات کامل تر از آنچه در این کتابچه راهنما آمده‌است، می توان با این سازمان ها به شرح زیر تماس گرفت:

انجمن‌ملی حفاظت در برابر آتش سوزی ۱
پارک‌باتری مارچ
صندوق‌پستی ۹۱۰۱
کوئینسی، MA 02269-9101 ایالات متحده آمریکا

پیتی بی
Technische Bundesanstalt Bundesallee100
Physikalische
۳۸۰۲۳براونشوایگ، آلمان

پارامترهای‌ایمنی مشخصه فنی برای ایالات متحده

.نشان‌داده شده است، تعریف می کند aمکان های خطرناک را بر اساس کلاس،بخش و گروه، همانطور که در جدول NFPA 3.47

کلاس،وضعیت ماده قابل احتراق، یعنی گازها و بخارات یا گردو غبار را تعریف می کند. بخش، پتانسیل را مشخص می کند.گروه، نوع ماده قابل احتراق را تعریف می کند.

کلاس I - گازها یا بخارات قابل اشتعال

بخش اول
- گازها یا بخارات قابل اشتعال در شرایط عادی وجود دارند
- ممکن است به دلیل نشتی، تعمیر یا نگهداری وجود داشته باشد
- ممکن است به دلیل خرابی تجهیزات رها شود

بخش ۲۰ مایعات یا گازهای قابل اشتعال فرار استفاده می شوند، اما معمولا دّر محیط های بسته محصور می شوند.
ظروف
- غلظت های قابل اشتعال معمولا بّا تهویه مکانیکی مثبت جلوگیری می شوند.
- مجاور یک مکان کلاس I، بخش 1

گروه الف: اتمسفرهای‌حاوی استیلن

گروه ب: اتمسفرهای‌حاوی هیدروژن، سوخت و گازهای فرآیندی قابل احتراق با30 درصد هیدروژن یا سایر گازها یا بخارات خطرناک معادل مانند بوتادین،اتیلن اکسید، پروپیلن اکسید و آکرولئین.

گروه ج: اتمسفرهایی‌مانند اتیل اتر، اتیلن یا گازها یا بخاراتی با خطر معادل.

گروه D: اتمسفرهایی‌مانند استون، آمونیاک، بنزن، بوتان، سیکلوپروپان ها، اتانول،بنزین، هگزان ها، متانول، متان، گاز طبیعی، پروپان یا گازها یا بخاراتی‌با خطر معادل.

جدول۳.۴۷ الف طبقه بندی‌مکان های خطرناک برای ایالات متحده طبق قانون ملی برق NFPA - ماده ۵۰۰ (۱۹۹۰)

کلاس II - گرد و غبار قابل احتراق

بخش اول
- غبارهای قابل احتراق در شرایط عادی وجود دارند
- ممکن است به دلیل استفاده نادرست یا خرابی تجهیزات، یا به دلیل خرابی‌همزمان تجهیزات الکتریکی وجود داشته باشد
- ممکن است گرد و غبار رسانای الکتریکی وجود داشته باشد

بخش ۲
- در شرایط کارکرد عادی، گرد و غبارهای قابل احتراق وجود ندارند.
- ممکن است در اثر خرابی تجهیزات ایجاد شود
- تجمعات به اندازه ای باشند که در دفع ایمن گرما از تجهیزات الکتریکی اختلال ایجاد کنند.
- تجمعات ممکن است در اثر عملکرد غیرطبیعی یا خرابی تجهیزات الکتریکی قابل اشتعال باشند.

گروه E: اتمسفرهای‌حاوی گرد و غبار فلزات قابل احتراق، از جمله‌آلومینیوم، منیزیم و آلیاژهای تجاری آنها، یا سایر گردو غبارهای قابل احتراق که اندازه ذرات، ساینده‌گی و رسانایی‌آنها خطرات مشابهی را در استفاده از تجهیزات الکتریکی‌ایجاد می کند.

گروه F: اتمسفرهایی‌حاوی گرد و غبار کربنی قابل احتراق، از جمله‌کربن سیاه، زغال چوب، زغال سنگ یا گرد و غبارهایی‌که توسط مواد دیگر حساس شده اند به طوری که‌خطر انفجار دارند.

گروه G: اتمسفرهایی‌حاوی گرد و غبار قابل احتراق که در گروه E یاF قرار ندارند، از جمله آرد، غلات، چوب، پلاستیک و موادشیمیایی.

کلاس III - الیاف یا ذرات قابل اشتعال

بخش اول الیاف‌یا موادی که به راحتی قابل اشتعال هستند و ذرات قابل احتراق تولیدمی کنند، جابجا، تولید یا استفاده می شوند.

بخش ۲ الیاف به راحتی قابل اشتعال ذخیره یا جابجا می شوند

پارامترهای‌ایمنی مشخصه فنی برای آلمان

تجهیزات‌باید برای کاربرد مورد تأیید خاص و شرایط اتصال ویژه‌آن علامت گذاری شوند.

The**گروه احتراق**حوزه کاربردی که تجهیزات برای آن تأیید شده‌است را شرح می دهد. **گروه احتراق I**اعمال می شود برای**معدنکاری**برای**خطرات آتش سوزی**.

گروه‌احتراق IIاعمال می شود برای**حوزه های کاربرد خارج ازمعدن**.

نامه ها**الف،بوسی**برای گروه احتراق II نیز مشخص کنید **خطراحتراق**مخلوط احتراق در دما و فشار محیط.
طبقه بندی‌گازها در استاندارد DIN VDE 0165 آمده است.
طبقه بندی های‌زیر معتبر هستند:

IIA=انرژی احتراق کلاس کم خطرترین
۱۸۰میکرو)به عنوان مثال، پروپان(J
آی‌بی=انرژی احتراق طبقه متوسط ۶۰ میکروجی (برای به‌عنوان مثال، اتیلن)
آی‌سی=خطرناک ترین کلاس انرژی احتراق ۲۰میکروجی (مثلا آستیلن یا هیدروژن)

The**کلاس دمایی TX**حداکثر دمای سطح قابل دسترس برای‌مخلوط احتراق را که تجهیزات حتی در شرایط معیوب نبایداز آن تجاوز کنند و حداکثر دمای محیط تأیید شده را توصیف‌می کند.

T1	=	850°F
T2	=	600°F
T3	=	400°F
T4	=	275°F
T5	=	212°F
T6	=	185°F

درجه بندی‌منطقهاحتمال وجود شرایط انفجاری را توصیف می کند.مقررات مربوط به نوع و ساخت وساز ویژه نیز می توانندر مناطق مربوطه معتبر باشند:

منطقه۰ = خطرمداوم
گازهای‌قابل انفجار بیش از ۱۰۰۰ ساعت در سال‌وجود دارند

منطقه۱ = خطرگاه به گاه
گازهای‌قابل انفجار بین 10 تا 1000 ساعت درسال وجود دارند

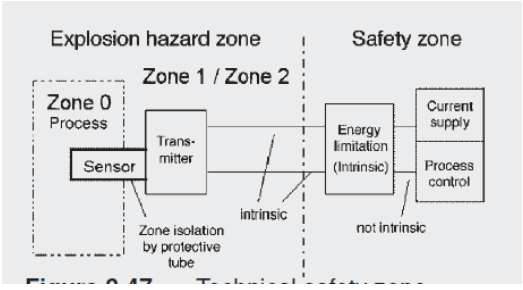
منطقه۲ = به‌ندرت خطرناک است
گازهای‌انفجاری بین آنها وجود دارد ۱.۰ **تا ۱۰ ساعت‌در سال**

منطقه۱۰ = خطر گاه به گاه تا مداوم
گردو غبارهای قابل انفجار بیش از ... وجود دارند ۱۰ **ساعت‌در سال**

منطقه۱۱ = به ندرت خطرناک
گردو غبارهای قابل انفجار بین آنها وجوددارد۱.۰ **تا ۱۰ ساعت در سال**

منطقه‌ایمنی = محافظت در برابر انفجار وجود ندارد لازم‌است.

سیگنال های‌الکتریکی اغلب باید از یک منطقه خطرناک انفجاربه یک منطقه ایمن یا به منطقه دیگری منتقل شوند (شکل3.47 را ببینید). علاوه بر این، انرژی عملیاتی باید همیشه‌از خارج به منطقه خطرناک انفجار منتقل شود. ایزولاسیون‌منطقه ایمن برای انرژی الکتریکی در یک قطعه مناسب‌به عنوان رابط، یعنی در منبع تغذیه برای یک حلقه جریان،نصب می شود. الزامات ویژه ای برای چنین ایزولاسیون‌منطقه ای اعمال می شود تا هیچ انرژی ای حتی درصورت وقوع خطا نتواند وارد منطقه بحرانی (بعد از منطقه1 یا منطقه 0) شود.



شکل۳.۴۷ منطقه‌ایمنی فنی انزوا

انواع‌حفاظت

یک‌حرف و شرح مفهوم خاص برای تجهیزات جلوگیری از انفجار،نوع حفاظت در برابر احتراق را مشخص می کند.

مفهوم‌انزوا

یک«منطقه ذاتی» ایجاد می شود که تجهیزات را از فضای انفجاری‌اطراف تجهیزات که قابلیت اشتعال دارند، جدا می کندتا احتراق در «منطقه ذاتی تجهیزات» رخ ندهد. رویه هایی‌که بر اساس این مفهوم تدوین شده اند، به شرح زیراست.

غوطه وری‌در روغن - حرف o

این‌تجهیزات در روغن احاطه شده یا غوطه ور می شوند تا احتراق‌از طریق جرقه و قوس الکتریکی رخ ندهد. این روش اغلب‌در مهندسی برق، به عنوان مثال، برای ترانسفورماتورهاو تابلو برق ها استفاده می شود.

محفظه‌تحت فشار یا تهویه اجباری - حرف p

این‌تجهیزات توسط هوای تازه یا گاز بی اثر با فشار بیش از حدتقریبی 8 PSI در یک محفظه هوابند، پاکسازی می شوند. بافشار مثبت از ورود مخلوطی که قابلیت انفجار دارد جلوگیری‌می شود یا با رقیق کردن مخلوط قابل اشتعال، از احتراق‌جلوگیری می شود. این روش برای تجهیزات بزرگتر و اتاق های‌تحلیلی استفاده می شود.

پرکن‌پودری - حرف q

تجهیزات‌پر شده است**پودر ضد انفجار**وقتی از این روش استفاده‌می شود. این روش فقط در فناوری اندازه گیری یا برای‌ابزارهای اندازه گیری ویژه استفاده می شود. از سوی دیگر،پر کردن با ماسه اغلب در منطقه ایمنی به عنوان ... استفاده‌می شود.**حفاظت در برابر آتش سوزی در محل فیوزها**نگران هستند.

کپسوله‌سازی - حرف m

این‌تجهیزات کاملا دّر یک ترکیب عایق گاز و دائ‌می مانند اپوکسی‌جاسازی شده اند. این جاسازی به گونه ای انجام می شودکه هیچ دمای نامناسبی روی سطح ایجاد نشود و هیچ‌اتمسفر قابل اشتعالی به داخل تجهیزات نفوذ نکند. کپسوله سازی‌اغلب در ارتباط با اقدامات محدودکننده الکتریکی،برای موارد زیر استفاده می شود:

برای‌توانی که توسط باتری به یک ابزار اندازه گیری داده می شود یادر مواردی که به درایوهای متغیر مربوط می شود، کافی است.

مفهوم‌ساخت و ساز ویژه مکانیکی (و الکتریکی)

درجایی که به این مفهوم مربوط می شود، یک طراحی ویژه تضمین‌می کند که انفجار در تجهیزات هیچ تاثیری نخواهد داشت‌یا حتی نمی تواند رخ دهد. نمونه ای از این مورد، چراغ‌معدنچی دیوی است. طبقه بندی های زیر تحت این عنوان‌قرار می گیرند.

افزایش‌ایمنی - حرف e

The**تجهیزات الکتریکی**با درجه ایمنی مکانیکی و الکتریکی بالاتری‌تولید می شود، به طوری که در اثر شکستگی کابل در حین‌کار، دمای نامناسب بالا یا جرقه الکتریکی رخ ندهد. هیچ‌وسیله ای نباید تحت عنوان «ایمنی افزایش یافته» که مانندموتورهای جمع کننده، خود جرقه تولید می کنند، استفاده‌شود. تجهیزات دارای «ایمنی افزایش یافته»، یعنی ترمینال ها،موتورهای کوچک بدون جاروبک، لامپ ها و محفظه های‌ترمینال، اغلب در ترکیب با «محفظه های ضد شعله» استفاده می شوند.

مفهوم‌محدودیت انرژی احتراق با این مفهوم**انرژی الکتریکی**در مناطق خطرناک انفجار محدود شده است به طوری‌که تمام خطاهای الکتریکی بالقوه مانند اتصال کوتاه، شکستگی‌سیم، گرمای بیش از حد، خرابی قطعات یا دمای سطح‌غیرقابل قبول رخ ندهد. این روش رایج ترین مفهوم مورداستفاده در فناوری اندازه گیری است زیرا فناوری اندازه گیری‌معمولا مّی تواند با انرژی های کوچک کار کند. این‌مفهوم همچنین به صورت زیر تعریف می شود:

ایمنی‌ذاتی - حرف i

این‌نوع حفاظت به دو گروه تقسیم می شود:

-در مورد ایمنی ذاتی‌**آی بی‌اگر‌گسل مستقل**با فرض اینکه تمام‌خطاهای بعدی برای یک عنصر ساختاری ایمن در نظر گرفته‌شود، شرایط احتراق نباید رخ دهد.

-در مورد ایمنی ذاتی**ایا**، اگر**دو خطای مستقل**با فرض اینکه‌تمام خطاهای بعدی برای دو قطعه ای که ایمن در نظرگرفته می شوند، رخ دهند، هیچ شرایط احتراقی نباید رخ‌دهد.

تمام‌وسایل برقی که قرار است در مناطق خطرناک انفجاری منطقه0 و منطقه 1 استفاده شوند، مشمول تأیید اجباری هستند.**گواهی سازنده**برای تجهیزات الکتریکی مورد استفاده‌در ... کافی است**منطقه ۲.**

یک‌استثنا در مورد تأیید اجباری برای استفاده از تجهیزات الکتریکی‌در منطقه ۱ برای نوع ایمنی ذاتی حفاظت از احتراق وجوددارد.

تجهیزات‌عبارتند از**از نظر الکتریکی غیرفعال**یعنی مانند یک‌مقاومت الکتریکی یا یک ترموکوپل Pt 100 انرژی الکتریکی‌تولید یا ذخیره نمی کند. این تجهیزات همچنین باید بامشخصات خاص مکانیکی و الکتریکی مطابقت داشته باشند.رفتار گرمایشی تجهیزات تحت تأثیر برق مشخص است.در این حالت، تجهیزات می توانند کار کنند.**بدون تاییدیه‌ویژه**اینجا دوباره یک **گواهی تولیدکنندگان**کافی است.تجهیزاتی که انرژی الکتریکی را ذخیره یا تولید می کنندنیز در صورت برآورده شدن تمام شرایط زیر ذاتا ً ایمن‌در نظر گرفته می شوند:

-حداکثر ولتاژ رخ داده برابر است با< ۲.۱ ولت -
حداکثر جریان جاری< ۱۰۰ میلی آمپر
-حداکثر ظرفیت ممکن< ۲۵ میلی وات
-حداکثر انرژی ذخیره شده< ۲۰میکروجی.

مفهوم‌شمول

این‌مفهوم مشابه مفهوم ایزولاسیون است. با این تفاوت که علاوه‌بر ایزوله شدن تجهیزات یا قطعات الکتریکی از جو، انفجارهایا پیک های فشار سریعی که در داخل تجهیزات یا منطقه ی‌شمول رخ می دهند، منجر به احتراق از طریق ... نمی شوند.**موج فشار**نوع مناسب حفاظت در برابر احتراق به‌صورت زیر تعریف می شود:

ضدانفجار - حرف d

این‌تجهیزات با جاسازی یا با استفاده از یک ساختار مکانیکی مناسب‌دیگر، به اندازه ای محکم محصور می شوند که انفجارداخلی از فشار عبور نکند یا به آرامی از آن عبور کند.

به‌محیط زیست و**افزایش فشار قابل اشتعال**از این نوع محافظت‌در برابر احتراق در گذشته بسیار استفاده می شد، امااکنون در مقایسه با ایمنی ذاتی محبوبیت خود را از دست‌داده است. محفظه های ضد شعله در چرخ دنده های تعویض‌دنده، موتورها، لیفتراک ها و پمپ ها استفاده می شوند.

مواردخاصی وجود دارد که نمی توان آنها را تحت روش های ذکرشده در بالا طبقه بندی کرد.

حفاظت‌ویژه - حرف s

بااین نوع محافظت در برابر احتراق، یک ساختار ویژه و منحصربه فرد برای یک مورد خاص از کاربرد ساخته می شود.شرایط و مقررات پذیرش برای این محافظت ویژه به‌صورت جداگانه تعیین می شود.

استانداردهای‌مربوط به انواع حفاظت در برابر احتراق و تجهیزات‌ویژه در سراسر اروپا در IEC 79-ff و EN 50014 ff موردتوافق قرار گرفته است. مقررات مربوطه برای کشورهای‌مختلف، DIN VDE 0165/0170/0171 در آلمان و BS 5345 در بریتانیای کبیر، به طور مناسب در سطح ایالتی‌تعیین شده اند. جزئیات را می توانید در جدول 3.21 مشاهده‌کنید.

The**نماد انطباق CE**همچنین برای محصولات مربوط به مناطق‌محافظت شده در برابر انفجار اجباری خواهد شد. دستورالعمل‌مربوطه EC/09/1994 پارلمان اروپا مورخ 23 مارس1994 ایجاب می کند که قوانین و مقررات ملی مربوطه‌باید تا 31 مارس 1995 مورد توافق قرار گیرند. با این‌حال، این امر هنوز در آلمان تا فوریه 1995 انجام نشده بود.نماد انطباق CE می تواند از اول مارس 1996 اعمال شود.از اول ژوئیه 2003 اجباری خواهد شد. در این مقطع زمانی،تمام تأییدیه های ایمنی فنی که قبل از اول مارس 1996اعطا شده اند، و همچنین تمام تأییدیه های ایمنی فنی‌که بر اساس نماد انطباق CE تا 30 ژوئن 2003 اعطا نشده اند،باطل می شوند.

یکمثال از نامگذاری ایمنی فنی برای پایان دادن به این بخشارائه شده است:

EEx ib IIC T5

به‌طور مفصل، این نامگذاری به این معنی است:

ای‌اکس:تأیید مطابق با CENELEC

آی‌بی:نوع ذاتی**محافظت در برابر احتراق**، مناسببرای استفاده در مناطق ۱ و ۲

آی‌سی:برای همه مخلوط های احتراق (گازها) تأیید شده است

تی:۵برای تمام کلاس های دمایی T1 تا T1 تایید شده است دردمای محیط -4 T5درجه‌تا 105 Fدرجه‌ف.

سازمان‌تأییدکننده، شماره خود را برای تجهیزات یا محصول تأییدشده ارائه می دهد. اگر**ایکس**به عنوان پسوند در انتهایاین شماره ارائه شده است، به این معنی که شرایط ویژه ایبرای کار با تجهیزات باید رعایت شود. این شرایط در گواهی‌انطباق ذکر شده است.

نوع‌احتراق حفاظت	استفاده‌کنید درمنطقه:	استانداردآلمان: استانداردDIN VDE ۰۱۷۰/۰۱۷۱	کمیسیون‌صنعال اند استاندارد: EN50-	سنلک استاندارد کمیسیون‌صنعال اندخابات: سابق ... ای‌اکس...	کد:	نمونه هایی‌از کاربرد
عمومی الزامات		قسمت۱	۷۹-۰	014		استاندارد DIN EN 50
غوطه وری‌در روغن	۲	قسمت۲	۷۹-۶	015	ای	ترانسفورماتورها تابلوبرق
تحت‌فشار محصورکردن، اجباری تهویه	و۱ ۲	قسمت۳	۷۹-۲	۰۱۶	ص	تحلیلی اتاق ها
پرکردن پودر	۲	قسمت۴	۷۹-۵	۰۱۷	س	اندازه گیری سازها
کپسوله‌سازی	و۱ ۲	قسمت۹	۷۹-۱۸	۰۲۸	متر	اندازه گیری سازها، درایوهای‌متغیر
افزایش‌ایمنی	و۱ ۲	قسمت۶	۷۹-۷	۰۱۹	ای	لامپ ها، اتصال جعبه ها
ایمنی‌ذاتی	من۰:۱؛۲ ۱؛۲	قسمت۷ قسمت۱۰	۷۹-۱۱	020 (تجهیزات) (۰۳۹سیستم ها)	من ایا یای بی	اندازه گیری سازها، ابزاردقیق درایوهای‌متغیر
ضدانفجار محوطه	و۱ ۲	قسمت۵	۷۹-۱	۰۱۸	د	موتورها، پمپ ها
حفاظت‌ویژه	و۱ ۲	—	—	—	ها	آشکارسازهای‌گاز

جدول۲۱.۳انواع حفاظت در برابر احتراق در حفاظت در برابر انفجار

۲.۴.۳قوانین طراحی برای دستگاه های اندازه گیری ذاتا ً محافظت شده‌در برابر انفجار (آلمان)

۱.۲.۴.۳مقررات برق

حداقل‌انرژی احتراق

اولین‌هدف هنگام طراحی تأسیسات اندازه گیری ذاتا آیمن، محدودکردن انرژی احتراق الکتریکی حتی در شرایط معیوب است.در اینجا بین نقص ها و منابع احتراق که می توانند در مداررخ دهند و میزان انرژی که می تواند از مدار خارج شود یابه رابط های الکتریکی برسد، تمایز قائل می شوند. آنچه که‌هنگام ترکیب تعدادی دستگاه (در مورد سیستم های اندازه گیری) باید در نظر گرفته شود، ترکیب تمام اندوکتانس هاو کاپاسیتانس های مؤثر موجود بین دستگاه ها،از جمله خطوط بین دستگاه ها، است که به معنی‌مقاومت خط، ظرفیت خط و اندوکتانس خط است. فقط‌اجزای «ایمن» یا «مجموعه های ذاتی» به عنوان اجزای محدودکننده‌انرژی در داده های اتصال تأیید شده خود تأیید می شوند.همه خطاهای احتمالی، از جمله قوس ولتاژ یا ناپایداری‌مکانیکی خطوط، باید در نظر گرفته شوند.

اجزای‌ایمن

تنهااجزایی که از نظر ایمنی فنی به عنوان اجزای ایمن تأیید شده اند،مقاومت ها، دیودها و خازن هایی با کیفیت خاص هستندکه تحت شرایط تعریف شده نصب شده اند. حتی درشرایط خطا، آنها فقط باید با دو سوم ظرفیت نامی بارگذاری‌شوند. ترانسفورماتورهایی که با اعلامیه نوع در استاندارد EN 50020 مطابقت دارند و حتی در صورت بروز خطانیز با بیش از دو سوم ظرفیت نامی بارگذاری نمی شوند،نیز ایمن در نظر گرفته می شوند. اتصالات کابل نیزایمن در نظر گرفته می شوند، مشروط بر اینکه دارای حداقل‌سطح مقطع، پایداری مکانیکی کافی و عدم اضافه بار ازنظر ظرفیت حمل جریان باشند. در مقاومت هایی که با بیش‌از دو سوم ظرفیت نامی بارگذاری می شوند اما اضافه بارندارند، یک خرابی به عنوان یک خرابی ارزیابی می شود.« **بشمار-**

تقصیرممکن "«عیب قابل شمارش» به این معنی است که‌خرابی این قطعه آنقدر نامحتمل است که این نوع عیب هافقط در موارد نادر رخ می دهند. «عیب قابل شمارش»را می توان جداگانه در نظر گرفت. از سوی دیگر، «عیب‌غیرقابل شمارش» آنقدر محتمل است که باید **همیشه**در نظر گرفته شود. خرابی دیودها و خازن های ایمن تحت‌بار تا دو سوم ظرفیت نامی به عنوان "عیب قابل شمارش" در نظر گرفته می شود.

تمام‌اجزای دیگر اساسا نّاامن تلقی می شوند. در مورد چنین اجزایی،هر تعداد خرابی باید در نظر گرفته شود، یعنی خطاهای‌بی شماری.

اجزای‌محدودکننده

فقط**مقاومت های ایمن‌ودیودهای ایمن**محدود کردن انرژی‌الکتریکی در**منطقه ۱**در ارتباط با**ایا**تحت شرایط خاص، دیودترانزیستور را می توان به عنوان یک دیود ایمن برای ... درنظر گرفت.**منطقه ۱**در ارتباط با**آی بی**.

محدودیت‌توان

فلسفه‌مشاهده خطا

نکته ای‌که در اینجا باید در نظر گرفته شود، حداکثر ظرفیتی است‌که با آن حداکثر جریان یا حداکثر ولتاژ متصل، یا نامطلوب ترین‌ترکیب این دو می تواند از طریق تطبیق ظرفیت‌در سیستم جریان یابد. تمام اجزای غیرایمن از نظر تئوری‌در بدترین حالت مداربندی می شوند؛ این می تواند عملکردعادی، اتصال کوتاه یا مدار باز باشد. برای حالت‌آی **بی**هر یک از اجزای ایمن و برای مورد **ایا**سپس فرض می شودکه هر دو جزء ایمن «قابل شمارش» هستند. تحت این‌شرایط معین، هیچ گرمایش نامناسبی در سیستم وجود ندارد،یا انرژی احتراق نامناسب و بالایی به شکل جریان یا ولتاژبه خارج نفوذ نمی کند. ذخیره انرژی داخلی، که می تواندار طریق خازن ها یا سلف ها وجود داشته باشد، نبایدهیچ انرژی احتراق نامناسب و بالایی را به خارج ساطع کند.اثرات خازن ها و سلف ها برای این شرایط به طور جداگانه‌محاسبه شد.آی **بی**تا اول ژانویه ۱۹۹۴ اما از اول ژانویه۱۹۹۴ اثر ترکیبی هر دو

تحت‌شرایط مطلوب ارزیابی شده است**یا**این می تواند ظرفیت های‌خازنی و القایی تایید شده را تا ده برابر کاهش دهد.

پاوربانک های‌مداری از این نظر یک مشکل خاص هستند، زیرادر این حالت یک تبدیل توان واقعی رخ می دهد. در اینجانامطلوب ترین حالت خطا، خطایی است که در آن عملکردپاوربانک از کار نمی افتد.

کجا**محدودیت توان**مربوط می شود، باید بین موارد زیر تمایزقائل شد:

محدودیت‌جریان های قابل اشتعال فقط تحت شرایطی حاصل‌می شود**یا**با مقاومت های اهمی «ایمن» با حداکثر ظرفیت‌دو سوم ظرفیت نامی. تحت شرایط**آی بی**دو محدودیت‌جریان الکترونیکی موجود نیز در صورت حفظ تمام‌شرایط ظرفیت جانبی امکان پذیر است.

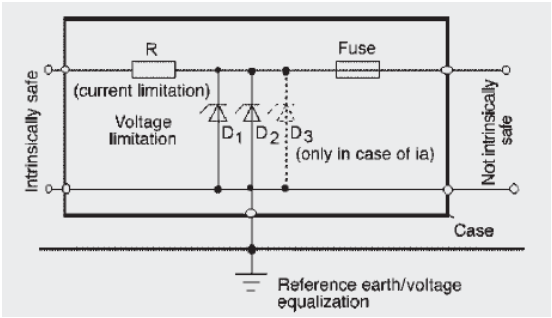
محدودیت‌ولتاژفقط با دیودهای زنر «ایمن» (دیودهای z) قابل‌دستیابی است. خرابی دیودهای z ایمن همیشه باید به عنوان‌یک خطای «قابل شمارش» ارزیابی شود. به همین دلیل‌است که حداقل دو دیود z همیشه برای دیودهای معتبر ارائه می شوند.**محدودیت ولتاژ ایمن در برابر خرابی** در موردآی **بی**و حتی سه دیود z به صورت موازی به عنوان‌یک قاعده کلی در مورد**یا**در عین حال، حداکثر جریان عبوری‌از دیودها باید در صورت لزوم توسط مقاومت های ایمن‌محدود شود، به طوری که از دو سوم حداکثر ظرفیت اسمی‌دیودها تجاوز نشود.

یکی‌از مونتاژهایی که اغلب برای محدود کردن انرژی استفاده‌می شود،**مانع ایمنی**، ترکیبی از دیودهای z، مقاومت هاو یک فیوز.

محدودیت‌ذخیره انرژی

خازن هادستگاه های ذخیره انرژی حیاتی هستند زیرا اغلب درمدارهای الکترونیکی استفاده می شوند. آن ها تا حداکثر ولتاژممکن شارژ می شوند. از آنجا که این شارژ انرژی

$$W_C = 0.5 \cdot C \cdot U^2 \qquad (3\text{-}20)$$



شکل۳.۴۸ مانع‌ایمنی.

همچنین‌می تواند اثر خارجی به صورت ولتاژ یا جریان داشته باشد:

الف) ظرفیت باید تا حد امکان پایین نگه داشته شود،
ب) حداکثر ولتاژ روی خازن ها باید توسط دیودها محدود شده‌و از خارج توسط دیودهای مانع که به صورت سری درمدار قرار گرفته اند، مسدود شود.
ج) در صورت لزوم، مقاومت ها باید جریان شارژ و دشارژ را به‌صورت داخلی و خارجی محدود کنند.

سلف هاانرژی میدان مغناطیسی را ذخیره می کنند که با حداکثرجریان های رخ داده تعریف می شود. این انرژی میدان‌مغناطیسی

$$W_L = 0.5 \cdot L \cdot I^2 \qquad (3\text{-}21)$$

درصورت قطع سریع جریان در نتیجه شکستگی خط یا باز شدن‌کلید، می توان آن را به ولتاژ بالا تبدیل کرد.

درنتیجه، قانون محدودیت زیر قابل اجرا است:

الف) اندوکتانس باید تا حد امکان پایین نگه داشته شود

ب) حداکثر جریان باید توسط مقاومت های ایمن محدود شود
ج) در صورت لزوم**ولتاژهای برشی**باید توسط دیودهای سوئیچینگ‌موازی محدود شوند.

۳.۲.۴.۲قوانین طراحی

ازآنجا که انرژی الکتریکی می تواند از طریق عایق ها پخش شود،**جریان های خزنده**و در سراسر شکاف ها مانند جرقه، تعدادی‌از قوانین طراحی باید هنگام طراحی یک دستگاه رعایت‌شوند.

شرایطفاصله

فواصل‌ساختاری لازم باید به صورت جداگانه برای اثرات فیزیکی‌احتمالی بررسی شوند. در صورت لزوم، روی هم قرار گرفتن‌همه اثرات باید ارزیابی شود. بین فواصل زیر تمایز قائل‌شوید.

مسیرهوا:این کوتاه ترین مسیر اتصال مستقیم بین دو نقطه‌رسانای الکتریکی است که توسط هوا از یکدیگر جدا شده اند.مسیرهای هوایی را می توان با قوس الکتریکی (جرقه) پل زد.

فاصله‌خزش:اتصال دو نقطه رسانای الکتریکی که از یکدیگردر امتداد سطح یک عایق یا در امتداد سطح مرزی بین‌دو ماده یا پوشش محافظ جدا شده اند. در مورد بردهای مدارچاپی و قاب ها، جریان الکتریکی می تواند در نتیجه ناخالصی های‌سطح عایق و ایجاد ولتاژ قابل اشتعال، خزش کند.

طول‌فیلامنت:این معیاری است که مسیر هوا و مسیر خزش‌بین دو نقطه را یکسان می کند. یک رشته فرضی از نقطه‌شروع انرژی روی سطح و از طریق هوا تا یک گیرنده احتمالی‌محکم کشیده شده است. خزشی که رخ می دهد و مسیرهای‌هوا در امتداد رشته باید جمع شوند.

عایق‌ثابت:این استحکام پیوستگی یک عایق مکانیکی ثابت ساخته‌شده از پلاستیک یا سرامیک است. عایق های ثابت رامی توان در جاهایی که قوی هستند سوراخ کرد.
میدان های‌الکتریکیدرگیر هستند.

مسیرکپسوله سازی:مانند مورد مسیر هوا، کوتاه ترین اتصال‌مستقیم در محفظه نارسانا بین دو نقطه رسانای الکتریکی‌مدار. سوراخ شدن ولتاژ می تواند با میدان های الکتریکی‌با قدرت بالا رخ دهد.

حداقل‌طول و استحکام ایمن برای انواع مختلف فاصله مجاز،بسته به حداکثر ولتاژ ممکن، تعیین می شوند. این مواردرا می توان در جدول 3.22 مشاهده کرد.

موادو خواص مواد

موادمی توانند بسته به خواص سطحی، تأثیر مثبتی بر احتراق‌داشته باشند یا آن را به تأخیر بیندازند. منیزیم، روی، کادمیوم‌و آلومینیوم احتمال احتراق را افزایش می دهند. باریم‌احتمال احتراق را کاهش می دهد. در نتیجه، محدودیت های‌کمی مطابق با استاندارد EN 50020 و منحنی های‌حد احتراق مختلف برای مواد بسته به خطر احتراق‌قابل اجرا هستند.

طراحی‌مکانیکی باید به اندازه کافی مقاوم باشد تا افتادن و ضربه‌تحت بار مکانیکی معمول نتواند هیچ آسیب داخلی ایجادکند. در صورت بروز آسیب، آسیب در داخل یا خارج بایداز بیرون به وضوح دیده شود تا از عملکرد بیشتر جلوگیری‌شود. حتی در شرایط معیوب، محفظه نباید توسط اجزابیش از دمای کاری خود گرم شود.

مواردعایق بندی شدهیا بزرگ**سطوح عایق**می تواند تا 30 کیلوولت‌و بیشتر به صورت استاتیک شارژ شود. جرقه الکتریکی‌از طریق اتصال به بدن انسان (به ESD، بخش 3.3 مراجعه‌کنید) می تواند باعث احتراق شود. در نتیجه، مقاومت‌سطح در مورد سطوح پلاستیکی با دسترسی آزاد بیش‌از 20 سانتی متر۲
اندازه‌باید به کمتر از 10 محدود شود؛اهم. اندوکتانس ایمن باربه زمین نیز باید تضمین شود.

ولتاژاسمی مقادیراوج	[وی]	۱۰	۳۰	۶۰	۹۰	۱۹۰	۳۷۵	۵۵۰	۷۵۰	۱۰۰۰	۱۳۰۰	۱۵۵۰	۳۳۰۰	۴۷۰۰	۹۵۰۰	۱۵۶۰۰
مسیرخزش درهوا	[میلی متر]	۱.۵	۲	۳	۴	۸	۱۰	۱۵	۱۸	۲۵	۳۶	۴۰	۶۷	۹۰	۱۶۰	۳۴۰
مسیرخزش تحت‌حفاظت پوشش	[میلی متر]	۰.۵	۰.۷	۱	۱.۳	۲.۶	۳.۳	۵	۶	۸.۳	۱۲	۱۳.۳	۲۳	۳۰	۵۳	۸۰
حداقل‌مقدار، شمارش‌خزش (ای ای سی)۱۱۲	ایا اکسی	۹۰ ۹۰	۹۰ ۹۰	۹۰ ۹۰	۹۰ ۹۰	۳۰۰ ۱۷۵	۳۰۰ ۱۷۵	۳۰۰ ۱۷۵	۳۰۰ ۱۷۵	۳۰۰ ۱۷۵	۳۰۰ ۱۷۵	۳۰۰ ۱۷۵	به EC 587 مراجعه کنید			
مسیرهوا	[میلی متر]	۱.۵	۲	۳	۴	۶	۶	۶	۸	۱۰	۱۴	۱۶	۲۷	۳۶	۶۰	۱۰۰
کپسوله‌سازی فاصله	[میلی متر]	۰.۵	۰.۷	۱	۱.۳	۲	۲	۲	۲.۶	۳.۳	۴.۶	۵.۳	۹	۱۲	۲۰	۳۳
فاصله‌بر اساس ایزولاسیون‌ثابت	[میلی متر]	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۷	۰.۸	۱	۱.۲	۱.۴	۱.۷	۲.۳	۲.۷	۴.۵	۶	۱۰	۱۶.۵

جدول۲۲.۳بررسی اجمالی، حداقل فواصل مجاز مطابق با استاندارد EN 50020

۳.۵مقاومت شیمیایی

فرآیندتبدیل شیمیایی روی سطح اجسام جامد هنگام تماس بامحیط های مایع یا گازی رخ می دهد که به آن خوردگی می گویند.

خطرخوردگی به ویژه در دستگاه ها و عناصر ساختمانی که درمحیط های خورنده، مانند محلول های اسیدی و محلول های‌نمکی، استفاده می شوند، بسیار زیاد است. خوردگی‌همچنین زمانی رخ می دهد که رطوبت حاوی گازهای‌محلول مانند دی اکسید کربن، دی اکسید گوگرد یا
سولفیدهیدروژن، به دلیل تغییرات دما روی سطوح متراکم شود.

فلزات‌و آلیاژهای خالص همگن تقریبا بّه طور یکنواخت از سطح‌مورد حمله قرار می گیرند. ناخالصی ها و رسوبات روی مرزهای‌دانه منجر به خوردگی کریستالی می شوند. این خوردگی‌پیش رونده در مرزهای دانه به ویژه خطرناک است زیراعموما آز بیرون کمتر دیده می شود و از کاهش وزن مشخص‌نیست. روش های مختلفی برای جلوگیری از خوردگی‌در بیشتر موارد وجود دارد.

۱. تولید و استفاده از یک ماده فلزی در بهترین حالت همگن‌ممکن.

۲. آلیاژسازی که با تغییر ساختار ماده، مقاومت آن را بهبودمی بخشد.

۳. محافظت از سطح با استفاده از پوشش های غیرفلزی یا فلزی.

درادامه تعدادی از موادی را معرفی می کنیم که نقش ویژه ای‌در اندازه گیری فشار و دما، عمدتا دّر صنایع شیمیایی‌و فرآیندی، ایفا می کنند.

رفتارخوردگی آنها برای طیف وسیعی از محیط های اندازه گیری‌در پیوست (بخش 4.2.10) نشان داده شده است.این خلاصه فقط می تواند به عنوان یک راهنما مورد استفاده‌قرار گیرد. از آنجا که عوامل زیادی (به عنوان مثال، فشار،دما، غلظت و زمان) در خوردگی نقش دارند، هیچ تضمینی‌برای اطلاعات ارائه شده نمی توان ارائه داد. در صورت‌امکان، آزمایش ها در شرایط کاری واقعی برای موارد خاص‌توصیه می شوند.

شرح‌مختصری از مواد:

آلیاژهای‌مس=برنج یا برنز یا مس کم آلیاژ.

فولاد=به ترتیب فولاد غیر آلیاژی یا کم آلیاژ.

فولادضد زنگ (316)=فولاد آلیاژی CrNi Mo.

PTFE(مخفف بین المللی پلی تترافلوئوروواتیلن (هوستالین TF، تفلون، آلگوفلون، فلوئون، سورفلون و پلی فلون علائم‌تجاری ثبت شده تولیدکنندگان مختلف هستند)، تقریبا بّه طور کامل در برابر همه محیط ها مقاوم است و فقطتحت فشار بالا توسط ترکیبات سدیم و فلوئور مایع موردحمله قرار می گیرد.

نیکل=نیکل خالص > 99.2%
مقاومت‌در برابر خوردگی در شرایط کاهشی خوب است و به‌دلیل لایه اکسید غیرفعال، می توان از آن برای محیط های کمی‌اکسیدکننده نیز استفاده کرد. این لایه محافظ همچنین مقاومت‌خوبی در برابر قلیاهای سوزآور تضمین می کند. نیکل‌در برابر خوردگی ناشی از ترک خوردگی تنشی در محلول های‌حاوی کلرید و محلول های قلیایی سوزآور مقاوم است.این ماده را می توان در بخش مواد غذایی استفاده کرد.

مونل=آلیاژ مس نیکل با 30 تا 40 درصد مس

موادمونل در طیف وسیعی از شرایط کاری در برابر اسیدهای‌آلی و معدنی، محلول های قلیایی سوزآور و نمک مقاوم‌هستند. این ماده برای شرایط کاهشی و اکسیدی مناسب ترین‌است؛ و برای کاربردهای دریایی و پتروشیمی ترجیح‌داده می شود.

هاستلوی=آلیاژهای آهن نیکل مولیبدن با بیش از 55٪ نیکل
برخلاف‌آلیاژهای CrNi یا CrNiMo، این ماده به ویژه در برابر محیط های‌اکسیدکننده قوی مقاوم است. در برابر اسیدهای معدنی‌یا محیط های آلی یا معدنی آلوده به کلر و همچنین اسیدفرمیک و استیک مقاوم است. در برابر کلر مرطوب و هیپوکلریدنیز مقاومت نشان می دهد.

تانتالوم

این‌ماده به دلیل مقاومت غیرمعمول بالای خود در برابر خوردگی،که با شیشه و پلاتین قابل مقایسه است، برجسته است.اکثر مواد آلی و معدنی در دمای اتاق به تانتالوم حمله نمی کنند.این مقاومت بالا در برابر خوردگی به دلیل پوشش سطحی‌کاملا چّسبیده است که عمدتا آز پنتوکسید تانتالوم تشکیل‌شده است. این لایه در دماهای بیش از 575 درجه سانتیگرادحل می شود.درجه.که باعث ترد شدن ماده می شودF

تیتانیوم

مقاومت‌خوب تیتانیوم در برابر خوردگی در درجه اول به دلیل‌پوشش اکسیدی غیرفعال آن است. این ماده همچنین درمحیط های اکسیدکننده قوی حتی در حضور کلریدها مقاوم‌است. تیتانیوم تنها زمانی در برابر کلرید مقاوم است که‌کلرید حداقل 0.5٪ آب داشته باشد.

۴.۱ استانداردها و مشخصات ملی و بین المللی

ادعانمی شود که مجموعه استانداردها و مشخصات زیر کامل است. این مجموعه شامل استانداردها و مشخصاتی است که درعمل روزانه مفید هستند. نسخه های ذکر شده، نسخه هایی هستند که در زمان اصلاح و بسط این کتابچه راهنما وجود داشته اند.

۴.۱.۱ابزارهای اندازه گیری فشار با عناصر اندازه گیری و لوازم جانبی انعطاف پذیر

۴.۱.۱.۱استانداردها و مشخصات آلمان

استانداردها

دین۱۳۱	فشار،اصطلاحات اساسی
دین۶۶۹۷	واگن های‌حمل بار فله با تخلیه فشاری؛ فشارسنج با فنر صفحه ای، اتصال فلنجی شعاعی در کف
دین۶۶۹۸	واگن های‌حمل بار فله با تخلیه فشار، گارد و تکیه گاه به همراه اتصال آزمایشی گیج فشار
دین۸۵۴۹	گیج های‌فشار با لوله بوردون برای دستگاه ها و تجهیزات جوشکاری، برش و فرآیندهای وابسته، (قطر قاب۵۰ میلی متر و ۶۳ میلی متر)؛ جایگزین شده با استاندارد DIN EN 562، ویرایش ۹۴/۱۱
دین۸۸۹۶	دستگاه های‌هواشناسی؛ فشارسنج های ایستگاه
دین۱۴۴۲۱	فشارسنج‌برای پمپ های آتش نشانی
دین[۱]۱۶۰۰۵	گیج های‌فشار با عنصر الاستیک حساس به فشار برای استفاده عمومی؛ الزامات و آزمایش ها
دین[۱]۱۶۰۰۶	فشارسنج های‌دارای لوله بوردون؛ الزامات ایمنی و آزمایش ها
دین[۱]۱۶۰۰۷	گیج های‌فشار با المان الاستیک حساس به فشار برای کمپرسورهای هوا و کارخانه های کمپرسور هوا؛الزامات ایمنی و آزمایش
دین[۱]۱۶۰۱۳	گیج های‌فشار با المان های کپسولی؛ قطر قاب ۶۳ میلی متر؛ کلاس های دقت ۶.۱، ۵.۲ و ۰.۴؛ ابعاد و محدوده های‌نمایش
دین[۱]۱۶۰۱۴	- [۲]؛قطر قاب ۱۰۰ و ۱۶۰ میلی متر؛ کلاس های دقت ۰.۱، ۶.۱ و ۵.۲؛ ابعاد و محدوده های نشانگر
دین[۱]۱۶۰۲۶	گیج های‌فشار با المان دیافراگمی؛ قطر بدنه ۱۰۰ و ۱۶۰ میلی متر؛ المان دیافراگمی عمود بر صفحه صفحه؛ کلاس های‌دقت ۶.۱ و ۵.۲؛ ابعاد و محدوده های نمایش

[۱]این استانداردها با استانداردهای اروپایی DIN EN 837-1 تا 3 جایگزین می شوند.
[۲]شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

دین۱۶۰۲۷[۱]	- [۲]؛قطر قاب ۶۳ میلی متر؛ عنصر دیافراگم موازی با صفحه صفحه؛ کلاس های دقت ۵.۶،۲.۱ و ۰.۴؛ ابعاد و محدوده های نشانگر
دین۱۶۰۶۳[۱]	گیج هایفشار با لوله بوردون؛ قطر قاب ۴۰، ۵۰ و ۶۳ میلی متر؛ کلاس های دقت ۶.۱، ۵.۲و ۰.۴؛ ابعاد و محدوده های نمایش
دین۱۶۰۶۴[۱]	- [۲]؛قطر قاب ۸۰، ۱۰۰، ۱۶۰ و ۲۵۰ میلی متر؛ کلاس های دقت ۰.۱، ۶.۱ و ۵.۲؛ ابعاد و محدوده های نشانگر
دین۱۶۰۷۰[۱]	- [۲]؛قطر قاب ۱۶۰ و ۲۵۰ میلی متر؛ کلاس دقت ۶.۰؛ ابعاد و محدوده های نشانگر
دین۱۶۰۸۰	- [۲]؛ابعاد قاب ۷۲ در ۷۲، ۹۶ در ۹۶ و ۱۴۴ در ۱۴۴ میلی متر؛ کلاس دقت ۰.۱ ۵.۶،۲.۱ و ۰.۴؛ ابعاد و محدوده های نشان دهنده
دین۱۶۰۸۱	گیج هایفشار با المنت کپسولی؛ ابعاد بدنه ۹۶ در ۹۶ و ۱۴۴ در ۱۴۴ میلی متر؛ کلاس های دقت ۰.۱، ۵.۶،۲.۱ و ۰.۴؛ ابعاد و محدوده های نمایش
دین۱۶۰۸۵	فشارسنج هابا تجهیزات انتقال الکتریکی سیگنال های حدی
دین۱۶۰۸۶	فشارسنج هایالکتریکی، مبدل های فشار، مبدل های اندازه گیری فشار، گیج های فشار،اصطلاحات، مشخصات در برگه های اطلاعات
دین۱۶۰۹۹[۱]	عقربه‌برای گیج های فشار با کلاس دقت ۰.۱، ۶.۱، ۵.۲ و ۰.۴
دین۱۶۱۰۱[۱]	عقربه‌قابل تنظیم برای ابزارهای اندازه گیری فشار و دمای صنعتی؛ عقربه نصب شده در مرکز
دین۱۶۱۰۲[۱]	عقربه‌برای گیج های فشار، کلاس 0.6؛ قطر بدنه 160 و 250 میلی متر
دین۱۶۱۰۳[۱]	- [۲]؛کلاس های دقت ۲.۰ و ۳.۰؛ قطر قاب ۲۵۰ میلی متر
دین۱۶۱۰۹[۱]	صفحه‌مدرج برای گیج های فشار، کلاس های دقت ۰.۱، ۶.۱، ۵.۲ و ۰.۴؛ درجه بندی تکی و دوتایی؛مقیاس ها و نوشته ها
دین۱۶۱۱۲	- [۲]؛سیستم های برودتی؛ قطر قاب ۶۳، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۶۰ میلی متر؛ مقیاس ها و نوشته ها
دین۱۶۱۱۷[۱]	صفحه‌مدرج برای گیج های فشار با کلاس دقت 0.2، 0.3 و 0.6؛ درجه بندی تکی و دوتایی؛ مقیاس هاو نوشته ها
دین۱۶۱۲۳[۱]	نشانگرمحدوده ها، فاصله علائم مقیاس و شماره گذاری گیج های فشار با کلاس های دقت ۲.۰، ۰.۳و ۰.۶
دین۱۶۱۲۵	نشان‌دادن محدوده ها، فاصله علائم مقیاس و نقاط مقیاس و شماره گذاری گیج های فشار درسیستم های برودتی

[۱] این استانداردها با استانداردهای اروپایی DIN EN 837-1 تا 3 جایگزین می شوند.
[۲] شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

دین)۱۶۱۲۸(۱	نشان‌دادن محدوده ها، فاصله علائم مقیاس و شماره گذاری گیج های فشار با کلاس های دقت ۱.۱، ۶.۰، ۵.۲ و ۰.۴
دین)۱۶۲۵۴(۱	نمادهاو شماره های طبقه بندی برای عناصر الاستیک پاسخگو به فشار مورد استفاده در گیج های فشار
دین)۱۶۲۵۵(۱	گیج های‌فشار با المان های الاستیک حساس به فشار؛ نامگذاری، معیارهای انتخاب، پیکربندی،نصب، عملکرد
دین۱۶۲۵۷	موقعیت های‌اسمی و نمادهای موقعیت مورد استفاده در ابزارهای اندازه گیری
دین)۱۶۲۵۸(۱	حلقه های‌آب بندی تخت
دین۱۶۲۵۹	لنزآب بندی
دین۱۶۲۶۱	شیرهای‌قطع و وصل PN 16 با اتصال سوکت-سوکت و اتصال سوکت-شمع برای گیج های فشار
دین۱۶۲۶۲	شیرهای‌قطع و وصل PN 6 و PN 16 با اتصال چپ به راست و ساق پا؛ برای گیج های فشار
دین۱۶۲۶۳	شیرهای‌قطع و وصل PN 16 با اتصال چپ-راست و ساق و با اتصال تست برای گیج های فشار
دین۱۶۲۷۰	شیرهای‌PN 250 و PN 400 بدون اتصال تست برای گیج های فشار
دین۱۶۲۷۱	شیرهای‌PN 250 و PN 400 با اتصال تست برای گیج های فشار
دین۱۶۲۷۲	شیرهای‌PN 250 و PN 400 با اتصال تست قفل شونده جداگانه برای گیج های فشار
دین۱۶۲۸۱	نگهدارنده‌فشارسنج و اتصالات
دین۱۶۲۸۲	سیفون‌برای فشارسنج ها و لوازم جانبی آنها
دین۱۶۲۸۳	اتصالLH-RH برای گیج های فشار و لوازم جانبی آنها
دین۱۶۲۸۴	اتصالات‌نوک پستان برای فشارسنج ها و لوازم جانبی آنها
دین۱۶۲۸۶	پیچ های‌دوشاخه با پایه اتصال R 1/2 فرم B مطابق با استاندارد DIN EN 837-1
دین۱۶۲۸۷	درپوش های‌بسته و محافظ برای اتصالات آزمایشی روی اتصالات گیج های فشار
دین)۱۶۲۸۸(۱	ساق‌پا برای اتصالات و سوراخ های ضربه ای برای گیج های فشار و مبدل های فشار
دین۱۶۳۱۰	فشارسنج‌برای اندازه گیری پنوماتیک؛ بدنه مستطیلی؛ نشانگر؛ بدون وسیله کمکی

۱) این استانداردها با استانداردهای اروپایی DIN EN 837-1 تا 3 جایگزین می شوند.

دین۳۲۵۰۳	درپوش های‌محافظ برای گیج های فشار صنعتی با قطر بدنه 63 میلی متر، مورد استفاده در جوشکاری،برش و فرآیندهای وابسته
دین۳۸۰۳۰	تجهیزات‌هوای فشرده برای وسایل نقلیه ریلی؛ فشارسنج ها
دین۴۳۷۹۰	قوانین‌اساسی برای طراحی مقیاس ها و عقربه های علامت گذاری شده
دین۵۰۰۴۹	انواع‌گواهی آزمون، نسخه آلمانی EN 10204: 1991
دین۷۵۵۵۱	فشارسنج‌برای خودرو
دین۷۵۵۵۳	فرستنده های‌فشار
دین۷۵۵۵۴	نشانگرهای‌فشار
استاندارد DIN EN 472	فشارسنج ها،اصطلاحات، نسخه آلمانی EN472
استاندارد DIN EN 562	گیج های‌فشار برای جوشکاری، برش و فرآیندهای وابسته
استاندارد DIN EN 837-1	پیش‌نویس: گیج های فشار - قسمت 1: گیج های فشار با لوله بوردون، ابعاد، اندازه گیری، الزامات وآزمایش، نسخه آلمانی prEN 837-1: 1992
استاندارد DIN EN 837-2	پیش‌نویس: گیج های فشار قسمت 2: توصیه های انتخاب و نصب برای گیج های فشار، نسخه‌آلمانی prEN 837-2: 1994
استاندارد DIN EN 837-3	پیش‌نویس: گیج های فشار - قسمت 3: گیج های فشار با دیافراگم و کپسول، ابعاد، اندازه گیری، الزامات‌و آزمایش؛ نسخه آلمانی prEN 837-3: 1994
	بخش1)ویرایش دوم ،)1989(IEC 529)IP کد(انواع حفاظت با استفاده از قاب DIN VDE 0470 نسخه‌آلمانی EN 60529: 1991

مقررات‌آزمون PTB

پی‌تی بی جلد ۱۵	فشارسنج های‌مایع

مشخصات‌آزمایش فولاد

اس‌ای بی ۳۸۶۴۷۰	هیدرولیک‌و پنومانیک؛ فشارسنج با لوله بوردون و پر شده با آب گلیسیرین؛ انتخاب برای سیستم های‌هیدرولیک

دستورالعمل های VDI

برگه۳ استاندارد VDE/VDI 3512: تمهیدات اندازه گیری برای اندازه گیری فشار

آیین نامه های VdTÜV

فشار VdTÜV 100/1	الزاماتی‌که باید توسط مانیتورهای فشار و محدودکننده های فشار برای دیگ های بخاررعایت شوند

استانداردهای VG

وی‌جی ۸۵۹۹۰	فشارسنج های‌صنعتی، ضد مغناطیس
وی‌جی ۸۵۹۹۲	فشارسنج های‌صنعتی؛ گرد، ضد مغناطیس
وی‌جی ۸۵۹۹۳	فشارسنج های‌صنعتی؛ مستطیلی، ضد مغناطیس

مقررات‌کالیبراسیون (EO)

پیوستPTB-A15.4 = EO 15-4 ابزارهای اندازه گیری فشار خون غیرتهاجمی

پیوست16 EO = گیج های فشار PTB-A16

گیج های‌فشار باد لاستیک ضمیمه EO ۱۸-۸ (که اکنون دستورالعمل EC ۲۱۷/۸۶ است)

دستورالعمل های DKD

DKD-R-3-2	راهنمای‌سرویس کالیبراسیون آلمان: راهنمای کالیبراسیون گیج های فشار در چارچوب سرویس کالیبراسیون‌آلمان (DKD)
DKD-R-3-3	راهنمای‌سرویس کالیبراسیون آلمان: راهنمای کالیبراسیون نیروسنج ها در چارچوب سرویس کالیبراسیون‌آلمان (DKD)
DKD-R-3-4	راهنمای‌سرویس کالیبراسیون آلمان: راهنمای کالیبراسیون گیج های فشار پیستونی در چارچوب سرویس‌کالیبراسیون آلمان (DKD)

مقررات‌فنی برای سیستم های توزیع نوشیدنی

تی‌آر اس کی ۳۰۱	الزاماتی‌که باید توسط کاهنده های فشار، کنترل کننده های فشار متوسط و پل های دیواری‌رعایت شوند
تی‌آر اس کی ۳۰۴	الزاماتی‌که باید توسط گیج های فشار رعایت شوند

آیین نامه‌پیشگیری از حوادث

وی‌بی جی ۱۵	جوشکاری،برشکاری و فرآیندهای وابسته، مرجع: EEC، 89/655/EEC/89/392
وی‌بی جی ۱۶	کمپرسورها
وی‌بی جی ۲۰	تأسیسات‌برودتی، پمپ های حرارتی و تجهیزات خنک کننده، مرجع: EEC، 91/392/EEC/80/655
وی‌بی جی ۶۱	گازها،مرجع: MEDGV
وی‌بی جی ۶۲	اکسیژن،مرجع: EEC، 89/655/EEC/89/392

دستورالعمل های‌آزمایش رسمی آفت کش ها، بخش هفتم

۱-۱.۱.۱یا	ویژگی های‌تجهیزات سم پاشی برای محصولات زراعی و محصولات‌داخلی، بخش ۲.۱۳، نشانگرهای فشار
۱-۲.۱.۱یا	

۱-۱.۱.۳آیا ویژگی های‌تجهیزات پاشش قابل حمل و بدون موتور، تجهیزات پاشش قابل حمل و
۱-۱.۱.۴آیا بدون‌موتور، بخش ۲.۱۳ نشانگرهای فشار

۲.۱.۱.۴استانداردها و مشخصات بین المللی

استانداردهای‌ایزو

ایزو۵۱۷۱ گیج های‌فشار مورد استفاده در جوشکاری، برشکاری و فرآیندهای وابسته

توصیه های‌بین المللی در مورد اندازه گیری

OIML R16 نشانگرهای‌فشار روی دستگاه های اندازه گیری فشار خون

OIML R17 فشارسنج ها- وکیوم مترها - گیج های فشار و وکیوم با نمایش مستقیم

OIML R19 فشارسنج ها- وکیوم مترها - گیج های فشار و وکیوم؛ ابزارهای ثبت

OIML R53 ویژگی های‌اندازه گیری عناصر الاستیک پاسخگو به فشار برای استفاده در اندازه گیری فشار. روش های‌تعیین آنها

OIML R101 نمایشگرهاو ثبت کننده های فشار - وکیوم مترها - گیج های فشار و وکیوم (ابزارهای اندازه گیری صنعتی)

OIML R109 فشارسنج ها- وکیوم مترها (ابزارهای اندازه گیری دقیق)

OIML R110 تعادل‌فشار

دستورالعمل های‌جامعه اروپا

۸۶/۲۱۷/EEC
دستورالعمل‌شورا مورخ ۲۶ مه ۱۹۸۶ برای هماهنگ سازی مقررات قانونی کشورهای عضو در مورد دستگاه های فشارسنج هوا.

EECR 594/91
آیین نامه(EEC) شماره ۹۱/۵۹۴ شورا مورخ ۴ مارس ۱۹۹۱ در مورد موادی که منجر به تخریب لایه اوزون می شوند.

اتحادیه‌اقتصادی اروپا۹۲/۳۹۵۳
آیین نامه‌شورا مورخ 30 دسامبر 1992 برای اصلاح آیین نامه (EEC) شماره 594/91 در مورد رهاسازی سریع موادی که منجر به‌تخریب لایه اوزون می شوند.

۳.۱.۱.۴استانداردها و مشخصات غیر آلمانی

استرالیا

ع.س. ۱۳۴۹ گیج های‌فشار و خلاء لوله بوردون

بلژیک

ان بی ان۳۶۳ اچ فشارسنج ها،شرایط عمومی

تایوان

سیستم‌عصبی مرکزی D 2039	دستگاه‌های اندازه گیری فشار روغن برای خودرو
سی‌ان اس ای ۳۰۰۷	فشارسنج‌با لوله بوردون برای تجهیزات راه آهن

چین

گیگابایت۱۲۳۶	گیج های‌فشار با لوله بوردون، کلاس ۰.۱ تا ۰.۴
گیگابایت۱۲۳۷	گیج های‌فشار دقیق با لوله بوردون، کلاس 0.25 و 0.4
گیگابایت۱۱۱۵۲	فشارسنج هابا فرستنده های از راه دور

فرانسه

ان‌اف A84-410 NF EN562	تجهیزات‌جوشکاری گاز، فشارسنج ها برای جوشکاری، برش و فرآیندهای‌وابسته، الزامات و آزمایش ها
ان‌اف A84-430	تجهیزات‌جوشکاری اکسی استیلن، کاهنده های فشار برای سیلندرهای گاز فشرده و استیلن، برای جوشکاری،برش و فرآیندهای وابسته، الزامات و آزمایش ها
ان‌اف E15-012	فشارسنج،بدنه فلزی - سوکت اتصال
ان‌اف E15-013	گیج های‌فشار با المنت الاستیک حساس به فشار، صفحه های مدرج
ان‌اف E15-024	فشارسنج ها،فیکسچر برای فشارسنج های آزمایشی (مقررات مربوط به کاربردهای زمینی)
ان‌اف E15-025	گیج های‌فشار با المان الاستیک حساس به فشار، محدوده فشار از 2.5 میلی بار تا 250 میلی بار را نشان‌می دهند
ان‌اف E15-026	گیج های‌فشار با المان الاستیک حساس به فشار، محدوده اندازه گیری از 0.4 تا 1600 میلی بار
ان‌اف E15-027	گیج های‌فشار با المان الاستیک حساس به فشار، آزمون پذیرش
ان‌اف E15-028 استاندارد‌طی EN 472	فشارسنج ها،اصطلاحات (استاندارد اروپایی EN 472)
ان‌اف E15-030	لوازم‌جانبی برای گیج های فشار، سوکت های اتصال
ان‌اف E15-031	فشارسنج ها،فشارسنج های ثبتی ساخته شده از فلز
ان‌اف E15-033	فشارسنج ها،فشارسنج ها با عنصر الاستیک پاسخگو به فشار و با مایع میراکننده
ان‌اف E15-034	گیج های‌فشار با المان الاستیک حساس به فشار، گیج های فشار تفاضلی

ان‌اف E15-035	گیج های‌فشار با عنصر الاستیک حساس به فشار، ابزارهای اندازه گیری کلاس های 0.1، 0.25 یا 0.5
ان‌اف E15-038	گیج های‌فشار با المان الاستیک حساس به فشار، گیج های فشار مطلق
ان‌اف E15-100	گیج های‌فشار و دماسنج با المان الاستیک حساس به فشار به همراه تجهیزات انتقال سیگنال های حدی
ان‌اف E29-382	اتصالات،نوک سینه های بادشونده و اندازه گیری فشار
ان‌اف ال۳۱۰-۷۲	ابزارهای‌هوانوردی، فشارسنج داخلی با مقیاس گرد
ان‌اف ام ۹۰۱-۸۸	صنعت‌نفت، ابزارهای تست. فشارسنج های بوردون
ان‌اف آر ۲۱۰-۱۴	وسایل‌نقلیه جاده ای، ابزارهای گرد، قطر نصب و درجه بندی مقیاس
ان‌اف آر ۳۰۲-۶۳	وسایل‌نقلیه جاده ای، تجهیزات کارگاهی، ابزار برای بررسی فشار باد لاستیک
ان‌اف اس 76-036 استانداردملی EN 145	تجهیزات‌تنفسی، تجهیزات احیا با اکسیژن‌تحت فشار، تجهیزات ایمنی اکسیژن، الزامات، آزمایش، شناسایی آفت کش
ان‌اف یو۱۳۲-۲۶	ها،تجهیزات سم پاشی و اسپری، ابعاد اتصال نازل ها و فشارسنج ها
ان‌اف ایکس 10-500	سیستم های‌خلاء - نامگذاری و تعاریف - اصطلاحات اساسی
ان‌اف ایکس ۵۲۰-۱۰	سیستم های‌خلاء - اندازه گیری فشار در کارخانه های خلاء صنعتی
ان‌اف سی ۵۲۱-۱۰	سیستم های‌خلاء، وکیوم مترها، کالیبراسیون، روش های مقایسه مستقیم
ان‌اف ایکس ۵۲۳-۱۰	سیستم های‌خلاء، روش های کالیبراسیون عمومی برای گیج های فشار پایین
ان‌اف ایکس ۵۲۴-۱۰	سیستم های‌خلاء، وکیوم مترها، کالیبراسیون، روش دینامیکی

بریتانیای‌کبیر

صفحه1 BS 759	شیرآلات،گیج ها و سایر اتصالات ایمنی برای استفاده در دیگ های بخار و تأسیسات لوله کشی برای و در ارتباطبا دیگ های بخار، شیرآلات، براکت ها و اجزای تجهیزات
صفحه1 BS 1042 بخش۵.۱	اندازه گیری‌جریان مایعات در خطوط بسته، گیج های‌فشار تفاضلی، راهنمای انحراف از شرایط مندرج در بخش ۱.۱
صفحه1 BS 1123	شیرهای‌ایمنی، ابزارهای نشانگر و درپوش های ذوب برای سیستم های هوای فشرده و گاز بی اثر، راهنمای‌نصب
کارشناسی۱۷۸۰	گیج های‌فشار و خلاء لوله بوردون

کارشناسی۲۵۲۰ واحدها،شرایط مرجع و جداول اصلاحی برای فشارسنج ها؛ کاربرد

کارشناسی۳۱۲۷ مشخصات‌لوله های بوردون ساخته شده از فولاد و فلزات غیر آهنی

صفحه1 BS 4613 فشارسنج‌تایر، مشخصات، نوع قابل حمل با نوار نشانگر

صفحه2 BS 4613 فشارسنج‌لاستیک، مشخصات، نوع قابل حمل با صفحه مدرج

صفحه3 BS 4613 فشارسنج‌تایر، مشخصات، فشارسنج تایر برای وسایل نقلیه جاده ای

کارشناسی۶۱۷۴ مشخصات‌ترانسمیترهای فشار تفاضلی با خروجی الکتریکی

صفحه2 BS 6356 دستگاه‌اسپری برای محافظت از گیاهان، ابعاد اتصال نازل ها و فشارسنج ها

کارشناسی۶۷۳۹ راهنمای‌ابزارهای اندازه گیری در سیستم های کنترل فرآیند، چیدمان تجهیزات

کارشناسی۶۷۵۲ گیج های‌فشار با لوله بوردون برای جوشکاری، برش و فرآیندهای وابسته

کارشناسی EN 250 تجهیزات‌تنفسی، تجهیزات غواصی سبک خودکار با هوای فشرده، الزامات، آزمایش، شناسایی

اسرائیل

اس آی۶۸-۶۹۷ فشارسنج ها،اصطلاحات فنی

ایتالیا

یونی۴۶۵۷ گیج های‌فشار، گیج های خلاء، گیج های فشار/خلاء، بررسی اجمالی، جایگزینی برای UNI8357

یونی۴۶۶۳ تقسیم بندی و شماره گذاری مقیاس[۲]

یونی۴۶۶۴ اشاره گرها[۲]

یونی۴۶۶۵ مهره ها و اتصالات اتصال[۲]

یونی۴۶۶۶ شیر فلکه با اتصال R 1/4A، PN 10[۲]

یونی۴۶۶۷ شیر فلکه با اتصال R 1/2A، PN 16[۲]

یونی۴۶۶۸ شیر فلکه با اتصال R 1/2A و اتصال برای ابزار کنترل PN 16[۲]

یونی۴۶۶۹ شیر با اتصال R 1/2A برای گیج های فشار، PN 100[۲]

یونی۴۶۷۰ شیر با اتصال R 1/2A و اتصال برای ابزار کنترل PN 1000[۲]

یونی۴۶۷۲ سیفون ها (U شکل، دایره ای) با آداپتور[۲]

[۲]شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

یونی۴۶۷۳ -.-.)۲آداپتورهای قفل شونده با رزوه های یکسان یا متفاوت

یونی۴۶۷۴ -.-.)۲اتصالات لحیم کاری شده

یونی۴۶۷۵ -.-.)۲کانکتورها برای عبور از پنل ها -.-.

یونی۴۶۷۶)۲کانکتورها

یونی۴۶۷۷ -.-.)۲اتصالات و مهره های ساق پا

یونی۸۰۴۹ -.-.)۲محدوده های اندازه گیری فشار و تبدیل واحدهای فشار -

یونی۸۲۹۱ -.-)۲موقعیت نصب و تصاویر گرافیکی رابطه ای

یونی۸۲۹۲ -.-.)۲عرض های اسمی، ابعاد و انواع نصب

یونی۸۲۹۳ -.-.)۲کلاس های دقت و محدودیت های خطا در مقادیر عددی -.-.

یونی۸۲۹۴)۲نمادهای عناصر الاستیک پاسخگو به فشار

یونی۸۲۹۵ -.-.)۲مقیاس ها و کتیبه ها برای فارغ التحصیلی تکی

یونی۸۵۳۷ -.-.)۲با عنصر ارتجاعی - نوع و اندازه محفظه به کلاس های دقت اختصاص داده شده است -

یونی۸۵۳۸ -.-)۲ویژگی های طراحی با عناصر الاستیک پاسخگو به فشار

یونی۸۵۳۹ -.-.)۲با عناصر الاستیک پاسخگو به فشار و ویژگی های طراحی، اجرای فولاد ضد زنگ

یونی۸۵۴۰ -.-.)۲ویژگی های اضافی برای ابزارهای پر شده با مایع، از جمله اجرای فولاد ضد زنگ

یونی۸۵۴۱ -.-.)۲با الزامات ایمنی، از جمله اجرای فولاد ضد زنگ -.-.

یونی۸۶۳۳)۲مقررات فنی برای آزمایش و تحویل

یونی۸۸۹۶ -.-.)۲انواع و آزمایش های محافظت از کیس

یونی۸۹۸۷ -.-.)۲اصطلاحات و مفاهیم

یونی۸۹۸۸ -.-.)۲برای سیلندرهای تحت فشار اکسیژن و استیلن، ویژگی های طراحی

هند

IS3624 فشارسنج هاو خلأسنج ها

ژاپن

استاندارد JIS B 7505 فشارسنج هایدارای لوله بوردون

استاندارد JIS B 7546 فشارسنج هایدیافراگمی

)۲شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

استاندارد JIS D 5603 دستگاه‌های اندازه گیری فشار روغن برای خودرو

استاندارد JIS E 4118 فشارسنج‌با لوله بوردون برای تجهیزات راه آهن

کانادا

CSA CAN/CSA - Z 305 - M87
کنترل‌کننده های فشار، گیج های فشار و کنتورهای جریان برای گازهای پزشکی

هلند

نن ۹۳۷ فشارسنج ها،اصطلاحات عمومی

NEN-EN472 فشارسنج ها،اصطلاحات

نن-EN562 گیج های‌فشار برای جوشکاری، برش و فرآیندهای وابسته

پیش‌نویس NEN-EN 837-1: فشارسنج ها؛ قسمت 1: فشارسنج های دارای لوله بوردون، ابعاد، اندازه گیری،الزامات و آزمایش

نروژ

ان‌اس ۵۵۰۰ فشارسنج ها،نامگذاری ها، ابعاد و مقیاس ها

NS5503 فشارسنج های‌ایمنی، ابعاد و مقیاس ها

ان‌اس ۵۵۰۴ کالیبراسیون‌سنسورهای فشار، تعاریف اصطلاحات، دقت، صدور گواهینامه برای استانداردهای آزمون،روش ها، سوابق آزمون برای نشان دادن دقت

اتریش

کمیته‌استانداردهای موقت، استانداردهای اتریش را لغو کرده است. طرف های متعاهد، توافقات خود را بر اساس استانداردهای‌سایر کشورها، به ویژه استانداردهای DIN مندرج در بخش 4.1.1.1، انجام می دهند.

پرتغال

اکثرمحصولات مطابق با استانداردهای DIN تولید و عرضه می شوند.

سوئیس

استانداردهایDIN در بیشتر موارد مستقیما اتخاذ و اعمال می شوند.

اسپانیا

معمولا بّرای گیج های فشار از استانداردهای ANSI و DIN استفاده می شود.

عربستان‌سعودی

اس‌اس ای ۱۷۶ روش های‌کالیبراسیون برای گیج های فشار و خلاء لوله بوردون

اس‌اس ای ۱۷۷ گیج های‌فشار و خلاء لوله بوردون

آفریقای‌جنوبی

SABS1062 مشخصات‌مربوط به گیج های فشار و خلاء

سوئد

پیامک۱۵۵۴ فشارسنج ها،الزامات فنی

پیامک۱۵۵۵ فشارسنج ها،ترازوهای گرد، نشانگر محدوده ها، فاصله علائم ترازو و شماره گذاری

پیامک۱۵۵۶ فشارسنج ها،طراحی مقیاس، کتیبه ها

پیامک۱۵۵۷ فشارسنج‌با لوله بوردون و مقیاس مرکزی

پیامک۱۵۶۰ فشارسنج ها،عقربه ها

پیامک۱۵۶۲ فشارسنج ها،اصطلاحات

روسیه

استاندارد‌دولتی ۱۱۲۰.۵ فشارسنج‌پیستونی وزنی MP-600

استاندارد۱۷۰۱ فشارسنج هاو ابزارهای مکانیکی نمایش فشار برای خودروها

استاندارد۲۴۰۵ نشانگرهای‌فشار، خلاء و فشار/خلاء

استاندارد‌دولتی ۶۵۲۱ گیج های‌فشار و خلأ استاندارد فنری

استاندارد‌دولتی ۷۹۱۹ گیج های‌ثبت فشار، خلاء و فشار/خلاء

استاندارد‌دولتی ۸۶۲۵ نشانگرهای‌فشار، خلاء و فشار/خلاء

استاندارد‌دولتی ۹۹۲۱ فشارسنج‌تایر، دستی

استاندارد‌دولتی ۹۹۳۳ گیج های‌فشار مطلق لوله U شکل و گیج های فشار/خلاء

استاندارد۱۳۷۱۷ نشانگرهای‌ابزار تماسی الکتریکی با استفاده از اصل مانومتری

استاندارد۱۴۰۱۰ ترانسمیترهای‌فشار و اختلاف فشار

استاندارد۱۵۹۰۷ فشارسنج های‌چاه

فشارسنج های‌تفاضلی GOST 18140

استانداردملی ۲۲۵۲۰ ترانسمیترهای‌فشار، خلاء و اختلاف فشار با سیگنال های خروجی الکتریکی آنالوگ

استانداردملی ۲۲۷۲۵ گیج های‌فشار استاندارد با مقاومت منگنین برای فشارهای بالا

استانداردملی ۲۴۴۴۶ گیج های‌فشار تغییر شکل استاندارد و گیج های خلاء با مقیاس تعریف شده

ایالات‌متحده آمریکا

موسسه‌طی استاندارد آمریکا/
اشری۳.۴۱ روش های‌اندازه گیری فشار

موسسه‌طی استاندارد آمریکا/
استاندارد1 ASME 40. گیج های‌فشار، نشانگر نوع صفحه - عنصر الاستیک

موسسه‌طی استاندارد آمریکا/
ابزارو دستگاه های اندازه گیری فشار، بخش 2 ASME PTC 19.2

API RP 550 P.1 بخش۴ - ابزارهای فشار، فرآیند و کنترل برای فشار در کاربردهای پالایشگاهی

استاندارد UL 252A گیج های‌فشار برای سرویس هوای فشرده - فشار پایین

استاندارد UL 299 موادخاموش کننده آتش نشانی شیمیایی خشک (بخش ۴۴ - فشارسنج ها)

UL393 نشانگرهای‌فشار برای آتش نشانی

استاندارد UL 404 گیج های‌فشار برای خدمات هوای فشرده - فشار بالا

مونوگراف NBS 65 داده های‌پذیرش برای گیج های فشار پیستونی

ANSI/ISA S37.3 گیج های‌فویل کرنش برای اندازه گیری فشار

ANSI/ISA S37.6 ترانسمیترهای‌فشار از راه دور پتانسیومتری

۴.۱.۲فلنج ها، اتصالات و اتصالات

استانداردهاو مشخصات زیر در مورد فلنج ها و اتصالات در ارتباط با اندازه گیری فشار و جریان استفاده می شوند:

۴.۱.۲.۱استانداردها و مشخصات آلمان

استانداردها

دین۲۳۵۳ کوپلینگ های‌لوله بدون لحیم با حلقه برش، کوپلینگ کامل با نمای کلی

دین۲۵۰۰ فلنج ها؛توضیحات کلی، بررسی

استاندارد DIN 2501 بخش اول فلنج ها؛ابعاد جفت شدن

استاندارد DIN V 2505 محاسبه‌اتصالات فلنجی

دین۲۵۱۲ فلنج ها؛زبانه و شیار، فشارهای اسمی ۱۰ تا ۱۶۰، ابعاد طراحی، حلقه ها

دین۲۵۱۳ -)۲؛برآمدگی و فرورفتگی، فشارهای اسمی ۱۰ تا ۱۰۰، ابعاد طراحی

دین۲۵۱۴ -)۲؛شیار برای حلقه آب بندی لاستیکی، فشارهای اسمی ۱۰ تا ۴۰، ابعاد طراحی

دین۲۵۱۹ فلنج های‌فولادی، شرایط فنی تحویل

دین۲۵۲۶ فلنج ها؛انواع سطوح تماس

دین۳۱۵۸ اتصالات‌مبرد؛ مشخصات ایمنی؛ آزمایش، علائم شناسایی

دین۳۱۵۹ اتصالات‌فلنجی برای اتصالات مبرد تا ND 25

استاندارد DIN 3202 بخش 1 ابعادرو در رو شیرها؛ شیرهای فلنجی

بخش2 DIN 3202 ابعادشیرآلات از روبرو؛ شیرآلات جوشی

بخش3 DIN 3202 ابعادرو در رو شیرها؛ شیرهای نوع ویفری

بخش4 DIN 3202 ابعادرو در رو شیرها؛ شیرهایی با سوکت های پیچی

بخش5 DIN 3202 ابعادرو در رو شیرها؛ شیرهایی که توسط اتصالات فشاری به هم متصل شده اند

بخش1 DIN 3211 شیرآلات؛نامگذاری و تعاریف

استاندارد DIN 3230 بخش اول شرایط‌فنی تحویل شیرآلات؛ استعلام، سفارش و تحویل

بخش2 DIN 3230 -)۲؛الزامات عمومی

استاندارد DIN 3230 بخش 3 -)۲؛بررسی روش های آزمایش ممکن

بخش4 DIN 3230 -)۲؛شیرآلات برای سرویس آبرسانی، الزامات و آزمایش ها

استاندارد DIN 3230 بخش ۵ -)۲؛شیرآلات برای تاسیسات گاز و خطوط لوله گاز، الزامات و آزمایش ها

بخش6 DIN 3230 -)۲؛شیرهای مخصوص سیالات قابل احتراق، الزامات و آزمایش ها

استاندارد DIN 3239 بخش 1 جوش‌دادن انتهای شیرآلات برای جوشکاری لب به لب

بخش2 - انتهای جوش داده شده شیرآلات برای جوشکاری سوکتی DIN 3239

)۲شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

دین۳۸۴۰	بدنه‌شیرها؛ محاسبه مقاومت فشار داخلی
استانداردDIN 3852 بخش 1	درپوش های‌پیچی، سوراخ های قلاویزکاری شده، با رزوه ریز متریک؛ انواع هزینه های کلی
استانداردDIN 3852 بخش 2	- ،- ، - ؛)۲با رزوه لوله ویتورث؛ هزینه کلی انواع
بخش3 DIN 3852	- ،- ، - ؛)۲با رزوه ریز متریک، فرم F و فرم W؛ هزینه کلی انواع - ،-
استانداردDIN 3852 بخش 11	، - ؛)۲درپوش های پیچی نوع E؛ هزینه کلی انواع
دین۸۵۴۶	کاهنده های‌فشار برای سیلندرهای گاز مورد استفاده در جوشکاری، برش و فرآیندهای وابسته؛اصطلاحات، الزامات و آزمایش. جایگزین شده با DIN EN 585
دین۸۹۶۰	مبردها؛الزامات
استانداردDIN ۸۹۶۳	کدهای‌مبرد
استانداردDIN 8975 بخش اول	تاسیسات‌سردخانه؛ اصول ایمنی برای ساخت، تجهیزات و نصب؛ طراحی
دین۱۱۸۵۰	لوله های‌فولادی ضد زنگ برای صنایع غذایی؛ ابعاد، جنس
دین۱۱۸۵۱	اتصالات‌صنایع غذایی؛ اتصالات لوله پیچی از جنس استیل ضد زنگ، کوپلینگ های رزوه دار،کوپلینگ های مخروطی، مهره های کوپلینگ، واشر
دین۱۱۸۵۲	-)۲;اشکال، قطعات T شکل، خم ها
دین۱۱۸۵۴	-)۲;اتصالات شیلنگ فولادی ضد زنگ، کوپلینگ های شیلنگ رزوه ای، کوپلینگ های شیلنگ مخروطی
دین۱۱۸۶۱	اتصالات‌برای صنایع نوشیدنی و لبنیات، حلقه های آب بندی لاستیکی، الزامات، آزمایش ها
دین۱۱۸۸۷	اتصالات‌صنایع غذایی، اتصالات رزوه گرد؛ کوپلینگ های رزوه دار، کوپلینگ های مخروطی
دین۳۲۵۰۹	شیرهای‌قطع و وصل دستی برای جوشکاری، برش و فرآیندهای وابسته؛ انواع الزامات ایمنی، آزمایش
استانداردDIN EN 19	شناسایی‌اتصالات صنعتی برای مصارف عمومی
استانداردDIN EN 585	تجهیزات‌جوشکاری گاز - کاهنده های فشار برای سیلندرهای گاز مورد استفاده برای جوشکاری، برش‌و فرآیندهای وابسته تا 200 بار؛ نسخه آلمانی استاندارد EN 585

)۲شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

آیین نامه های‌اجرایی AD

آگهی‌ب ۰	محاسبه‌مخازن تحت فشار
آگهی‌ب ۸	فلنج ها
آگهی‌ب ۹	برش هادر استوانه ها، مخروط ها و کره ها
آگهی‌ب ۱۰	پوسته های‌استوانه ای جدار ضخیم تحت فشار داخلی
آگهی‌W 2	فولادهای‌آستنیتی
آگهی‌W 9	فلنج های‌ساخته شده از فولاد
آگهی‌W 10	موادبرای دماهای پایین، مواد آهنی

مقررات‌فنی خطوط گاز فشار قوی

تی‌آر جی ال ۱۳۳	فلنج ها،آب بندها، پیچ ها و مهره ها؛ مواد، تولید، آزمایش

مقررات‌فنی مخازن

تی‌آر تی ۰۲۴	دستورالعمل های‌فنی برای مخازن؛ ایمنی یکسان برای اجزا (اتصالات)

استانداردهای‌VDMA

وی‌دی ام ای ۲۴۴۲۱	اتصالات؛پذیرش و آزمایش اتصالات؛ تعاریف، میزان، هزینه

آیین نامه های‌VdTÜV

	دستورالعمل های‌ماشینکاری انتهای لوله ها، قطعات شکل دهی شده و اتصالات برای VDTÜV MB 1055 خطوطلوله
	دستورالعمل های‌آزمایش اتصالات برای گازها و مایعات خطرناک VdTÜV MB 1065

قطعنامه های‌VdTÜV

وی‌دی VdTÜV ۲۵	دفترفناوری هسته ای TÜV از VdTÜV؛ قطعنامه ۲۵

استانداردهای‌VG

وی‌جی ۸۵۰۰۲	شناسایی‌اتصالات خط لوله
VG-85003-2	اتصالات؛مشخصات فنی؛ خلاصه ای از الزامات و آزمایش های احتمالی

مقررات‌فنی برای کارخانه های استیلن (TRAC)

ترک۲۰۴	خطوطلوله استیلن

مقررات‌فنی برای گازهای فشرده

تی‌آر جی ۱۰۱ گازهای‌فشرده؛ گازها

تی‌آر جی ۱۰۲ گازهای‌فشرده؛ مخلوط های گازی

تی‌آر جی ۱۰۳ گازهای‌فشرده؛ گازهای فشرده مایع و سرد شده در اعماق زیاد

تی‌آر جی ۱۰۴ گازهای‌فشرده؛ استفاده اختیاری از سیلندرهای گاز

۴.۱.۲.۲استانداردهای غیر آلمانی

فرانسه

ان‌اف A84-430 تجهیزات‌جوشکاری اکسی استیلن، کاهنده های فشار برای سیلندرهای گاز، برای گازهای فشرده و استیلن،برای جوشکاری، برش و فرآیندهای وابسته، الزامات و آزمایش ها

ان‌اف E29-002 خطوط‌لوله - فشارها و دماها، مفاهیم

ان‌اف E29-203 - ۲،)فلنج ها و قلاده های فولادی آستنیتی زنگ نزن، آلیاژی و غیرآلیاژی

ان‌اف E29-204 - ۲،)فلنج ها و یقه های ساخته شده از فولاد آهنگری شده، مواد، خواص مکانیکی، تولید، آزمایش

ان‌اف ای۲۰۶-۲۰ - ۲،)فلنج های ساخته شده از چدن غیرآلیاژی، تعاریف، ابعاد، الزامات

ان‌اف E29-207 - ۲،)فلنج های ساخته شده از مس یا آلیاژهای مس، تعاریف، ابعاد، الزامات

ان‌اف E29-209 الزامات‌فلنج ها و یقه های فولادی آستنیتی زنگ نزن، غیرآلیاژی، آلیاژی و خطوط لوله

ان‌اف E29-210 خطوط‌لوله، فلنج های روزنه دار برای دریچه های گاز

ان‌اف ام۵۰۰-۸۷ صنعت‌نفت معدنی، فلنج ها، مشخصات عمومی

ان‌اف ام۵۰۱-۸۷ صنعت‌نفت معدنی، سطوح آب بندی فلنج

بریتانیای‌کبیر

کارشناسی۱۰ فلنج هاو پیچ ها برای لوله ها، شیرها و اتصالات، مشخصات

کارشناسی۱۵۶۰ صفحه ۳ بخش۱.۳ فلنج های‌گرد برای لوله ها، شیرآلات و اتصالات، فلنج های‌ساخته شده از فولاد، چدن و آلیاژهای مس، فلنج های فولادی

)۲شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

کارشناسی۱۵۶۰
بخش۳.۳ فلنج های چدنی)۲-۰-۰-

کارشناسی۱۵۶۰
بخش۳.۳ ساخته شده از آلیاژهای مس و مواد کامپوزیتی)۲-۰-۰

صفحه3 BS 4504
بخش۱.۳ فلنج های‌گرد برای لوله ها، شیرآلات و اتصالات (مطابق با رتبه بندی فشار اسمی)، فلنج های ساخته شده از فولاد، چدن و آلیاژهای مس، فلنج های‌ساخته شده از آلیاژهای مس و کامپوزیت ها

کارشناسی۴۵۰۴
بخش۳.۳:۱۹۸۹)۲-۰-۰-۰-فلنج های چدنی

کارشناسی۴۵۰۴
بخش۳.۳:۱۹۸۹)۲-۰-۰-ساخته شده از آلیاژهای مس و مواد کامپوزیتی

اسرائیل

سی	۶۰	فلنج های‌لوله
	۶۰.۱	-عمومی -
	۶۰.۲	ابعاد مفصل
	۶۰.۳	-آب بندی سطوح -
	۶۰.۴	فلنج های حلقه ای -
	۶۰.۵	فلنج های لغزشی
	۶۰.۶	-فلنج های دارای نوک جوشکاری
	۶۰.۷	-فلنج رزوه دار -
	۶۰.۸	فلنج کور

ایتالیا

یونی۲۲۲۳ فلنج های‌فلزی برای خطوط لوله، پیکربندی سوراخ و فلنج گرد، ابعاد جفت شدن

یونی۲۲۲۴ فلنج های بیضی شکل، ابعاد جفت شدن)۲-۰-۰-

یونی۲۲۲۵ سطح، سفتی، تک شیار)۲-۰-۰-

یونی۲۲۲۶ شیار دوتایی (هندسه کام و زبانه))۲-۰-۰-

یونی۲۲۲۷ ابعاد هندسه کام و زبانه برای آب بندهای گرد. PN 10 تا 40)۲-۰-۰-

یونی۲۲۲۹ پله، سطح، فشردگی)۲

یونی۲۲۳۱ فلنج های‌رایج برای خطوط لوله، محاسبه مجدد فلنج های ثابت

یونی۲۲۳۲ محاسبه مجدد فلنج های آزاد)۲،۳ -

)۲شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

یونی۲۲۳۳ - ۲،۳)فهرست انواع

یونی۶۰۷۸ - ۲،۳)سطح مخروطی، سطح آب بندی برای آب بندی لنز، PN از ۶۴ تا ۲۵۰ -

یونی۶۱۰۰ ۲،۳)تلرانس ها و شناسایی

یونی۲۲۳۴ به۲۲۳۹ - ۲،۳)چدن خاکستری، PN از ۵.۳ تا ۴۰

یونی۲۲۴۰ تا۲۲۴۰ - ۲،۳)چدن خاکستری، PN از 16 تا 100

یونی۶۰۷۹ و۶۰۸۰ - ۲)پی ان ۱۶۰ و پی ان ۲۵۰

یونی۲۲۴۵ - ۲،۳)برش، PN 2.5؛ DN از 2 1/2 تا 4، و PN 6، DN از 3/8 تا 2

یونی۲۲۴۶ تا۲۲۴۸ - ۲)پ ن ۶؛ پ ن ۱۶؛ پ ن ۴۰

یونی۲۲۴۹ و۲۲۵۰ - ۲)دایره ای کاهش یافته PN 2.5 و PN 1

یونی۲۲۵۱ و۲۲۵۲ - ۲)حلقه یقه بیضی شکل PN 6 و PN 16

یونی۲۲۵۳ تا۲۲۵۷ - ۲)حلقه یقه دایره ای PN 6 تا PN 100

یونی۲۲۷۵ فلنج های‌فلزی برای خطوط لوله، فلنج های جوش داده شده روی هم، بیضی شکل، PN 2.5، قطر داخلی از 65 تا 100؛ PN6، قطر داخلی از 10 تا 50

یونی۲۲۷۶ به۲۲۷۸ - ۲)اما دایره ای - PN 6؛ PN 10؛ PN 16

یونی۶۰۸۱ - ۲)بیضی - PN 16

یونی۶۰۸۲ به۶۰۸۴ - ۲)دایره ای - PN 2.5؛ PN 25؛ PN 40

یونی۶۰۹۱ به۶۰۹۹ فلنج های‌فلزی برای خطوط لوله، فلنج های کور، PN 6 تا PN 250

یونی۲۲۷۹ به۲۲۸۶ فلنج های‌فلزی برای خطوط لوله، اما فلنج های جوش داده شده، PN 2.5 تا PN 100

یونی۶۰۸۵ و۶۰۸۶ - ۲)پی ان ۱۶۰ و پی ان ۲۵۰

۲)شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

یونی۴۳۳۴	آب بندهای‌حلقه ای برای فلنج های تک فرقه ای
یونی۲۲۸۷ به۲۲۹۳	فلنج های‌فلزی برای خطوط لوله، فلنج های جوش داده شده لب‌به لب با حلقه یاتاقان، PN 1 تا PN 40
یونی۲۲۹۹ و۲۳۰۰	فلنج های‌فلزی برای خطوط لوله، فلنج های جوش داده شده روی‌هم با حلقه یاتاقان، PN 25 و PN 40
یونی۶۰۸۷ به۶۰۹۰	- ،- ،)۲و برای لوله های دارای لبه یاتاقان PN 2.5 تا PN 16

ژاپن

استاندارد JIS B 2201	محاسبه‌فشار برای مواد آهنی در فلنج های لوله
استاندارد JIS B 220	فلنج های‌لوله فولادی جوشی

سوئد

اس‌اس ۳۳۵۱	کوپلینگ های‌لوله، کوپلینگ های رزوه دار برای صنایع غذایی
اس‌اس ۳۳۵۳	کوپلینگ های‌لوله، مهره های شش ضلعی و چاکدار برای صنایع غذایی

ایالات‌متحده آمریکا

استاندارد ANSI B 16.1	فلنج های‌لوله چدنی و اتصالات فلنج چدنی
استاندارد ANSI B 16.5	فلنج های‌لوله و اتصالات لوله
استاندارد ANSI B 16.11	اتصالات‌فولادی فورج شده با گردن جوشکاری شده یا رزوه شده
استاندارد ANSI B 16.34	شیرآلات‌با فلنج یا انتهای جوش داده شده

روسیه

استاندارد‌دولی ۱۲۸۲۰	فلنج های‌تخت جوشی از جنس فولاد برای فشار کاری 0.1 تا 2.5 مگاپاسکال
استاندارد‌دولی ۱۲۸۲۱	فلنج های‌جوشی لب به لب از جنس فولاد برای فشار کاری 0.1 تا 20.0 مگاپاسکال
استاندارد‌دولی ۹۱۱۲	کوپلینگ های‌لوله با حلقه مخروطی دوتایی
استاندارد‌دولی ۹۳۹۹	فلنج های‌رزوه دار فولادی برای فشار NP 20 - 100 مگاپاسکال
استاندارد۹۴۰۰	انتهای‌اتصالات رزوه دار برای اتصالات، رابط ها و خطوط لوله با آب بندی لنزی برای فشار NP 20 - 100 MPa
استاندارد‌دولی ۱۲۶۷۸	کنترل کننده های‌فشار بر اساس حالت عملکرد مستقیم

تا20 مگاپاسکال NP 0.1 فلنج برای اتصالات، رابط ها و خطوط لوله برای فشار GOST 12815

)۲شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

۴.۱.۳ابزارهای اندازه گیری الکتریکی و فشارسنج ها

۴.۱.۳.۱استانداردها و مشخصات آلمان

استانداردها

دین۱۶۰۸۶ فشارسنج های‌الکتریکی، مبدل های فشار، مبدل های اندازه گیری فشار، گیج های فشار،مفاهیم، مشخصات در برگه های اطلاعات

دین۱۶۲۳۰ اندازه گیری‌و کنترل؛ نمودارها برای ثبت کننده های نمودار نواری

استاندارد DIN 43701 بخش 1 ابزاردقیق تابلو برق؛ شرایط فنی تحویل، شرایط عمومی

بخش2 DIN 43701 ابزارهای‌تابلو برق؛ شرایط فنی تحویل، شامل آمپرمتر، ولت متر و کنتور برق

بخش3 DIN 43701 ابزارهای‌تابلو برق؛ شرایط فنی تحویل؛ ابزار اندازه گیری برای دماسنج های برقی

بخش4 DIN 43701 ابزارهای‌تابلو برق؛ شرایط فنی تحویل، که نشان دهنده ابزارهای اندازه گیری برای مبدل ها است

دین۴۳۷۵۰ تجهیزات‌اندازه گیری الکترونیکی؛ مستنداتی که باید ارائه شوند (= IEC 278-1968)

استاندارد DIN 43751 بخش 1 اندازه گیری‌و کنترل؛ ابزارهای اندازه گیری دیجیتال؛ بیانیه های کلی در مورد مفاهیم، آزمایش ها ومشخصات برگه اطلاعات (= IEC 66)Sec(49-1985)

بخش2 -؛ -؛ 43751)۲DINابزارهای اندازه گیری برای اندازه گیری مقادیر آنالوگ؛ مفاهیم، مشخصات‌آزمایش ها و برگه اطلاعات (= IEC 66)Sec(50-1985)

بخش3 -؛ -؛ 43751)۲DINابزارهای اندازه گیری برای اندازه گیری مقادیر دیجیتال؛ مفاهیم، مشخصات‌آزمایش ها و برگه اطلاعات (= IEC 66)Sec(51-1985)

بخش4 -؛ -؛ 43751)۲DINابزارهای اندازه گیری برای اندازه گیری مقادیر وابسته به زمان؛ مفاهیم،آزمایش ها و مشخصات برگه اطلاعات (= IEC 66)Sec(50-1985)

استاندارد DIN 43781 بخش 1 اندازه گیری‌و کنترل؛ ابزارهای اندازه گیری الکتریکی؛ ابزارهای ثبت عملکرد مستقیم و لوازم جانبی‌الکتریکی آنها (= IEC 258-1968)

استاندارد DIN 43781 بخش 2 اندازه گیری‌و کنترل؛ ابزارهای اندازه گیری الکتریکی؛ ابزارهای ثبت عملکرد مستقیم و لوازم جانبی‌الکترونیکی آنها (= IEC 258-1968)

بخش1 اندازه گیری و کنترل؛ کدهای اتصال برای اندازه گیری و کنترل DIN 45140 ابزارها؛مشخصات به عنوان یک سیستم الفبایی-عددی

بخش2 DIN 45140 - ؛- ؛)۲مشخصات به عنوان کلید ترجمه

بخش3 DIN 45140 - ؛- ؛)۲مشخصات سیستم های مدیریت فرآیند

)۲شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

دین۴۵۱۴۱	اندازه گیریو کنترل؛ اتصالات رزوه دار برای لوله های هوای ابزارهای اندازه گیری و کنترل
دین۴۵۶۷۰	تجهیزاتاندازه گیری ارتعاش شفت؛ الزاماتی که باید توسط یک دستگاه اندازه گیری برای پایش ارتعاشاتنسبی شفت رعایت شود
استاندارد DIN IEC 359	مشخصاتمربوط به ویژگی های عملیاتی ابزارهای اندازه گیری الکتریکی و الکترونیکی؛ مشابهبا IEC 359: 1987
استاندارد DIN IEC 468	فرآیندهایاندازه گیری مقاومت ویژه (الکتریکی) مواد فلزی
استاندارد DIN EN 60688	مبدل هایاندازه گیری برای تبدیل مقادیر جریان متناوب به سیگنال های آنالوگ و دیجیتال (IEC 688:1992)
استاندارد DIN IEC 625	یکسیستم رابط سریال بایت و موازی بیتی برای ابزارهای اندازه گیری قابل برنامه ریزی؛
قسمت:۱	ضوابطعملکردی، الکتریکی و مکانیکی، کاربردهای سیستم و دستورالعمل ها برای مهندس توسعهو کاربر
استاندارد DIN IEC 625	یکسیستم رابط بیت-موازی سریال بایت برای ابزارهای اندازه گیری قابل برنامه ریزی؛
قسمت:۲	توافقدر مورد کدها و قالب های داده ها
استاندارد DIN IEC 770	روش هایارزیابی ویژگی های عملیاتی مبدل های اندازه گیری برای توابع کنترل در سیستم های مهندسیفرآیندهای صنعتی
استاندارد DIN IEC 770	مبدل هایاندازه گیری برای توابع کنترل در سیستم های مهندسی فرآیند صنعتی؛
قسمت:۳	دستورالعمل هایپذیرش و بازرسی عملیاتی؛ مشابه با IEC 770-2: 1989

مقرراتآزمون PTB

مبدل هایاندازه گیری PTB جلد ۱۲

دوره۱۷ پی تی بی	مصونیتدر برابر تداخل؛ فرآیندهایی برای آزمایش اثر تداخل الکترومغناطیسی بر روی ابزارهایاندازه گیری

دستورالعمل هایفنی PTB

پیتی بی ای	ابزارهایاندازه گیری برق، خلاصه مطالب
پیتی بی E1	- [۲])بازرسی از مراکز آزمون رسمی تأیید شده
پیتی بی E21	- [۲])ولتاژ الکترونیکی، استانداردهایی برای استفاده در سیستم اوزان و مقیاس های قانونی

[۲]شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

مقررات‌ایمنی KTA

کی‌تی ای ۳۵۰۵	تست‌نوعی فرستنده های اندازه گیری و مبدل های اندازه گیری مورد استفاده در سیستم امنیتی راکتور

مقررات‌فنی برای مایعات قابل احتراق

تی‌آر بی اف ۵۱۱	دستورالعمل‌تولید فرستنده های مقدار محدود

۴.۱.۴دماسنج ها، گیج های دما و لوازم جانبی

۱.۴.۱.۴استانداردها و مشخصات آلمان

استانداردها

دین۱۳۴۱	انتقال‌حرارت؛ تعاریف، پارامترهای مشخصه
دین۱۲۷۶۹	دماسنج های‌مایع در شیشه؛ بررسی
دین۱۲۷۷۰	ظروف‌شیشه ای آزمایشگاهی؛ دماسنج های مایع در شیشه؛ الزامات عمومی
دین۱۲۷۷۱	ظروف‌شیشه ای آزمایشگاهی؛ دماسنج های کالری متر با مقیاس بسته، محدوده‌اندازه گیری ۶درجه‌سی
دین۱۲۷۷۵	ظروف‌شیشه ای آزمایشگاهی؛ دماسنج های آزمایشگاهی، مقادیر مقیاس 0.1درجه‌سی، ۲.۰درجه‌سی و 0.5درجه‌سی
دین۱۲۷۷۸	ظروف‌شیشه ای آزمایشگاهی؛ دماسنج های آزمایشگاهی، مقادیر مقیاس ۱درجه‌سی و ۲درجه‌سی
دین۱۲۷۷۹	ظروف‌شیشه ای آزمایشگاهی؛ دماسنج های آزمایشگاهی، با نشانگر سرعت بالا (دماسنج های‌تقطیر)
دین۱۲۷۸۱	ظروف‌شیشه ای آزمایشگاهی؛ دماسنج های آزمایشگاهی با محفظه ی مستقیم و مقیاس دار
دین۱۲۷۸۴	ظروف‌شیشه ای آزمایشگاهی؛ دماسنج های دارای اتصال زمین
دین۱۲۷۸۵	ظروف‌شیشه ای آزمایشگاهی؛ دماسنج های آزمایشگاهی مخصوص
دین۱۲۷۸۶	ظروف‌شیشه ای آزمایشگاهی؛ دماسنج های با مقیاس محصور برای اندازه گیری های ترمو-اقتصادی
دین۱۲۷۸۷	آزمایش‌روغن معدنی و سوخت؛ نوک دماسنج
دین۱۲۷۸۹	ظروف‌شیشه ای آزمایشگاهی؛ دماسنج های بکمن، دماسنج های با مقیاس محصور با برد قابل تنظیم
دین۱۲۷۹۹	ظروف‌شیشه ای آزمایشگاهی؛ دماسنج های عمومی با ساقه توپر

دین۱۲۸۷۸ لوازم‌برقی آزمایشگاهی؛ دماسنج ها و رله های تماسی قابل تنظیم مایع در شیشه، الزامات عمومی وایمنی و آزمایش، مرجع: GSG

دین۱۳۱۰۰ دماسنج های‌جیوه ای پزشکی شیشه ای؛ دماسنج های بالینی، دماسنج های دامپزشکی (دماسنج های‌دارای مقیاس بسته)، ابعاد اصلی، الزامات

دین۱۶۱۶۰ دماسنج ها؛مفاهیم

دین۱۶۱۶۷ دماسنج های‌شیشه ای برای مقاصد صنعتی با قاب گرد؛ اندازه اسمی ۱۶۰، نوع مستقیم، ابعاد و محدوده های‌نمایش

دین۱۶۱۶۸ -)۲؛اندازه اسمی ۱۶۰، ۹۰درجه‌نوع زاویه، ابعاد و محدوده های نشان دهنده

دین۱۶۱۷۴ -)۲؛اندازه اسمی ۲۵۰، نوع مستقیم، ابعاد و محدوده های نشانگر

دین۱۶۱۷۵ -)۲؛اندازه اسمی ۲۵۰، ۹۰درجه‌نوع زاویه، ابعاد و محدوده های نشان دهنده

دین۱۶۱۷۶ -)۲؛اندازه اسمی ۲۵۰، ۱۳۵درجه‌نوع زاویه، ابعاد و محدوده های نشان دهنده انتهای‌پیچی

دین۱۶۱۷۹ و لوله های محافظ برای دماسنج های شیشه ای برای فرآیندهای صنعتی

دین۱۶۱۸۱ دماسنج های‌شیشه ای برای مقاصد صنعتی با محفظه V شکل؛ اندازه اسمی ۱۱۰، نوع مستقیم، ابعاد ومحدوده های نمایش

دین۱۶۱۸۲ -)۲؛اندازه اسمی ۱۱۰، ۹۰درجه‌نوع زاویه، ابعاد و محدوده های نشان دهنده

دین۱۶۱۸۵ -)۲؛اندازه اسمی ۱۵۰، نوع مستقیم، ابعاد و محدوده های نشانگر

دین۱۶۱۸۶ -)۲؛اندازه اسمی ۱۵۰، ۹۰درجه‌نوع زاویه، ابعاد و محدوده های نشان دهنده

دین۱۶۱۸۹ -)۲؛اندازه اسمی ۲۰۰، نوع مستقیم، ابعاد و محدوده های نشانگر

دین۱۶۱۹۰ -)۲؛اندازه اسمی ۲۰۰، ۹۰درجه‌نوع زاویه، ابعاد و محدوده های نشان دهنده

دین۱۶۱۹۱ -)۲؛اندازه اسمی ۲۰۰، ۱۳۵درجه‌نوع زاویه، ابعاد و محدوده های نشان دهنده

دین۱۶۱۹۴ فاصله‌بین علائم مقیاس و شماره گذاری برای دماسنج های شیشه ای برای مقاصد صنعتی، V شکل، اندازه اسمی ۱۱۰، ۱۵۰ و ۲۰۰

دین۱۶۱۹۵ دماسنج های‌شیشه ای برای مقاصد صنعتی با محفظه گرد یا V شکل؛ الزامات و آزمایش ها

دین۱۶۲۰۳ دماسنج های‌عقربه ای؛ دماسنج های فنری و دوفلزی؛ الزامات و آزمایش ها

دین۱۶۲۰۴ دماسنج های‌عقربه ای؛ دماسنج های دوفلزی؛ کلاس های دقت ۱ و ۲؛ قطرهای اسمی محفظه ۶۳،۸۰، ۱۰۰ و ۱۶۰ میلی متر؛ ابعاد و محدوده های نشانگر

)۲شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

دین۱۶۲۰۵	دماسنج های‌عقربه ای؛ دماسنج های فنری با عنصر الاستیک؛ کلاس های دقت ۱ و ۲؛ قطرهای اسمی محفظه۶۳، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۶۰ میلی متر؛ ابعاد و محدوده های نشانگر
دین۱۶۲۰۶	دماسنج های‌عقربه ای؛ دماسنج های فنری با کنترل از راه دور؛ کلاس های دقت ۱ و ۲؛ قطرهای اسمی محفظه۶۰، ۶۳، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۶۰ میلی متر؛ اندازه های اسمی محفظه ۷۲ در ۷۲، ۹۶ در ۹۶ و ۱۴۴ در ۱۴۴؛ ابعاد و محدوده های‌نشانگر
دین۴۳۷۰۰	اندازه گیری‌و کنترل؛ ابزارهای اندازه گیری و کنترل برای نصب تابلو، ابعاد اسمی و ابعاد سوراخکاری
دین۴۳۷۹۰	قوانین‌اساسی برای طراحی مقیاس ها و عقربه های علامت گذاری شده
دین۵۰۰۴۹	محصولات‌فلزی، انواع گواهی آزمون، نسخه آلمانی EN 10204: 1991
دین۵۸۶۵۳	ابزارهای‌هواشناسی؛ دماسنج های حداقل
دین۵۸۶۵۴	ابزارهای‌هواشناسی؛ دماسنج های حداکثر
دین۵۸۶۵۵	ابزارهای‌هواشناسی؛ دماسنج های زمینی ۲۰ تا ۳۱۰ میلی متر
دین۵۸۶۵۶	ابزارهای‌هواشناسی؛ کلبه دماسنج
صفحه1 DIN 58658	درام هاو حرکات برای سازهای ضبط؛ درام های قابل جابجایی، حرکات
صفحه2 DIN 58658	-)۲؛طبل های مرتبط با حرکات ساعت
دین۷۵۵۷۵	دماسنج های‌از راه دور برای خودروها

انواع‌حفاظت بدنه DIN VDE 0470 (کد IP) ()1989(IEC 529، ویرایش دوم) بخش 1
نسخه‌آلمانی EN 60529: 1991

مقررات‌کالیبراسیون برای گیج های دما

ای‌او ۱-۱۴	دماسنج های‌مایع در شیشه
ای‌او ۲-۱۴	
ای‌او ۳-۱۴	دماسنج های‌عقربه ای
ای‌او ۴-۱۴	دماسنج های‌برقی قابل حمل،
ای‌او ۵-۱۴	دماسنج های‌یخچالی، دماسنج های
ای‌او ۱-۱۵	پزشکی

الزامات)PTB-A(PTB

پی‌تی بی-ای ۱.۱۴	دماسنج های‌مایع در شیشه
پی‌تی بی-ای ۲.۱۴	
پی‌تی بی-ای ۳.۱۴	دماسنج های‌عقربه ای
پی‌تی بی-ای ۵.۱۴	دماسنج های‌یخچالی، دماسنج های
پی‌تی بی-ای ۱.۱۵	برقی‌پزشکی

)۲شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

مقررات‌قانونی و اداری آلمان فدرال

مقررات‌عمومی اداری برای کالیبراسیون ابزارهای اندازه گیری؛ آزمایش دماسنج های مایع در شیشه

۲.۴.۱.۴استانداردها و مشخصات بین المللی

استانداردهای‌بین المللی

ایزو۳۸۶	دماسنج های‌آزمایشگاهی مایع در شیشه؛ اصول اجرا، طراحی و استفاده
ایزو۶۵۳	دماسنج های‌ساقه جامد با دقت بالا
ایزو۶۵۴	دماسنج های‌ساقه جامد با دقت کوتاه
ایزو۶۵۵	دماسنج های‌دقیق بلند با درجه بندی محصور
ایزو۶۵۶	دماسنج های‌دقیق کوتاه با درجه بندی محصور
ایزو۱۷۷۰	دماسنج های‌ساقه جامد برای مصارف عمومی
ایزو۱۷۷۱	دماسنج هایی‌با مقیاس ضمیمه برای مصارف عمومی
ایزو۴۷۸۶	دماسنج های‌قابل تنظیم از نوع دارای مقیاس محصور
ایزو۶۱۵۲	دماسنج هابرای استفاده با ابزارهای اندازه گیری الکل (محتویات) و فشارسنج ها
ایزو۸۳۱۰	هیدروکربن های‌سبک مایع؛ اندازه گیری دما در ظروف گاز مایع؛ دماسنج های مقاومتی‌و ترموالمنت ها

دستورالعمل های‌اتحادیه اروپا

۹۳/۴۳/EEC
دستورالعمل‌شورا مورخ ۱۴ ژوئن بهداشت مواد غذایی

۸۳/۱۲۸/EEC
دستورالعمل‌شورا مورخ ۲۸ مارس ۱۹۸۳ برای اصلاح دستورالعمل /۷۶۴/۷۶EEC برای هماهنگ سازی قوانین کشورهای عضودر مورد دماسنج های جیوه ای پزشکی شیشه ای با حداکثر دستگاه

۸۴/۴۱۴/EEC
دستورالعمل‌کمیسیون مورخ ۱۸ ژوئیه ۱۹۸۴ برای تطبیق با وضعیت پیشرفت فنی قوانین کشورهای عضو در مورد قوانین‌کشورهای عضو در مورد دماسنج های پزشکی جیوه ای شیشه ای با حداکثر دستگاه

توصیه های‌بین المللی در مورد اندازه گیری ها

OIML R7 دماسنج های‌جیوه ای پزشکی شیشه ای با حداکثر دقت

OIML ص۱۶ راهنمای‌اندازه گیری دما در عمل

۳.۴.۱.۴استانداردهای غیر آلمانی

تایوان

سیستم‌عصبی مرکزی C 3082 روش های‌آزمایش برای نشان دادن دماسنج های مقاومتی

سیستم‌عصبی مرکزی C 4198 دماسنج های‌ترموالکتریک با نشانگر

سیستم‌عصبی مرکزی C 4199 دماسنج های‌مقاومتی با نشانگر

چین

گیگابایت۱۵۹۸ ترموکوپل های‌پلاتین/رودیوم-پلاتین

گیگابایت۲۶۱۴ ترموکوپل های‌نیکل-کروم/نیکل-سیلیکون (IEC 584-1، IEC 584-2)

گیگابایت۲۹۰۲ ترموکوپل های‌پلاتین-رودیوم ۳۰٪/پلاتین-رودیوم ۶٪

گیگابایت۲۹۰۳ ترموکوپل های‌مس/مس-نیکل

گیگابایت۲۹۰۴ ترموکوپل های‌نیکل-کروم/طلا-آهن-مس/طلا-آهن برای دماهای پایین

GB/T2974 روش های‌آزمایش ترموکوپل های صنعتی

گیگابایت۳۴۱۳ دماسنج های‌مقاومتی

گیگابایت۳۷۷۲ ترموکوپل های‌پلاتین۱۰-٪ رودیوم/پلاتین (IEC 584-1)

گیگابایت۴۹۸۹ ترموکوپل ها؛کابل های حرارتی و جبران کننده (IEC 584-3)

گیگابایت۴۹۹۰ ترموکوپل ها؛کابل های حرارتی و جبرانی، سیم آلیاژی (IEC 584-3)

گیگابایت۴۹۹۳ ترموکوپل های‌نیکل-کروم/مس-نیکل (IEC 584-1)

گیگابایت۴۹۹۴ ترموکوپل های‌آهن-مس/مس-نیکل (IEC 594-1)

گیگابایت۵۹۷۸ مقاومت‌اندازه گیری پلاتین؛ روش اندازه گیری و آزمایش برای دماسنج ها

فرانسه

ان‌اف بی ۳۰-۱۰۵	اندازه گیری‌دمای خنک کننده بالا و پایین
ان‌اف بی ۳۵-۵۰۰ به۵۰۹	ابزارهای‌آزمایشگاهی ساخته شده از شیشه؛ دماسنج های ساقه جامد و دماسنج های با مقیاس‌محصور
NF B37-003	دماسنج های‌صنعتی
ان‌اف سی ۴۲-۳۴۲	کابل های‌حرارتی و جبرانی برای ترموکوپل ها، ترکیب، خواص مواد، آزمایش های تولید

بریتانیای‌کبیر

BS 1041 2 صفحه بخش۱.۲	اندازه گیری‌دما، دماسنج های انبساطی، راهنمای انتخاب و استفاده از دماسنج های‌مایع در شیشه
BS 1041 2 صفحه بخش۲.۲	اندازه گیری‌دما، دماسنج های انبساطی، راهنمای انتخاب و استفاده ازدماسنج های عقربه ای
BS 1041 4 صفحه	اندازه گیری‌دما، ترموالکترون ها
BS 1041 5 صفحه	- ۲،)راهنمای انتخاب و استفاده از پیرومترهای تابشی
BS 1041 7 صفحه	- ۲،)راهنمای انتخاب و استفاده از تجهیزات نشانگر دما
کارشناسی۱۹۰۰	دماسنج های‌مرجع ثانویه
کارشناسی۲۷۶۵	المان های‌اندازه گیری دما و لوله های محافظ آنها، مشخصات اندازه
کارشناسی۵۰۷۴	دماسنج های‌ساقه بلند و کوتاه توپر برای کاربردهای دقیق، مشخصات
کارشناسی۵۴۷۱	مشخصات‌دماسنج ها برای استفاده با آری‌ومترهای الکل

ایتالیا

یونی۶۴۲۹	دماسنج های‌آزمایشگاهی دقیق ساخته شده از شیشه، با پرکننده (پرکننده مایع)، ویژگی های طراحی
یونی۶۴۳۰	۲)نوع بلند، جامد - ۰.۰
یونی۶۴۳۱	۲)نوع کوتاه، جامد - ۰.۰
یونی۶۴۳۲	۲)نوع بلند، با مقیاس داخلی - ۰.۰ ۰.۰
یونی۶۴۳۳	۲)نوع کوتاه، با مقیاس داخلی
یونی۶۸۸۵	کاربردعمومی دماسنج های ساخته شده از شیشه با پرکننده، ویژگی های طراحی

۲)شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

یونی۶۸۸۶ - ۰ ۰)۲نوع جامد

یونی۶۸۸۷ - ۰ ۰)۲نوع مقیاس داخلی

یونی۶۸۸۸ دماسنج هایکالری متری، ویژگی های طراحی

یونی۶۸۸۹ - ۲،)نوع جامد

یونی۶۸۹۰ - ۲،)نوع مقیاس داخلی

یونی۶۸۹۱ دماسنج هابا شکاف قابل تنظیم (با مقیاس داخلی)، ویژگی های طراحی

یونی۶۸۹۲ - ۲،)ابعاد

یونی۶۸۹۳ دماسنج هایشیشه ای با رویه های پر کردن، آزمایش و بازرسی

رابطکاربری۹۰۰۹ دماسنج هایانبساطی و دوفلزی صنعتی با نمایشگر عقربه ای، عرض اسمی، ابعاد و انواع نصب

یونی۹۰۱۰ دماسنج هایانبساطی صنعتی، دو فلزی و شیشه ای با پوشش فلزی و صفحه مدرج، کلاس های دقت

یونی۹۰۱۱ - ۲،)واحدها و اندازه ها و محدوده های اندازه گیری -

یونی۹۰۱۲ ۲،)مقدار محدودیت کاربرد

یونی۹۰۱۳ دماسنج هایانبساطی و دوفلزی صنعتی با صفحه مدرج، تقسیم بندی مقیاس و شماره گذاری

یونی۹۰۱۴ دماسنج هایانبساطی صنعتی، دو فلزی و شیشه ای با پوشش فلزی به همراه صفحه مدرج و ویژگی هایطراحی

یونی۹۰۱۵ دماسنج هایانبساطی و دوفلزی صنعتی با صفحه مدرج، مقیاس های درجه و نوشته برای صفحه هایتک مقیاسی

یونی۹۱۱۲ - ۲،)موقعیت نصب و تصاویر گرافیکی رابطه ای

یونی۷۹۳۷ دماسنج هابا مقاومت پلاتینی، علامت گذاری و مشخصه استاتیک

یونی۴۷۶۸ ترموالمنت ها،روش مقایسه کالیبراسیون

یونی۵۰۰۸ دماسنج هایصنعتی و دماسنج های مخصوص سردخانه های کشتی، انواع استاندارد

یونی۵۰۰۹ دماسنج هایصنعتی برای کشتی ها و دماسنج هایی با محفظه تکی

یونی۵۰۱۰ - ۲،)با کپسوله سازی دوگانه

)۲شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

یونی۵۰۱۱	- ۲،)با محفظه دوگانه با ظرف برجسته
یونی۵۰۱۲	- ۲،)با محفظه های فلزی
یونی۵۰۱۳	-دماسنج های شیشه ای
یونی۵۰۱۴	- ۲،)ظرف کامل برای دماسنج های شیشه ای -ظرف
یونی۵۰۱۵	برجسته کامل برای دماسنج های شیشه ای
یونی۵۰۱۶	- ۲،)با محفظه بندی تکی، ظرف، درپوش، کپسول، مهره چاک دار و درب -
یونی۵۰۱۷	۲،)با محفظه دوگانه و ظرف شیشه ای
یونی۵۰۱۸	- ۲،)با محفظه دوگانه و ظرف شیشه ای برجسته -
یونی۵۰۱۹	۲،)با محفظه فلزی، غلاف و مهره چاکدار
یونی۵۰۲۰	- ۲،)با محفظه تکی یا دوتایی، لیوان های مدرج
یونی۵۰۲۱	- ۲،)با کپسوله بندی دوگانه، غلاف با لوله محافظ
یونی۵۰۲۲	- ۲،)با کپسوله سازی دوگانه داخلی و خارجی
یونی۵۰۲۳	- ۲،)با کپسول دوگانه، مهره پیچی، درب، مهره های چاکدار و فنر -
یونی۵۰۲۴	۲،)دماسنج های شیشه ای، دوشاخه با زنجیر
یونی۵۰۲۵	- ۲،)دستورالعمل هایی برای چیدمان نگهدارنده های دماسنج و دماسنج ها
یونی۵۰۲۶	دماسنج هایدمای پایین برای کشتی ها
یونی۵۰۲۷	- ۲،)کپسوله سازی، شیشه و دیسک
رابطکاربری ۵۰۲۸	دماسنج هایصنعتی و دماسنج های دمای پایین برای کشتی ها، شرایط فنی شیشه دماسنج ها

هند

IS2806	روشآزمایش برای اندازه گیری با دماسنج های مقاومت الکتریکی

اسرایئیل

اسآی ۸۶۷	دماسنج هایجیوه ای پزشکی شیشه ای

)۲شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

www.onlinedoctranslator.com - naisreP ot hsilgnE morf detalsnarT

ژاپن

JIS C1601	دماسنج های‌ترموالکتریک با نشانگر
JIS C1603	دماسنج های‌مقاومتی با نشانگر
JIS Z۸۷۰۵	روش های‌اندازه گیری دما با دماسنج های مایع در شیشه
استاندارد JIS Z 8706	روش های‌اندازه گیری دما با پیرومترهای نوری
استاندارد JIS Z ۸۷۰۷	روش‌اندازه گیری دما با سیستم های پر شده (دماسنج های فنری با کنترل از راه دور) و دماسنج های‌دوفلزی
JIS Z8710	شرایط‌عمومی برای اندازه گیری دما

کانادا

CGSB CAN/CGSB-14.5-M88
دماسنج های‌دارای نشانگر خودکار و دو فلزی، طراحی صنعتی استاندارد

نروژ

ان‌اس ۵۵۰۷	دماسنج های‌شیشه ای صنعتی با محفظه V شکل
ان‌اس ۵۵۰۸	لوله های‌دماسنج غوطه ور برای دماسنج های صنعتی
ان‌اس ۵۵۰۹	دماسنج های‌شیشه ای برای دماسنج های صنعتی

اتریش / پرتغال / اسپانیا

اکثرمحصولات مطابق با استانداردهای DIN تولید و عرضه می شوند.

عربستان‌سعودی

اس‌اس ای ۱۵۴	روش های‌کالیبراسیون دماسنج های جیوه ای پزشکی
اس‌اس ای ۱۵۵	دماسنج های‌جیوه ای پزشکی

ایالات‌متحده آمریکا

ANSI/ASHRAE41.1	روش های‌استاندارد برای اندازه گیری دما
ANSI/ASME PTC19.3	اندازه گیری‌دما
API RP 550- بخش۱، بخش ۳	ابزارهای‌دما، فرآیند و کنترل دما برای استفاده در پالایشگاه ها

روسیه

استانداردملی ۱۱۲ دماسنج های‌شیشه ای هواشناسی

استاندارد۳۰۲ دماسنج های‌حداکثر پزشکی ساخته شده از شیشه

استاندارد۳۸۸۸ دماسنج های‌شیشه ای مخصوص دامپزشکی

استاندارد۱۳۶۴۶ دماسنج های‌جیوه ای شیشه ای برای اندازه گیری های دقیق

استانداردملی ۸۶۳۴ دماسنج های‌فشارسنج GSP

استانداردملی ۱۶۹۳۰ مبدل های‌دما و فشار GSP

استاندارد۱۴۰۰۲ فرستنده های‌رله دما و اختلاف دما GSP؛ مبدل های حرارتی با مقاومت عمومی GSP

مبدل های‌حرارتی مقاومتی GOSTED16651 از شرکت GSP

استانداردملی ۱۳۸۵۵ دماسنج های‌تماسی جیوه ای از جنس شیشه

استانداردملی ۲۳۱۲۵ شاخص های‌نظارت بر محدودیت دما

استانداردملی ۳۰۴۴ مبدل های‌ترموالکتریک؛ جداول کالیبراسیون

۴.۱.۵ابزارهای اندازه گیری دمای الکتریکی

۴.۱.۵.۱استانداردهای آلمان

دین۱۳۴۰۳ دماسنج های‌الکتریکی پزشکی؛ تعاریف، الزامات، آزمایش ها

بخش1 ابزار دقیق تابلوهای برق؛ شرایط فنی تحویل؛ شرایط عمومی DIN 43701

دین۴۳۷۱۲ اندازه گیری‌و کنترل؛ حسگرهای دمای الکتریکی؛ سیم های ترموکوپل

دین۴۳۷۱۴ کابل های جبران کننده و حرارتی برای ترموالمنت ها(۲؛ - ، -- ، - - ؛ -

دین۴۳۷۲۰ لوله های محافظ فلزی برای ترموالمنت ها(۲؛ - ، -- ، - - ؛ -

دین۴۳۷۲۱ دماسنج های الکتریکی، کابل های ترموالمنت با عایق معدنی و ترموالمنت های با عایق‌معدنی(۲؛ - ، -- ، - -

دین۴۳۷۲۲ ترموکوپل ها؛بخش :۳ کابل های حرارتی و کابل های جبران کننده؛ انحرافات محدود و سیستم‌شناسایی (نسخه اصلاح شده IEC 584-3)

(۲شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

دین۴۳۷۳۴	اندازه گیریو کنترل؛ دماسنج های الکتریکی، لوله های محافظ سرامیکی و حلقه های نگهدارنده برای ترموالمان ها
دین۴۳۷۳۵	- ،- ، - ؛)۲حسگرهای دمای الکتریکی؛ لوله های عایق برای ترموکوپل ها
دین۴۳۷۳۹	- ،- ، - ؛)۲دماسنج های الکتریکی، سرهای اتصال برای ترموالمنت ها و دماسنج های مقاومتی
دین۴۳۷۳۲	- ،- ، - ؛ - ؛)۲ترموکوپل ها برای ترموالمنت ها
دین۴۳۷۳۳	- ،- ، - ؛ - ؛)۲ترموالمنت های مستقیم بدون قطعه داخلی قابل تعویض
دین۴۳۷۳۴	- ،- ، - ؛ - ؛)۲فلنج متوقف کننده برای ترموالمنت ها و دماسنج های مقاومتی
دین۴۳۷۳۵	- ،- ، - ؛ - ؛)۲درج برای ترموالمنت ها
دین۴۳۷۶۲	- ،- ، - ؛ - ؛)۲درج برای دماسنج های مقاومتی
دین۴۳۷۶۳	- ،- ، - ؛ - ؛)۲لوله های محافظ فلزی برای دماسنج ها با درج
دین۴۳۷۶۴	- ،- ، - ؛ - ؛)۲دماسنج های بدون فیکسچر با قطعه داخلی قابل تعویض
دین۴۳۷۶۵	- ،- ، - ؛ - ؛)۲دماسنج های پیچی با رزوه پیچی G 1/2
دین۴۳۷۶۶	- ،- ، - ؛ - ؛)۲دماسنج های پیچی با رزوه پیچی G 1
دین۴۳۷۶۷	- ،- ، - ؛ - ؛)۲دماسنج های جوشکاری
دین۴۳۷۷۰	ابزارهایاندازه گیری دمای الکتریکی؛ بررسی ترموالمان های مستقیم و دماسنج های مقاومتی
دین۴۳۷۷۱	اندازه گیریو کنترل؛ حسگرهای دمای الکتریکی؛ دماسنج هایی با زمان پاسخ کوتاه

استاندارد43772 DIN بخش 1 سیستم هایکنترل؛ لوله های محافظ فلزی و لوله های گردنی برای دماسنج های شیشه ای صنعتی، دماسنج هایعقربه ای، ترموالمنت ها و دماسنج های مقاومتی؛ بررسی چیدمان لوله محافظ/دماسنج

ابعاد DIN)۲ 43772 ؛ بخش 2 -، -، -

استاندارد43783 DIN بخش 1 مقاومت هایاندازه گیری الکتریکی؛ مقاومت های اندازه گیری جریان مستقیم، مرجع: GSG

استاندارد43801 DIN بخش 1 ابزارهایاندازه گیری الکتریکی؛ فنرهای مارپیچی، ابعاد

بخش2 DIN 43802 مقیاس هایخطی و عقربه ها برای نشان دادن ابزارهای اندازه گیری الکتریکی؛ قوانین کلی

)۲شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

بخش3 DIN 43802 - [۲];انواع و ابعاد

بخش4 DIN 43802 - [۲];افزایش مقیاس و شماره گذاری

دین۴۳۸۰۷ اندازه گیریو کنترل؛ ابزارهای اندازه گیری الکتریکی؛ علامت گذاری ترمینال برای ابزارهای تابلو برق، کنتورهایپنلی و مبدل های اندازه گیری برای اندازه گیری توان و ضریب توان

65B)SEC(76-1984(ابعادمحفظه های دماسنج با محافظ فلزی
E DIN IEC 65B)CO(45)=IEC

استانداردDIN IEC 65B ترموکوپل ها؛بخش :۱ جداول مرجع نیروی ترموالکتروموتور (
(بخش)۱۷۵ (IEC 65B)sec(175:1993)

ترموکوپل هایDIN IEC 584 بخش 1؛ جداول مرجع نیروی ترموالکتروموتوری ترموکوپل

هایDIN IEC 584 بخش 2؛ انحرافات حد نیروی ترموالکتروموتوری

استانداردDIN IEC 751 دماسنج هایمقاومتی پلاتینی صنعتی و مقاومت های اندازه گیری پلاتینی

۲.۵.۱.۴استانداردهای بین المللی

کمیسیونمستقل انتخابات ۵۸۴ ترموکوپل ها؛قسمت 3: کابل های حرارتی و کابل های جبران کننده؛
قسمت۳ انحرافاتمحدود و سیستم شناسایی

توصیه هایبین المللی در مورد اندازه گیری ها

OIML R84 حسگرهایدماسنج های مقاومتی با مقاومت های اندازه گیری ساخته شده از پلاتین، مسیا نیکل (برای مصارف صنعتی)

۳.۵.۱.۴استانداردهای غیر آلمانی

بریتانیایکبیر

کارشناسی۱۹۰۴ حسگرهابرای دماسنج های مقاومت پلاتینی برای مصارف صنعتی

بخش۳ استاندارد BS 1041 اندازه گیریدما، راهنمای انتخاب و استفاده از دماسنج های مقاومتی برای اهداف تجاری

هند

۲۸۴۸ مشخصاتمربوط به المنت های دماسنج مقاومتی پلاتینی

IS3636 روشآزمایش ضریب دما برای سیم های مقاومتی دقیق

ژاپن

استانداردJIS Z ۸۷۰۴ روش هایالکتریکی برای اندازه گیری دما

[۲]شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

فرانسه

ان‌اف آر ۴۰۱-۱۵	دماسنج هابا انتقال الکتریکی
ان‌اف آر ۴۰۲-۱۵	وسایل‌نقلیه جاده ای، سوئیچ های حرارتی، آزمایش ها و الزامات
ان‌اف آر ۴۰۳-۱۵	وسایل‌نقلیه جاده ای، سوئیچ های حرارتی، ابعاد
ان‌اف سی ۳۲۱-۴۲	ابزارهای‌اندازه گیری الکتریکی، ترموکوپل ها، جداول مرجع نیروی ترموالکتروموتوری
ان‌اف سی ۳۲۲-۴۲	ترموکوپل هابخش :۲ انحرافات حد نیروی محرکه الکتریکی
ان‌اف سی ۳۲۳-۴۲	ابزارانداره گیری الکتریکی، شناسایی ترموکوپل ها
ان‌اف سی ۳۳۰-۴۲	ابزارانداره گیری الکتریکی، مقاومت های دماسنجی روی پلاتین، جدول مرجع و تلرانس ها
ان‌اف سی ۳۳۱-۴۲	سنسورهای‌دما با مقاومت پلاتینی برای سیم پیچ های استاتور. اجرا، نصب و استفاده از سنسورهای‌دما که بین سیم پیچ های استاتور نصب می شوند
یوتی ای سی۲۰۱-۴۶	اندازه گیری‌و کنترل در فرآیندهای صنعتی، پراب های دما با ترموکوپل

روسیه

استانداردملی ۳۰۴۴	مبدل های‌ترموالکتریک؛ جداول کالیبراسیون
استانداردملی ۹۸۷۱	دماسنج های‌جیوه ای تماسی الکتریکی ساخته شده از شیشه و کنترل کننده های حرارتی
استانداردملی ۱۲۸۵۵	دماسنج های‌تماسی جیوه ای از جنس شیشه
استانداردملی ۱۲۸۷۷	دماسنج های‌استاندارد دمای پایین با مقاومت پلاتینی
استاندارد۱۴۰۰۲	فرستنده های‌رله دما و اختلاف دما GSP؛ مبدل های حرارتی مقاومت عمومی GSP
استاندارد۱۴۰۱۴	ابزارانداره گیری دیجیتال و مبدل های اندازه گیری برای ولتاژ، جریان، مقاومت
استانداردملی ۱۹۸۷۵	ثبت کننده های‌اندازه گیری الکتریکی با سرعت بالا
استانداردملی ۲۳۳۱۷	ابزارهای‌اندازه گیری الکتریکی آنالوگ با قرائت مستقیم

۴.۱.۶استانداردها و مشخصات بیشتر در مورد سیستم های اندازه گیری عمومی

۴.۱.۶.۱استانداردها و مشخصات آلمان

استانداردها

دین۱۰۲	دمایمرجع برای ابزارهای اندازه گیری و قطعات کار
استاندارد DIN 1301 بخش اول	واحدها،نام ها، نمادها
بخش2 DIN 1301	واحدها؛زیرمضرب ها و مضرب ها برای استفاده عمومی
بخش3 DIN 1301	واحدها؛ضرایب تبدیل برای واحدهایی که دیگر استفاده نمی شوند
دین۱۳۰۲	نمادهاو مفاهیم عمومی ریاضی
استاندارد DIN 1304 بخش اول	نمادهایمورد استفاده در فرمول ها؛ نمادهای عمومی برای استفاده در فرمول ها
بخش2 DIN 1304	-)۲؛نمادهای مورد استفاده در فرمول های هواشناسی و ژئوفیزیک
بخش3 DIN 1304	-)۲؛نمادهایی برای استفاده در فرمول های منبع تغذیه الکتریکی
بخش5 DIN 1304	-)۲؛نمادهای مورد استفاده در فرمول های مکانیک سیالات
بخش6 DIN 1304	-)۲؛نمادهایی برای استفاده در فرمول های مخابرات الکتریکی
بخش7 DIN 1304	-)۲؛نمادهای مورد استفاده در فرمول های ماشین های الکتریکی
بخش8 -؛ 1304)۲DINنمادهایی برای استفاده در فرمول های یکسوکننده های جریان با نیمه هادی اجزا	
دین۱۳۰۵	جرم،مقدار اندازه گیری شده وزن، نیرو، نیروی وزنی، وزن، بار؛ مفاهیم
دین۱۳۱۴	فشار،مفاهیم اساسی
دین۱۳۰۶	چگالی؛مفاهیم، مشخصات
بخش1 DIN 1319	مفاهیمپایه اندازه گیری؛ مفاهیم پایه عمومی
بخش2 DIN 1319	-)۲؛مفاهیم مربوط به استفاده از تجهیزات اندازه گیری
بخش3 -؛ 1319)۲DINمفاهیم مربوط به عدم قطعیت اندازه گیری و ارزیابی اندازه گیری دستگاه هاو تجهیزات اندازه گیری	
بخش4 DIN 1319	-)۲؛برخورد با عدم قطعیت ها در ارزیابی اندازه گیری ها
دین۱۳۴۳	شرایطمرجع، شرایط استاندارد، حجم استاندارد؛ مفاهیم و مقادیر
بخش3 DIN 4751	-)۲؛تاسیسات گرمایشی بسته با الزامات ایمنی ترموستاتیک و لوله جریان
دین۱۳۴۵	ترمودینامیک؛مفاهیم اساسی

)۲شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

استاندارد DIN 2401 بخش اول	اجزای‌تحت فشار داخلی یا خارجی؛ جزئیات فشار و دما؛ تعاریف، میزان فشار اسمی
دین۲۴۳۱۲	سیالات؛فشار؛ مقادیر، تعاریف
استاندارد DIN/VDE 1000 دین۳۱۰۰۰	دستورالعمل های‌کلی برای طراحی ایمن محصولات فنی / مرجع: GSG، MEDGV، NSRL
دین۳۲۸۱۱	اصول‌استناد به منابع در استانداردها
دین۴۳۷۰۰	اندازه گیری‌و کنترل؛ ابزارهای اندازه گیری و کنترل برای نصب تابلو، ابعاد اسمی و ابعاد سوراخکاری
دین۴۳۷۱۸	اندازه گیری‌و کنترل؛ قاب ها و پنل های جلویی برای ابزارهای اندازه گیری و کنترل؛ ابعاد اصلی
دین۴۳۷۹۰	قوانین‌اساسی برای طراحی مقیاس های خط و نشانگرها
دین۴۳۸۳۴	اندازه گیری‌و کنترل؛ بستن ابزارهای اندازه گیری و کنترل برای نصب روی پنل؛ عنصر بست؛ سوراخ های‌بست در دستگاه
دین۴۳۸۳۵	بست‌برای ابزارهای نشانگر؛ عنصر بست، پرچ های مخروطی روی جعبه، چیدمان نصب
دین۶۶۰۳۴	کیلوپوند- نیوتن، نیوتن - کیلوپوند، جداول تبدیل
دین۶۶۰۳۷	کیلوپوندبر سانتی متر مربع - بار، بار - کیلوپوند بر سانتی متر مربع؛ جداول تبدیل
دین۶۶۰۳۸	تور- میلی بار، میلی بار - تور، جدول تبدیل
استاندارد DIN EN 19	شناسایی‌اتصالات صنعتی برای مصارف عمومی

دستورالعمل های VDI

وی دی آی۲۰۴۸	عدم‌قطعیت های اندازه گیری در طول آزمون های پذیرش؛ اصول، اندازه شناسی؛
VDI/VDE 2600 برگه۱	فهرست‌مطالب و فهرست کامل کلمات کلیدی صفحات ۲ تا ۶
VDI/VDE 2600 Sheet3 2	-)۲;مفاهیم پایه
VDI/VDE 2600 Sheet	-)۲;مفاهیم مرتبط با تجهیزات
VDI/VDE 2600 Sheet5 4 VDI/VDE 2600 Sheet	-)۲;مفاهیمی برای توصیف ویژگی های ابزارهای اندازه گیری -)۲;مفاهیمی برای توضیح نحوه عملکرد ابزارهای اندازه گیری

VDI/VDE 2600 برگه6 -؛)۲فهرست اصطلاحات مربوط به وسایل اندازه گیری

)۲شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

برگه۲ استاندارد VDI/VDE 2620 انتشارحدود خطا در اندازه گیری ها؛ نمونه هایی از انتشار خطاها و حدود خطا

کرنش‌سنج های فویل با شبکه فلزی؛ مقادیر مشخصه و شرایط آزمایش VDI/VDE 2635 Sheet 1

مقرراتقانونی و اداری آلمان فدرال

قانون‌کالیبراسیون قانون‌مربوط به اوزان و مقادیر

ایچ آن دبلیو وی دبلیو راهنمای‌آزمایش و نظارت مطابق با قانون کالیبراسیون و آیین نامه کالیبراسیون (دستورالعمل های‌کالیبراسیون - دستورالعمل های عمومی)

مس‌عین قانون‌مربوط به واحدها در اندازه گیری

گازمایع ترمودینامیک VwV مقررات‌عمومی اداری برای کالیبراسیون تجهیزات اندازه گیری ابزارها؛دستورالعمل های کالیبراسیون، آزمایش دماسنج های مایع در شیشه)

EichZustV SL مقررات‌مربوط به حوزه های مسئولیت اندازه گیری و کالیبراسیون

۴.۶.۱.۲استانداردها و مشخصات بین المللی

دستورالعمل های‌جامعه اروپا

۷۱/۳۱۶/EEC
دستورالعمل‌شورا مورخ ۲۶ ژوئیه ۱۹۷۱ برای هماهنگ سازی قوانین کشورهای عضو در مورد مشخصات مشترک ابزارهای اندازه گیری‌و رویه های اندازه گیری و آزمایش

۸۰/۱۸۱/EEC
دستورالعمل‌شورا مورخ ۲۰ دسامبر ۱۹۷۹ برای هماهنگ سازی قوانین کشورهای عضو در مورد واحدهای اندازه گیری و لغو دستورالعمل/۳۵۴/۷۱EEC

۸۳/۵۷۵/EEC
دستورالعمل‌شورا مورخ ۲۶ اکتبر ۱۹۸۳ برای اصلاح دستورالعمل /۳۱۶/۷۱EEC برای هماهنگ سازی قوانین کشورهای عضو در موردمشخصات مشترک ابزارهای اندازه گیری و رویه های اندازه گیری و آزمایش

۸۵/۱/EEC
دستورالعمل‌شورا مورخ ۱۸ دسامبر ۱۹۸۴ برای اصلاح دستورالعمل /۱۸۱/۸۰EEC برای هماهنگ سازی قوانین کشورهای عضو درمورد واحدهای اندازه گیری

۸۷/۳۵۵/EEC
دستورالعمل‌شورا مورخ ۲۵ ژوئن ۱۹۸۷ برای اصلاح دستورالعمل /۳۱۶/۷۱EEC برای هماهنگ سازی قوانین کشورهای عضو درمورد مشخصات مشترک ابزارهای اندازه گیری و رویه های اندازه گیری و آزمایش

۸۹/۶۱۷/EEC
دستورالعمل‌شورا مورخ ۲۷ نوامبر ۱۹۸۹ برای اصلاح دستورالعمل /۱۸۱/۸۰EEC جهت هماهنگ سازی قوانین کشورهای عضو درمورد واحدهای اندازه گیری

استانداردهای‌بین المللی

ایزو۱۰۰۰	واحدهایSI و ضوابط استفاده از مضرب های آنها و تعدادی واحد دیگر
ایزو۴۳۹۹	سیستم هاو اجزای سیال؛ اتصالات و اجزای مرتبط؛ فشارهای اسمی

۴.۶.۱.۳استانداردهای غیر آلمانی

چین

گیگابایت۱۳۴۲	ابزارهای‌اندازه گیری الکتریکی
گیگابایت۱۱۱۶۱	ابزاراندازه گیری الکتریکی، صفحه مدرج
GB/T۱۳۲۸۳	کلاس های‌دقت ابزارهای اندازه گیری و نمایش برای اندازه گیری ها و بررسی های فرآیندهای‌صنعتی

ایالاتمتحده آمریکا

استاندارد UL 913 — ابزارهای‌ذاتا آیمن و دستگاه های آنها برای استفاده در مناطق بالقوه انفجاری کلاس I؛ II و III، بخش 1

۴.۱.۷استانداردها و مشخصات با محتوای مربوط به ایمنی

استانداردهای‌آلمان

استاندارد DIN 4751 بخش 1 — تأسیسات‌گرمایش آب؛ تأسیسات گرمایشی باز و بسته با حفاظت فیزیکی و دمای جریان‌تا ۱۲۰درجه‌ج، تجهیزات ایمنی

استاندارد DIN 4751 بخش 2 — -)۲؛تأسیسات گرمایشی بسته و دارای حفاظت ترموستاتیک با دمای جریان تا ۱۲۰درجه‌ج؛ تجهیزات‌ایمنی

بخش3 DIN 4751 — -)۲؛تأسیسات گرمایشی بسته و دارای حفاظت ترموستاتیک با دمای جریان تا ۹۵درجه‌خروجی گرما۵۰ کیلووات، با دیگ های بخار گردش اجباری؛ تجهیزات ایمنی ،C

دین)۱۶۰۰۶ — ابزارهای‌اندازه گیری فشار با لوله بوردون؛ الزامات ایمنی و آزمایش

دین)۱۶۰۰۷ — ابزارهای‌اندازه گیری فشار با المان الاستیک حساس به فشار برای کمپرسورهای هوا و کارخانه های‌کمپرسور هوا؛ الزامات ایمنی و آزمایش

استاندارد DIN 31001 بخش 1: الزامات ایمنی برای طراحی تجهیزات فنی؛ دستگاه های محافظ؛ تعاریف،فواصل ایمنی برای بزرگسالان و کودکان، مرجع: GSG، MEDGV

استاندارد DIN VDE 1000 دین ۳۱۰۰۰ — دستورالعمل های‌کلی برای طراحی ایمن تجهیزات فنی، مرجع:GSG، MEDGV، NSRL

DIN EN50014= قسمت 1 0171/ DIN VDE0170 — دستگاه‌الکتریکی برای محیط های بالقوه انفجاری؛ الزامات عمومی، نسخه آلمانی1992 :EN 50014

DIN EN50015= Part 2 0171/ DIN VDE0170 — -)۲؛غوطه وری در روغن "o" نسخه‌آلمانی 1994 :EN 50015

DIN EN50016= قسمت 3 0171/ DIN VDE0170 — -)۲؛دستگاه تحت فشار "p"، نسخه آلمانی استاندارد1994 :EN 50017

DIN EN50017= قسمت 4 0171/ DIN VDE0170 — -)۲؛پرکن پودری ("VDE(q" مشخصات‌تجهیزات ضد شعله و ضد انفجار)

DIN EN50018= قسمت 5 0171/ DIN VDE0170 — -)۲؛محفظه ضد شعله ("VDE(d" مشخصات‌تجهیزات ضد شعله و ضد انفجار)

)۱این استانداردها با استانداردهای اروپایی DIN EN 837-1 تا 3 جایگزین می شوند.
)۲شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

DIN EN50019= قسمت 6 0171/ - ؛افزایش ایمنی "e" (VDE)[۲]
DIN VDE0170 مشخصات‌تجهیزات ضد شعله و ضد انفجار)

DIN EN50020 =DIN EN50020 Part 7 /0171 - ؛ایمنی ذاتی "i" (VDE)[۲]
DIN VDE0170 مشخصات‌تجهیزات ضد شعله و ضد انفجار)

مقرراتVBG

وی‌بی جی ۱۵	جوشکاری،برشکاری و فرآیندهای وابسته
وی‌بی جی ۱۵ دی ای	دستورالعمل‌اجرای آیین نامه پیشگیری از حوادث
وی‌بی جی ۱۵	کمپرسورها
وی‌بی جی ۱۸	مخازن‌هوای فشرده در وسایل نقلیه آبی
وی‌بی جی ۲۰	کارخانه های‌برودتی، پمپ های حرارتی و تجهیزات خنک کننده
وی‌بی جی ۶۱	گازها
وی‌بی جی ۶۲	اکسیژن

کدپیشگیری از تصادف GUV

جی‌یو وی ۸.۳	مقررات‌پیشگیری از حوادث برای جوشکاری، برشکاری و فرآیندهای وابسته، به همراه دستورالعمل های‌اجرای آنها
جی‌یو وی ۸.۹	مقررات‌پیشگیری از حوادث به همراه دستورالعمل های اجرایی آنها
جی‌یو وی ۹.۹	مقررات‌پیشگیری از حوادث برای گازها
GUV19.9	دستورالعمل‌استفاده از گاز مایع

مقرراتقانونی و اداری آلمان فدرال

تک آرب ام جی	قانون‌مربوط به تجهیزات فنی (قانون ایمنی تجهیزات)
TechArbmG/PrüfstRL	مقررات،دستورالعمل ها و یادداشت ها برای مراکز آزمایش مطابق با بند ۴ بخش ۳ قانون‌مربوط به تجهیزات فنی
TechArbmGV1	اولین‌دستورالعمل مربوط به قانون مربوط به تجهیزات فنی
TechArbmGV6	دستورالعمل‌مربوط به قانون ایمنی تجهیزات و اصلاح دستورالعمل مخازن تحت فشار؛ ماده 1:ششمین دستورالعمل مربوط به قانون ایمنی تجهیزات (دستورالعمل مربوط به بازاریابی مخازن‌تحت فشار ساده - ششمین GSGV)
پیوست1 TRD 110	دستورالعمل های‌آزمایش اجزای شیرآلات و اتصالات

[۲]شکل اختصاری. برای توضیح به صفحه ۳۵۱ مراجعه کنید.

دی وی دی جی دبلیوجی ۴۹۰	قوانین‌فنی برای ساخت و تجهیز سیستم های کنترل فشار گاز با فشار ورودی بیش از ۱۰۰ میلی بارتا ۴ بار
دی وی دی دبلیوجی ۴۹۱	قوانین‌فنی برای ساخت و تجهیز سیستم های کنترل فشار گاز با فشار ورودی بیش از ۴ بار تا ۱۰۰بار، برنامه ریزی، ساخت، نصب، آزمایش، راه اندازی
دی وی دی دبلیوجی ۴۹۳	مراحل‌صدور گواهینامه DVGW برای تولیدکنندگان سیستم های کنترل فشار گاز و سیستم های‌اندازه گیری گاز

مقررات‌مربوط به سیستم های توزیع نوشیدنی
مقررات‌مربوط به الزامات فنی که باید توسط سیستم های توزیع نوشیدنی رعایت شوند

مقررات‌مربوط به سیستم های الکتریکی در مناطق خطرناک (ElexV)

مقررات‌مربوط به سیستم های ذخیره سازی، تخلیه و انتقال مایعات قابل اشتعال در خشکی (مقررات مربوط به مایعات قابل‌اشتعال - VbF)

مقررات‌مربوط به سیستم های دیگ بخار (DampfkV)

مقررات‌مربوط به مخازن تحت فشار، مخازن گاز فشرده و تأسیسات پر کردن (مقررات مخازن تحت فشار - DruckbehV)

مقررات‌مربوط به تأسیسات استیلن و ذخایر کاربید کلسیم (مقررات استیلن - AcetV)

۱۸.۱.۴اطلاعات بیشتر در موارد زیر موجود است:

von Gewinden in Normen verschiedener Länder, موجود در: Beuth-Verlag, D-10772 Berlin - Internationale Gewindeübersicht, Kennbuchstaben, Profile und Bezeichnungen

-فرهنگ لغت بین المللی اندازه شناسی، موجود در: Beuth-Verlag، D-10772 Berlin

- Stahlschlüssel، موجود در Verlag Stahlschlüssel WEGST GMBH & Co., D-71672 Marbach

- DECHEMA-Tabellen، موجود در: DECHEMA، D-60486 Frankfurt

۱۹.۱.۴آدرس های تماس برای استانداردها و مشخصات

آیین نامه های‌اجرایی AD
ناشر:der Technischen Überwachungs-Vereine eV, POBbox 10 38 34, D-45038 Essen Vereinigung
توزیع‌کننده: Beuth-Verlag GmbH, D-10772 Berlin

مشخصات‌مهندسی کارهای معدنی (BB)
ناشرو توزیع کننده: Steinkohlenbergbauverein, Franz-Fischerweg 61, D-45307 Essen

استانداردهای آلمان
ناشر:DIN Deutsches Institut für Normung eV, D-10772 Berlin توزیع
کننده:Beuth-Verlag GmbH, D-10772 Berlin

استانداردهای DIN VDE
ناشر:DIN Deutsches Institut für Normung eV, D-10772 Berlin and
15, D-60596 Frankfurt توزیع کننده: VDE-Verlag GmbH, POBbox 12 23 05, D-10591 Berlin
Verband Deutscher Elektrotechniker)VDE(eV, Stresemannalee

دستورالعمل های DKD
ناشرو توزیع کننده: Technische Bundesanstalt, POBbox 33 45, D-38023 Braunschweig
Physikalisch-

برگه های‌کاری DKV برای گرمایش و سرمایش
ناشر:und Klimatechnischer Verein, Pfaffenwaldring 10, D-70569 Stuttgart
Deutscher Kälter-
توزیع‌کننده: Hütling Fachverlage، D-69018 Heidelberg

مقررات‌کالیبراسیون (EO)
ناشر:)PTB(Physikalisch-Technische Bundesanstalt
توزیع‌کننده: Deutscher Eichverlag, Hopfengarten 21, 38102 Braunschweig

کدپیشگیری از تصادف GUV
ناشر:der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand eV, Fockensteinstrasse 1, D-81539 Munich
Bundesverband
توزیع:توسط دفاتر بیمه محلی (از
ناشر بپرسید)

توصیه های OIML
ناشر:Organization Internationale de metrologie Legale, Rue Turgot 11, F-75009 Paris توزیع
کننده:Physikalische-Technische Bundesanstalt, POBbox 33 45, D-38023 Braunschweig

مقررات‌آزمون PTB
ناشرو توزیع کننده: Technische Bundesanstalt, POBbox 33 45, 38023 Braunschweig-
Physikalische
مقررات‌قانونی و اداری آلمان فدرال منابع در اطلاعیه رسمی ارگان مربوطه ذکر
شده اند.

دستورالعمل های‌جامعه اروپا
دستورالعمل های‌جامعه اروپا در نشریه رسمی جامعه اروپا اعلام شده است.

مقررات‌ایمنی KTA
ناشر:Gesellschaft für Reaktorsicherheit)GRS(, POBbox 10 01 49, D-38201 Salzgitter
Kerntechnisher Ausschuss c/o
توزیع‌کننده: Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Str. 449, D-50939 کلن.
مقررات‌فنی KTA (بدون پیش نویس) در روزنامه رسمی آلمان فدرال اعلام می شود.

مشخصات‌مهندسی کارخانه های فولاد و آهن SEB
ناشر:Verein Deutscher Eisenhüttenleute, Sohnstrasse 65, D-40237 Düsseldorf توزیع کننده:Verlag Stahleisen mbH, POBbox 10 51 64, D-40042 Düsseldorf.
پیش نویس هااز ناشر موجود است.

دستورالعمل های‌فنی PTB
ناشرو توزیع کننده: Technische Bundesanstalt, POBbox 33 45, D-38023 Braunschweig-Physikalishe

مقررات‌فنی TRbF برای مایعات قابل اشتعال
ناشر:وزیر کار و امور اجتماعی آلمان فدرال (BMA)، صندوق پستی ۱۴ ۰۲ ۸۰، D-53107 بن.

مقررات‌فنی مایعات قابل اشتعال در روزنامه رسمی فدرال آلمان اعلام شده است. نسخه های جداگانه TRbF که توسط VdTÜV منتشر شده است، در قالب DIN A4 از انتشارات Carl Heymanns Verlag قابل تهیه است.

مقررات‌فنی TRGL برای خطوط گاز فشار قوی
ناشر:وزیر کار و امور اجتماعی آلمان فدرال (BMA)، صندوق پستی ۱۴ ۰۲ ۸۰، D-53107 بن.

مقررات‌فنی خطوط گاز فشار قوی در روزنامه رسمی آلمان فدرال اعلام شده است.

نسخه های‌جداگانه TRbF که توسط VdTÜV منتشر شده است، در قالب DIN A4 از انتشارات Carl Heymanns Verlag قابل تهیه است.

مقررات‌فنی TRAC برای سیستم های استیلن و ذخایر کاربید کلسیم ناشر: وزیر کار و امور اجتماعی آلمان فدرال(BMA)، صندوق پستی ۱۴ ۰۲ ۸۰، D-53107 بن.

مقررات‌فنی سیستم های استیلن در روزنامه رسمی فدرال آلمان اعلام شده است. نسخه های جداگانه TRbF که توسط VdTÜV منتشر شده است، با فرمت DIN A4 از انتشارات Carl Heymanns Verlag قابل تهیه است.

دستورالعمل های‌فنی مربوط به مخازن ناشر:
جمهوری‌فدرال آلمان

دستورالعمل های‌فنی مربوط به مخازن در روزنامه تجاری منتشر شده است.

مقررات VBG
ناشر: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften eV, D-53754 St. Augustin توزیع کننده: Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Str. 449, D-50939 کلن

برگه های‌مشخصات VDA
ناشرو توزیع کننده: eV, POBbox 17 05 63, D-60079 Frankfurt
Verband der Automobilindustrie

دستورالعمل های VDI
ناشر: Verein Deutscher Ingenieure eV, POBbox 10 11 39, D-40002 Düsseldorf توزیع کننده: Beuth-Verlag GmbH, D-10772 Berlin

استانداردهای VG
ناشر: دفتر فدرال تجهیزات و تدارکات نظامی آلمان، صندوق پستی ۷۳ ۶۰، D-56057 کوبلنز

توزیع‌کننده: Beuth-Verlag GmbH, D-10772 Berlin

برگه های‌مشخصات VDMA
ناشر: Verband Deutscher Maschinen-
und Anlagenbau eV POBbox 71 08 64, D-60498 Frankfurt
توزیع‌کننده: Beuth-Verlag GmbH, D-10772 Berlin

آیین نامه هاو قطعنامه های VdTÜV
ناشر: Überwachungs-Vereine eV, POBbox 10 38 34, D-45038 Essen
Vereinigung der Technischen
توزیع‌کننده: Verlag TÜV Rheinland GmbH, POBox 90 30 60, D-51123 Cologne

توضیح‌شکل اختصاری

نمادهای-؛ / -، / -،- و غیره برای وضوح بهتر استفاده می شوند.
هرنماد نمایانگر بخشی از متن است**قبلا بّدون اختصار ذکر شده است**استاندارد. بخش های متن با کاما یا نقطه ویرگول‌از هم جدا می شوند.

مثال:

دین۱۶۱۰۲ عقربه‌برای گیج های فشار، کلاس 0.6؛ قطر بدنه 160 و 250 میلی متر -

دین۱۶۱۰۳ ،کلاس های دقت 0.2 و 0.3؛ قطر قاب 250 میلی متر

دراینجا نماد «-» نشان دهنده ی بخش «نشانگر فشارسنج ها» در متن است.

۲.۴جداول و مرور کلی

۱.۲.۴جداول واحدهای قانونی

ابعاد (نماد)	واحدSI	چندتایی ازواحد SI	اینچ مبتنی‌بر واحد	چندتایی از اینچ مبتنی‌بر واحدها	دیگر واحدها
طول،مساحت و حجم					
زاویه‌صفحه (α، β، γ)	راد (رادیان)	میکروراد مراد	راد (رادیان)	میکروراد مراد	°(دوم) (دقیقه) گون(گون) °(درجه)
زاویه‌جامد (Ω، ω)	استر (استرادیان)		استر (استرادیان)		
طول (l)	متر (متر)	نانومتر میکرومتر میلی متر سانتی متر کیلومتر	در. (اینچ)	میکرواینچ میل فوت یارد مایل.	
طول‌موج (λ)	متر• (متر)	مقدار ظیر نانومتر میکرومتر میلی متر	در. (اینچ)	میکرواینچ	
مساحت (الف، س)	متر۲ (مربع متر)	میلی متر۲ سانتی متر۲ دی لی۲ کیلومتر۲	اینچ (اینچ مربع)	فوت۲ یارد۲ مایل۲	
حجم (وی)	متر۳ (مکعبی متر)	میلی متر۳ سانتی متر۳ دی لی۳	اینچ (مکعبی اینچ)	فوت۳ یارد۳	لیتر(لیتر) ب(پینت) گرم(گالن)

ابعاد (نماد)	واحدSI	چندتایی ازواحد SI	اینچ مبتنی‌بر واحد	چندتایی از اینچ مبتنی‌بر واحدها	دیگر واحدها
زمان‌و مکان					
زمان (تی)	ها (دوم)	ن کس	ها (دوم)	ن میکروثانیه ام اس کس	دقیقه (دقیقه) ساعت(ساعت) د(روز)
دوره مدت‌زمان، مدت‌زمان نوسان (ت)	ها	ن	ها	ن میکروثانیه ام اس	
فرکانس (ف،)	هرتز (هرتز)	کیلوهرتز مگاهرتز گیگاهرتز تراهرتز	هرتز (هرتز)	کیلوهرتز مگاهرتز گیگاهرتز تراهرتز	
چرخشی سرعت (ن)	ها		ها		
زاویه‌دار سرعت (ω، Ω)	رادیر ثانیه		رادیر ثانیه		
سرعت (و، نو)	ام اس		ام اس		هنر/ساعت کیلومترپر ساعت فوت/ساعت مایل/ساعت
شتاب (الف)	ام اس•		ام اس•		

مکانیکی

ابعاد (نماد)	واحدSI	چندتایی ازواحد SI	اینچ میتنی‌بر واحد	چندتایی از اینچ میتنی‌بر واحدها	دیگر واحدها
توده (جرم)	کیلوگرم (کیلوگرم)	میکروگرم میلی گرم ام اس گرم میلی‌گرم	نقطه (oz.) پوند (پوند)	نقطه (oz.) جی(ناخالص) تن(تن)	ی(متریک) تن
چرم‌در هر واحد طول (م)	کیلوگرم‌بر متر مربع	میلی گرم‌بر متر مکعب	پوند/فوت	شما./فوت.	
تراکم (ρ، p) متر	کیلوگرم‌بر متر مربع	گرم‌بر سانتی متر مربع کیلوگرم‌/لیتری متر مکعب میلی گرم‌بر متر مکعب	پوند/فوت۴	شما./فوت.۴	پ‌اینچ مربع کیلوگرم/لیتر
لحظه‌ای از اینرسی (جی)	کیلوگرم۲ متر۲		پوند۲ فوت ۲		
نیرو (ف)	ن (نیوتن)	میکرونیوتن میلی نیوتن کیلونیوتن عنبه سونتا	پوند(f)	شما.(و) تن(و)	
گشتاور (م)	ن۲ متر	ن۲ متر میلی نیوتن۲ متر کیلونیوتن۲ متر من.آن. ۲ متر	پوند(فوت) بی فوت	فوت‌مربع (۲) ت‌(ف.) ۲ فوت.	
تکانه (ص. اول)	کیلوگرم۲ متر بر ثانیه		پوندبی فوت/ثانیه		
زاویه‌دار شتاب (ل)	کیلوگرم۲ متر ۲ بر ثانیه		پوندبی فوت بی/ثانیه		
فشار (ص)	پا (پاسکال) بار (بار)	پا میلی‌پاسکال امبار کیلوپاسکال مگاپاسکال معدل	پی‌اس‌ای پوند/اینچ)	شما./این.۲	بیخ.H2O فوتH2O

ابعاد (نماد)	واحدSI	چندتایی ازواحد SI	اینچ میتنی‌بر واحد	چندتایی از اینچ میتنی‌بر واحدها	دیگر واحدها
استرس (سیگما)	پاسکال ،N/m۲	کیلوپاسکال ن/میلی متر۲ مگاپاسکال معدل			
پویا ویسکوزیته (η)	پ۲ ها	میلی‌پاسکال ۲ ثانیه			
سینماتیک ویسکوزیته (ν)	ام اس	میلی متر۲/ثانیه			
سطح تنش (سیگما، گاما)	ن/متر	میلی‌نیوتن بر متر			
انرژی‌کار (و، الف)	جی (ژول)	ام جی کیلوژول میجی جیجی بی جی			ولت (الکترون ولت) کیلوالکترون ولت MeV گیگاالکترون ولت - ۲ ساعت کیلووات۲ ساعت مگاوات۲ ساعت جیجاولیو۲ اچ ۲ ساعت
قدرت (پ)	دبلیو (وات)	میکروولت مگاوات کیلووات مگاوات جیجاولیو			

الکتریسیته‌و مغناطیس

ابعاد (نماد)	واحدSI	چندتایی ازواحد SI	براساس اینچ واحد	چندتایی از اینچ مبتنی‌بر واحدها
برق شارژ (س)	سی (کولن)	گامپور آن‌سی میکروکولوم امپری کند سی		
چگالی سطح شارژ (سگما)	سانتی متر/لیتر•	میکروکولومبر متر مکعب میلی سانتی گرادلیتر• گاوتگارتنر متر • سانتی متر/سانتی متر• سانتی گرادلیطه متر• امپری/لیتر•		
چگالی حجم شارژ (ρ، η)	سانتی متر/لیتر•	میکروکولومبر متر مکعب میلی سانتی گرادلیتر• گاوتگارتنر متر • سانتی متر/سانتی متر• امپری/لیتر• سانتی گرادلیطه متر•		
شارالکتریکی (ای)ψ، ψ	سی	امپری کند سی امپری		
شارالکتریکی چگالی (د)	سانتی متر/لیتر•	میکروکولومبر متر مکعب میلی سانتی گرادلیتر• گاوتگارتنر متر • سانتی متر/سانتی متر•		
برقی قطبش (پ)	سانتی متر/لیتر•	میکروکولومبر متر مکعب میلی سانتی گرادلیتر• گاوتگارتنر متر • سانتی متر/سانتی متر•		
برقی گشتاوردوقطبی (ص، صای)	سی• متر			
برقی پتانسیل (φ) برقی ولتاژ (عمومی)	پنجم (ولت)	میکروولت میلیولت گاوولت ام وی		

ابعاد (نماد)	واحدSI	چندتایی ازواحد SI	براساس اینچ واحد	چندتایی از اینچ مبتنی‌بر واحدها
برقی فعلی (من)	الف (آمپر)	پا سدیم میکروآمپر میلی‌آمپر کا کاتاندسی‌ارشد		
خاص فعلی چگالی (ج، س)	الف/متر•	کیلوآمپر متر• سانتی مترمربع• آمپر/میلی متر• کاتاندسی‌ارشد/متر•		
برقی فعلی چگالی (الف، الف)	الف/م	آمپر/سانتی متر الف/میلی متر کیلوآمپر متر		
مگنتوموتی نیرو (وی)	الف	میلی‌آمپر ک/الف کاتاندسی‌ارشد		
مغناطیسی قدرت‌میدان (ح)	الف/م	آمپر/سانتی متر الف/میلی متر کیلوآمپر متر		
شارمغناطیسی (φ)(وبر)	ویبر	میلی وات		
شارمغناطیسی چگالی (ب)	تی (تسلا)	ان‌تی میکروتسلا ام‌تی		
مغناطیسی بردار پتانسیل (الف)	وات‌بر متر	ژول‌بر متر عادی بر عادی متر کیلووات‌بر متر		
استقراء (ل)	ح (هنری)	میلی‌اچ ان‌اچ میکروهانری ام‌اچ		
نفوذپذیری (میکرو)	ساعت/متر	nH/m میگاهنری/متر		

ابعاد (نماد)	واحدSI	چندتایی ازواحد SI	براساس اینچ واحد	چندتایی از اینچ میتنی‌بر واحدها
برقی قدرت‌میدان (E)	ولت/متر	میکروولت‌بر متر میلی ولت/متر ولت/استاندی متر ولت/استاندی متر کیلوولت‌بر متر ولت-ولت/متر		
برقی ظرفیت (ج)	ف (فراد)	الف پی‌اف ان‌اف میکروفاراد ام‌اف		
مجازبودن دی‌الکتریک ثابت (ε)	فیبر متر	میکروفاراد/متر nF/m میکروفاراد بر متر		
مگنتی- منطقه بندی (م، ح)	الف/م	الف/میلی متر کیلوآمپر متر		
مغناطیسی قطبش (جی، بی)	تی	ام‌تی		
الکترو- مغناطیسی لحظه (متر)	الف•م•			
مغناطیسی مقاومت (ر)	ح۰۱			
مغناطیسی رسانایی (χ)	ح			

ابعاد (نماد)	واحدSI	چندتایی ازواحد SI	براساس اینچ واحد	چندتایی از اینچ میتنی‌بر واحدها
برقی مقاومت (ر)	Ω (اهم)	میکرواهم متر ک متر م جی ی		
برقی رسانایی (جی)	س	میکروتانیه م اس ک س		
برق‌خاص مقاومت، مقاومت‌حجمی (ρ)	Ω• متر	ن میکرو متر Ω ک م جی		
برقی رسانایی (γ، σ، χ)	تانیمتر متر	میکروتانیمتر بر متر MS/m		
واکنش پذیری	Ω	متر ک م		
سوسپتانس (ب)	س	میکروتانیه م اس ک س		
امپدانس (ایزی)	Ω	متر ک م		
پذیرش (ای)	س	میکروتانیه م اس ک س		
قدرت (پ)	دبلیو	میلی‌جربر میکروولت میگاوات میلوولت میگاوات		

ابعاد (نماد)	واحدSI	چندتایی ازواحد SI	براساس اینچ واحد	چندتایی از اینچ مبتنی‌بر واحدها
ترمودینامیک‌و انتقال حرارت				
ترمودینامیک دما (ت، س)	ک (کلوین)	اپ‌کی		
اختلاف‌دما Δ = ΔT‌تی =Δϑ	ک	اپ‌کی		
دماسانتیگراد (تی،ت)	درجه‌سانتیگراد (مدرک-سانتیگراد)			
حجم‌حرارتی ضریب‌انبساط (aوی، گرم)	ک-1			
مقدارگرما (س) انرژی‌داخلی	جی	ام جی کیلوژول ایچ‌جی جی‌جی ام جی		
جریان‌گرما (Φ،س)	خط‌تیو	کیلووات		
رسانایی‌حرارتی (λ)	وات/(متر • کلوین)			
انتقال‌حرارت ضریب (الفا،ج)	وات/(متر• • کلوین)			
ظرفیت‌حرارتی (ج)	جی/کی	کیلوژول/کلوین		
خاص ظرفیت‌گرمایی (ج)	ژول/(کیلوگرم • کلوین)	کیلوژول/(کیلوگرم • کلوین)		
آنتروپی (س)	جی/کی	کیلوژول/کلوین		
آنتروپی‌خاص (ها)	ژول/(کیلوگرم • کلوین)	کیلوژول/(کیلوگرم • کلوین)		

۲.۲.۴ضرایب تبدیل برای واحدهای فشار متداول

۱.۲.۲.۴واحدهای **SI** – واحدهای فنی (متریک)

		واحدهای SI						واحدهای فنی					
	به / از	بار	امبار	میکروبار	پا	کیلوپاسکال	مگاپاسکال	میلی متر جیوه	میلی متر آب۲۰°C	اتم اژ۲°ای	کیلوگرم/میلی متر۲	کیلوگرم بر سانتی متر مربع	خودپذیرا
	۱بار	۱	۲۱۰	۶۱۰	۵۱۰	۱۰۰	۰.۱	۷۵۰.۰۶۴	۱۰.۱۹۷۲ ۳10 ·	۱۰.۱۹۷۲	۱۰.۱۹۷۲ 3-10 ·	۱.۰۱۹۷۲	۰.۹۸۶۹۲۳
	۱میلی بار	3-10	۱	۳۱۰	۱۰۰	۰.۱	۰.۱ 3-10 ·	۷۵۰.۰۶۴ 3-10 ·	۱۰.۱۹۷۲	۱۰.۱۹۷۲ 3-10 ·	۱۰.۱۹۷۲ 6-10 ·	۱.۰۱۹۷۲ 3-10 ·	۰.۹۸۶۹۲۳ 3-10 ·
	۱میکروبار	6-10	3-10	۱	۰.۱	۰.۱ ۳-10 ·	۰.۱ 6-10 ·	۷۵۰.۰۶۴ 6-10 ·	۱۰.۱۹۷۲ 3-10 ·	۱۰.۱۹۷۲ 6-10 ·	۱۰.۱۹۷۲ 9-10 ·	۱.۰۱۹۷۲ 6-10 ·	۰.۹۸۶۹۲۳ 6-10 ·
	۱ پا	5-10	۰.۰۱	۱۰	۱	3-10	6-10	۷.۵۰۰۶۴ 3-10 ·	۱۰۱.۹۷۲ 3-10 ·	۱۰۱.۹۷۲ 6-10 ·	۱۰۱.۹۷۲ 9-10 ·	۱۰.۱۹۷۲ 6-10 ·	۹.۸۶۹۲۳ 6-10 ·
تکنیک واحدهای ab	۱کیلوپاسکال	۰.۰۱	۱۰	۱۰ ۳10 ·	۲۱۰	۱	۳-10 ·	۷.۵۰۰۶۴	۱۰۱.۹۷۲	۱۰۱.۹۷۲ 3-10 ·	۱۰۱.۹۷۲ 6-10 ·	۱۰.۱۹۷۲ 3-10 ·	۹.۸۶۹۲۳ 3-10 ·
	۱مگاپاسکال	۱۰	۱۰ ۳10 ·	۱۰ ۶10 ·	۶۱۰	۲۱۰	۱	۷.۵۰۰۶۴ ۳10 ·	۱۰۱.۹۷۲ ۳10 ·	۱۰۱.۹۷۲ 3-10 ·	۱۰۱.۹۷۲ 6-10 ·	۱۰.۱۹۷۲	۹.۸۶۹۲۳
	۱میلی متر جیوه	۱.۳۳۳۲۲ ۳-10 ·	۱.۳۳۳۲۲ ۳10 ·	۱۳۳.۳۲۲ ۳10 ·	۱۳۳.۳۲۲ ۳-10 ·	۱۳۳.۳۲۲ 6-10 ·	۱۳۳.۳۲۲ 6-10 ·	۱	۵۹۵۱.۱۳	۱۲.۵۹۵۱ 3-10 ·	۱۲.۵۹۵۱ 6-10 ·	۱.۳۵۹۵۱ 3-10 ·	۱.۳۱۵۷۹ 3-10 ·
	۱میلی متر هاند۲ای	۰۶۶۵.۹۸ 6-10 ·	۹۸.۰۶۶۵ 3-10 ·	۹۸.۰۶۶۵	۹.۸۰۶۶۵	۹.۸۰۶۶۵ 3-10 ·	۹.۸۰۶۶۵ 6-10 ·	۷۳.۵۵۶۱ 3-10 ·	۱	۳-10	۶-10	۰.۱ 3-10 ·	۹۶.۷۸۴۱ 6-10 ·
	۱میلی هیتن هار۲ای	۰۶۶۵.۹۸ 3-10 ·	۹۸.۰۶۶۵ ۳10 ·	۹۸.۰۶۶۵ ۳10 ·	۹.۸۰۶۶۵ ۳10 ·	۹.۸۰۶۶۵	۹.۸۰۶۶۵ 3-10 ·	۷۳.۵۵۶۱	۲۱۰	۱	۳-10	۰.۱	۹۶.۷۸۴۱ 3-10 ·
	۱کیلوگرم بر عاند متر۲	۰۶۶۵.۹۸	۹۸.۰۶۶۵ ۳10 ·	۹۸.۰۶۶۵ ۶10 ·	۹.۸۰۶۶۵ ۳10 ·	۹.۸۰۶۶۵ ۶10 ·	۹.۸۰۶۶۵	۷۳.۵۵۶۱ ۳10 ·	۶۱۰	۲۱۰	۱	۱۰۰	۹۶.۷۸۴۱
	۱کیلوگرم بر ساعد متر مربع	۹۸۰۶۶۵.۰ ۳10 ·	۰.۹۸۰۶۶۵ ۳10 ·	۰.۹۸۰۶۶۵ ۶10 ·	۹۸.۰۶۶۵ ۳10 ·	۹۸.۰۶۶۵ 3-10 ·	۹۸.۰۶۶۵ 3-10 ·	۷۳۵.۵۶۱	۱۰ ۳10 ·	۱۰	۰.۰۱	۱	۰.۹۶۷۸۴۱
	۱اتمسفر	۱.۰۱۳۲۵ ۳10 ·	۱.۰۱۳۲۵ ۳10 ·	۱.۰۱۳۲۵ ۶10 ·	۱۰۱.۳۲۵ ۳10 ·	۱۰۱.۳۲۵	۱۰۱.۳۲۵ 3-10 ·	۷۶۰	۱۰.۳۳۳۳ ۳10 ·	۱۰.۳۳۳۳	۱۰.۳۳۳۳ 3-10 ·	۱.۰۳۳۳۳	۱

روابطبیشتر:

۱ پا = ۱ نیوتن بر متر مربع۲ ۱میلی متر جیوه = ۱ تور

۱هکتوپاسکال = ۱ میلی بار

۲.۲.۲.۴واحدهای **SI** – واحدهای فنی (بر اساس اینچ)

از / به	واحدهای SI							واحدهای ANSI			
	بار	امپار	میکروبار	پا	کیلوپاسکال	مگاپاسکال		پسی	فوت‌اچ۲O	در.چ۲O	اینچ‌جیوه
۱بار	۱	۲۱۰	۶۱۰	۵۱۰	۱۰۰	۰.۱		۱۴.۵۰۳۷۷	۳۳.۴۵۵۳	۴۰۱.۴۶۳	۲۹.۵۲۹۹۸
۱میلی بار	۱۰-3	۱	۲۱۰	۱۰۰	۰.۱	۰.۱ 10 ·-3		۱۴.۵۰۳۷۷ 10 ·-3	۳۳.۴۵۵۳ 10 ·-3	۴۰۱.۴۶۳ 10 ·-3	۲۹.۵۲۹۹۸ 10 ·-3
۱میکروبار	۱۰-6	۱۰-3	۱	۰.۱	۰.۱ 10 ·-3	۰.۱ 10 ·-6		۱۴.۵۰۳۷۷ 10 ·-6	۳۳.۴۵۵۳ 10 ·-6	۴۰۱.۴۶۳ 10 ·-6	۲۹.۵۲۹۹۸ 10 ·-6
۱ پا	۱۰-5	۰.۰۱	۱۰	۱	۱۰-3	۱۰-6		۰.۱۴۵۰۳۷۷ 10 ·-3	۰.۳۳۴۵۵۳ 10 ·-3	۴.۰۱۴۶۳ 10 ·-3	۰.۲۹۵۲۹۹۸ 10 ·-3
۱کیلوپاسکال	۰.۰۱	۱۰	۱۰ 10 ·۳	۲۱۰	۱	۱۰-3		۰.۱۴۵۰۳۷۷	۰.۳۳۴۵۵۳	۴.۰۱۴۶۳	۰.۲۹۵۲۹۹۸
۱مگاپاسکال	۱۰	۱۰ 10 ·۲	۱۰ 10 ·۶	۶۱۰	۲۱۰	۱		۰.۱۴۵۰۳۷۷ 10 ·۲	۰.۳۳۴۵۵۳ 10 ·۲	۴.۰۱۴۶۳ 10 ·۲	۰.۲۹۵۲۹۹۸ 10 ·۲
۱پوند بر اینچ مربع	۶۸.۹۴۷۵۷ 10 ·-3	۶۸.۹۴۷۵۷	۶۸.۹۴۷۵۷ 10 ·۳	۶.۸۹۴۷۵۷ 10 ·۳	۶.۸۹۴۷۵۷	۶.۸۹۴۷۵۷ 10 ·-3		۱	۲.۳۰۶۶۶	۲۷.۶۷۹۹	۲.۰۳۶۰۳۰
۱فوت ارتفاع‌اک	۲۹.۸۹۰۷ 10 ·-3	۲۹.۸۹۰۷	۲۹.۸۹۰۷ 10 ·۳	۲.۹۸۹۰۷ 10 ·۳	۲.۹۸۹۰۷	۲.۹۸۹۰۷ 10 ·-3		۴۳۳.۵۲۷۵ 10 ·-3	۱	۱۲	۰.۸۸۲۶۷۰۹
۱اینچ ارتفاع۲O	۲.۴۹۰۸۹ 10 ·-3	۲.۴۹۰۸۹	۲.۴۹۰۸۹ 10 ·۳	۰.۲۴۹۰۸۹ 10 ·۳	۰.۲۴۹۰۸۹	۰.۲۴۹۰۸۹ 10 ·-3		۳۶.۱۲۷۲۹ 10 ·-۳	۸۳.۳۳۳۳ 10 ·-3	۱	۷۳.۵۵۵۹۱ 10 ·-3
۱اینچ جیوه	۳۳.۸۶۳۸۹ 10 ·-3	۳۳.۸۶۳۸۹	۳۳.۸۶۳۸۹ 10 ·۳	۳.۳۸۶۳۸۹ 10 ·۳	۳.۳۸۶۳۸۹	۳.۳۸۶۳۸۹ 10 ·-3		۰.۴۹۱۱۵۴۲	۱.۱۳۳۹۳۵	۱۳.۵۹۵۱۰	۱

سی‌واحدها

روابطبیشتر:

۱ پا = ۱ نیوتن بر هر مربع؟

۱پوند بر اینچ مربع = ۱ پوندنیرو بر اینچ؛.

۱میلی متر جیوه = ۱ تور

۲.۲.۲.۴واحدهای **SI** – واحدهای فنی (بر اساس اینچ)

	واحدهای‌فنی (متریک)							واحدهای‌فنی (بر اساس اینچ)			
به / از	کیلوگرم‌اهلی متر۲	کیلوگرم‌بر ساعتی متر مربع۲	خودرذار	ملی متر‌جیوه	لم‌اچ۲۰	ملی متر۲۰+H	پسی	فوت‌اچ۲۰	در.ج۲۰	اینچ‌جیوه
۱کیلوگرم بر ملی متر۲	۱	۱۰۰	۹۶.۷۸۴۱	۷۳.۵۵۶۱ ۲10 ·	۲۱۰	۶۱۰	۱.۴۲۲۲۳۴ ۲10 ·	۳.۲۸۰۸۴ ۲10 ·	۳۹.۳۷۰۱ ۲10 ·	۲.۸۹۵۹۰۲ ۲10 ·
۱کیلوگرم بر ساعتی متر مر	۰۱۰۰	۱	۰.۹۶۷۸۴۱	۷۳۵.۵۶۱	۱۰	۱۰ ۲10 ·	۱۴.۲۲۲۲۴	۳۳.۸۰۸۴	۳۹۳.۷۰۱	۲۸.۹۵۹۰۲
۱انصفر	۱۰.۳۲۲۳ ۲-10 ·	۱.۰۳۲۲۳	۱	۷۶۰	۱۰.۳۲۲۳	۱۰.۳۲۲۳ ۲10 ·	۱۴.۶۹۵۹۵	۳۳.۸۹۸۵	۴۰۶.۷۸۳	۳۹.۹۲۱۲۵
۱ملی متر جیوه	۱۳.۵۹۵۱ ۶-10 ·	۱.۳۵۹۵۱ 3-10 ·	۱.۳۱۵۷۹ 3-10 ·	۱	۱۳.۵۹۵۱ 3-10 ·	۱۳.۵۹۵۱	۱۹.۳۳۶۷۳ 3-10 ·	۴۴.۶۰۳۳ 3-10 ·	۰.۵۳۵۲۳۹	۳۹.۳۶۹۹۶ 3-10 ·
۱ملی هوی ظر۰	۱-10 3	۰.۱	۹۶.۷۸۴۱ 3-10 ·	۷۳.۵۵۶۱	۱	۲۱۰	۱.۴۲۲۲۳۴	۳.۲۸۰۸۴	۳۹.۳۷۰۱	۲.۸۹۵۹۰۲
۱ملی متر جیوه۰	۱-10 6	۰.۱ 3-10 ·	۹۶.۷۸۴۱ 6-10 ·	۷۳.۵۵۶۱ 3-10 ·	۱-10 3	۱	۱.۴۲۲۲۳۴ 3-10 ·	۳.۲۸۰۸۴ 3-10 ·	۳۹.۳۷۰۱ ۲-10 ·	۲.۸۹۵۹۰۲ 3-10 ·
۱پوند بر اینچ مربع	۷۰۳.۰۶۹۵ ۶-10 ·	۷۰.۳۰۶۹۵ 3-10 ·	۶۸.۰۴۵۹۶ 3-10 ·	۵۱.۷۱۵۰۷	۰.۷۰۳۰۶۹۵	۷۰۳.۰۶۹۵	۱	۲.۳۰۶۶۶	۲۷.۶۷۹۹	۲.۰۳۶۰۲۰
۱فوت ارتفاع۵	۳۰۴.۸ ۶-10 ·	۳۰.۴۸ 3-10 ·	۲۹.۴۹۹۸ 3-10 ·	۲۲.۴۱۹۹	۰.۳۰۴۸	۳۰۴.۸	۴۳۳.۵۲۷۵ 3-10 ·	۱	۱۲	۰.۸۸۲۶۷۰۹
۱اینچ ارتفاع۰	۲۵.۴ ۶-10 ·	۲.۵۴ 3-10 ·	۲.۴۵۸۳۴ 3-10 ·	۱.۸۶۸۳۳	۲۵.۴ 3-10 ·	۲۵.۴	۳۶.۱۲۷۲۹ 3-10 ·	۸۳.۳۳۳۳ 3-10 ·	۱	۷۳.۵۵۵۹۱ 3-10 ·
۱اینچ جیوه	۳۴۵.۳۱۵۶ ۶-10 ·	۳۴.۵۳۱۵۶ 3-10 ·	۳۳.۴۲۰۹۶ 3-10 ·	۲۵.۴	۰.۳۴۵۳۱۵۶	۳۴۵.۳۱۵۶	۰.۴۹۱۱۵۴۳	۱.۱۳۳۹۲۵	۱۲.۵۹۵۱۰	۱

روابطبیشتر:

۱ پا = ۱ نیوتن بر هر مربع۲

۱پوند بر اینچ مربع = ۱ پوند‌نیرو بر اینچ۲.

۱ملی متر جیوه = ۱ تور

۱فوت هِو = ۱ فوت توالت (ستون آب)

نسخه‌ی دانشگاهی (کاربر غیرتجاری)

نسخه‌ی شما (هدی) ج)

۳.۲.۴مبردها

مقررات‌ملی در بسیاری از کشورها، از جمله ایالات متحده، منجربه توقف تولید کلروفلوئوروهیدروکربن های (CFC) کاملا هّالوژنه شده است. ممنوعیت CFCها شامل مبردهایR22 ،R12 و R502 می شود که قبلا رّایج ترین مبردهابودند.

جایگزینR12

محصول‌جایگزین R134a در حال حاضر به طور گسترده مورد استفاده قرارمی گیرد.

جایگزینR502

الف) تولید R115، جزء کاملا هّالوژنه CFC در R502، از آن زمان‌متوقف شده است. R502 به طور سنتی برای طیف وسیعی‌از دما تا -40 استفاده شده است.درجه‌ف.

ب) تولیدکنندگان مبرد نیز مخلوط هایی با ویژگی های مشابهR502 را برای محصولات جایگزین توسعه داده اند، ضمن‌اینکه سازگاری و هزینه مربوط به جایگزینی آنها در واحدهای‌موجود را در نظر گرفته اند.

جایگزینR22

الف) پروتکل مونترال در مورد قطع استفاده از مبردهای تهدیدکننده‌لایه ازن، در نوامبر ۱۹۹۲ در کپنهاگ با افزودن HCFC (مانند R22) به فهرست مبردهایی که استفاده از آنهابابد به تدریج در سال های آینده کاهش یابد، تکمیل شد.

ب) دستورالعمل های مناسب اتحادیه اروپا در حال حاضر درحال تدوین است. نشانه هایی وجود دارد مبنی بر اینکه مبردهایHCFC در آینده نزدیک در بسیاری از کشورها برای انواع‌خاصی از کارخانه های جدید ممنوع خواهند شد.
همچنین‌قرار است مخلوط هایی جایگزین مبرد R22 شوند.

درحال حاضر مبردهای جایگزین به شرح زیر تعیین می شوند:

آر۱۲	جایگزین‌شده توسط	**R134a**
R22	جایگزین‌شده توسط	**R407C**(R32، R404A، R410A)
آر۵۰۲	جایگزین‌شده توسط	**R404A**(R143a، R32، R125، R407A، R507)

مبردهای‌جایگزین که با حروف پررنگ چاپ شده اند، تاکنون موردتوجه بوده اند. مبردهای داخل پرانتز قابل احتراق هستندو بنابراین فقط به عنوان اجزای مخلوط استفاده می شوند.

رابطه‌بین دما و فشار بخار مطلق در حالت اشباع در جداول بخارتولیدکنندگان مبرد نشان داده شده است.

مقادیرفشار بخار مطلق با استفاده از معادله $p_e = p$ تبدیل می شوند.عضلات شکم- پ‌امکه در آن p_e = فشار بیش از حد، $p_{عضلات شکم}$= فشار مطلق و $p_{امت}$= فشار اتمسفر در ۰.۱۳۲۵ بار مطابق‌با استاندارد DIN ۱۳۴۳.

مبردهایR407A و R407C مخلوط های آسئوتروپیک با محدوده‌جوش وسیع تقریبا ً5 کلوین (اسلاید دما) هستند. محدوده های‌اسلاید دما، نقطه حباب و نقطه شبنم هستند وممکن است به دو مقیاس دما نیاز داشته باشند. تولیدکنندگان‌مبرد، جداول بخار مربوطه را ارائه می دهند. هردو محدوده ممکن است بسته به مشخصات کاربر، روی صفحه‌مدرج چاپ شوند.

افزایش‌آگاهی عمومی در مورد مبردها، در الزامات بالاتر و بررسی‌دقیق تر جنبه های زیست محیطی نیز منعکس شده است.مطمئناً، پتانسیل تخریب لایه اوزون توسط مواد جایگزین‌باید صفر باشد. آن ها باید اثر گلخانه ای را به حداقل‌برسانند، منجر به مصرف انرژی کم در کارخانه های برودتی‌شوند و در نتیجه گرمایش کلی کره زمین را کاهش دهند.

۴.۲.۴مقادیر pH محلول های مختلف در دمای ۶۸درجه‌اف (20)درجه‌ج)

راه‌حل	غلظت			
	عادی‌بودن	گرم در لیتر	وزن%	پیماج
کمک‌فرمیک	۰.۱	۴.۶	۰.۴۶	۲.۳
آمونیاک	۱	۱۷.۰	۱.۷	۱۱.۶
آمونیاک	۰.۱	۱.۷	۰.۱۷	۱۱.۱
آمونیاک	۰.۰۱	۰.۱۷	۰.۰۲	۱۰.۶
اسیدمالیک	۰.۱	۶.۷	۰.۶۷	۲.۳
سیدر				۲.۹-۳.۳
اسیدبنزوئیک	۰.۰۱	۱.۲	۰.۱۲	۳.۱
آبجو				۴.۰-۵.۰
اسیدپروسیک	۰.۱	۲.۷	۰.۲۳	۵.۱
بوراکس	۰.۱	۱۰.۰	۱	۹.۲
اسیدبوریک	۰.۱	۲.۱	۰.۲۱	۵.۲
هیدروکسیدفریک	اشباع‌شده			۹.۵
اسیداستیک	۱	۶۰.۰	۶.۰	۲.۴
اسیداستیک	۰.۱	۶.۰	۰.۶	۲.۹
اسیداستیک	۰.۰۱	۰.۶	۰.۰۶	۳.۴
ادرار	اشباع‌شده			۴.۸-۸.۴
هیدروکسیدپتاسیم	۱	۵۶.۰	۵.۴	۱۴.۰
هیدروکسیدپتاسیم	۰.۱	۵.۶	۰.۵۸	۱۳.۰
هیدروکسیدپتاسیم	۰.۰۱	۰.۵۶	۰.۰۶	۱۲.۰
آهک	اشباع‌شده			۱۲.۴
کربنات‌کلسیم				۹.۴
سیانات‌کلسیم	۰.۱	۶.۵	۰.۶۵	۱۱.۰
اسیدکربنیک، لیموناد اشباع				۳.۸
شده				۲.۰-۴.۰
هیدروکسیدمنیزیم	اشباع‌شده			۱۰.۵
شیر				۶.۶-۷.۶
اسیدلاکتیک	۰.۱	۹.۰	۰.۹۰	۲.۴
بی کربنات‌سدیم	۰.۱	۸.۴	۰.۸۴	۸.۴
هیدروکسیدسدیم	۱	۴۰.۰	۳.۹	۱۴.۰
هیدروکسیدسدیم	۰.۱	۴.۶	۰.۴	۱۳.۰
هیدروکسیدسدیم	۰.۰۱	۰.۴۰	۰.۰۴	۱۲.۰
کربنات‌سدیم	۰.۱	۵.۳	۰.۵۳	۱۱.۶
فسفات‌سدیم	۰.۱	۵.۵	۰.۵۵	۱۲.۰
سیلیکات‌سدیم	۰.۱	۶.۱	۰.۶۱	۱۲.۶
اسیداگزالیک	۰.۱	۴.۵	۰.۴۳	۱.۶
اسیدفسفریک	۰.۱	۳.۳	۰.۳۳	۱.۵
آب‌خالص				۷.۰
اسیدهیدروکلریک	۱	۳۶.۵	۳.۵	۰.۱
اسیدهیدروکلریک	۰.۱	۳.۷	۰.۳۶	۱.۱
اسیدهیدروکلریک	۰.۰۱	۰.۳۷	۰.۰۴	۲
اسیدسولفوریک	۱	۴۹.۰	۴.۸	۰.۳
اسیدسولفوریک	۰.۱	۴.۹	۰.۴۹	۱.۲
اسیدسولفوریک	۰.۰۱	۰.۴۹	۰.۰۵	۲.۱

راه‌حل	غلظت			
	عادی‌بودن	گرم بر لیتر	وزن%	پیمانه
سولفیدهیدروژن	۰.۱	۱.۷	۰.۱۷	۴.۱
اسیدسولفوریک	۰.۱	۴.۱	۰.۴۱	۱.۵
آب‌دریا				۸.۳
شراب				۸.۲تا ۸.۳
سرکه‌شراب				۴.۲تا ۴.۳
اسیدتارتاریک	۰.۱	۷.۵	۰.۷۵	۳.۲
اسیدسیتریک	۰.۱	۶.۴	۰.۶۴	۳.۲

۲۵.۱۰۱۳ (میلی بار) ۹۰.۲۹ اینچ جیوه ۵.۲.۴نقطه جوش و ذوب سیالات فرآیندی مختلف در فشار

	نقطه‌جوش		نقطه‌ذوب	
سیال‌یا گاز	اُسی	فارنهایت	اُسی	فارنهایت
الکل‌اتیل	۷۸.۳	۱۷۳.۹۴	۱۱۴.۵-	۱۷۴.۱۰-
آمونیاک	۳۳.۴-	۲۸.۱۲-	۷۷.۷-	۱۰۷.۸۶-
اتیل‌اتر	۳۴.۵	۹۴.۱۰	۱۱۶.۳-	۱۷۷.۳۴-
استون	۵۶.۱	۱۳۲.۹۸	۹۴.۳-	۱۳۷.۷۴-
استیلن	۸۳.۶-	۱۱۸.۴۸-	۸۱ -	۱۱۳.۸۰-
بنزول	۸۰.۱	۱۷۶.۱۸	۵.۵	۴۱.۹۰
برومیم	۵۸.۸	۱۳۷.۸۴	۷.۳-	۱۸.۸۶
کلر	35 -	۳۱.۰۰-	۱۰۳-	۱۵۳.۴۰-
کلروفرم	۶۱.۲	۱۴۲.۱۶	۶۳.۵-	۸۳.۳۰-
اسیداستیک	۱۱۸	۳۴۴.۴۰	۱۶.۷	۶۲.۰۶
فلوئور	۱۸۸-	306.40-	۲۲۰-	۳۶۴.۰۰-
گلیسیرین	۲۹۰	۵۵۴.۰۰	۱۶	۶۰.۸۰
هلیوم	۲۶۸.۹-	۴۵۲.۰۲-	-	-
یدیدهیدروژن	۳۶ -	۳۲.۸۰-	۵۱ -	۵۹.۸۰-
کلریدسدیم	۱۴۱۳	۲۵۷۵.۴۰	۷۷۰	۱۴۱۸.۰۰
اکسیدکربن	۱۹۱.۵-	۳۱۲.۷۰-	205-	۳۳۷.۰۰-
دی‌اکسید کربن	۷۸.۵-	۱۰۹.۳۰-	۵۶ -	۶۸.۸۰-
هوا(بدون)CO2)	۱۹۴-	۳۱۷.۲۰-	-	-
متان	۱۶۱.۷-	۲۵۹.۰۶-	۱۸۳.۵-	۲۹۶.۵۰-
الکل‌متیلیک	۶۴.۵	۱۴۸.۱۰	۹۸ -	۱۴۴.۴۰-
نفتالین	۲۱۸	۴۳۴.۴۰	۸۰.۱	۱۷۶.۱۸
کلریدسدیم	۱۴۴۰	۲۶۳۴.۰۰	۸۰۲	۱۴۷۵.۶۰
نیتروبنزول	۲۱۰.۹	۴۱۱.۶۲	۵.۷	۴۲.۲۶
پارافین	۳۰۰	۵۷۲.۰۰	۵۴	۱۲۹.۲۰
فسفر	۲۸۰	۵۳۶.۰۰	۴۴.۱	۱۱۱.۳۸
جیوه	۳۵۶.۹۵	۶۷۴.۵۱	۳۸.۸۳-	۳۷.۸۹-
اکسیژن	۱۸۳.۹۷-	۲۹۷.۳۵-	۲۱۸.۸۳-	۳۶۱.۸۹-
دی‌سولفید کربن	۴۶.۲۵	۱۱۵.۲۵	۱۱۲-	۱۶۹.۶۰-
اسیدسولفوریک	-	-	۱۰.۵	۵۰.۹۰
نیتروژن	۱۹۵.۸۱-	۳۲۰.۴۶-	۲۱۰.۰۲-	۳۴۶.۰۴-
تولول	۱۱۰.۷	۲۳۱.۲۶	95 -	۰۰.۱۳۹-
آب	۱۰۰	۲۱۲.۰۰	0	۳۲.۰۰
هیدروژن	۲۵۳.۷۸-	۴۲۳.۰۰-	۲۵۹.۳-	۴۳۴.۵۶-

۶.۲.۴چگالی سیالات فرآیندی

تعیین	دمای‌مرجع		چگالی‌گرم بر سانتی متر مکعب •
	درجه‌سانتی‌گراد	درجه‌فارنهایت	
آب‌آمونیاک	۱۸	۶۴	۰.۸۸
اتر	۱۸	۶۴	۰.۷۳
الکل‌اتیل	۱۸	۶۴	۰.۷۹
اتیلن	-۱۰۳.۵	-۱۵۴	۰.۵۶۸
آنیلین	۲۰	۶۸	۱.۰۲۲
آرگون،مایع	-۱۸۵.۹	-303	۱.۴۰۴
اتیلن‌گلیکول	۲۰	۶۸	۱.۱۱۳
آمونیاک	0	۳۲	۰.۶۳۹
آمونیاک	۲۰	۶۸	۰.۶۱
بنزن	۱۸	۶۴	۰.۸۰تا ۸۱.۰
بنزول	۱۸	۶۴	۰.۸۷۹
آبجو	-	-	۰۲.۱تا ۰۴.۱
کلر،مایع	35 -	31 -	
کلروفرم	۱۸	۶۴	۱.۵۵۸
اسیداستیک	۱۸	۶۴	۱.۴۸۹
نفت‌خام	۲۰	۶۸	۱.۰۴۹
فلوئور	-۱۸۸	-306	۰۴.۱ تا ۷.۰
اسیدفلوئوریک	۱۳.۶	۵۶	۱.۱۱
روان کننده های‌هوانوردی	۲۰	۶۸	۰.۹۹
گلیسیرین	۱۸	۶۴	۰.۸۹۳
محلول‌پتاس سوزآور ۱۰٪ محلول	۱۸	۶۴	۱.۲۶
پتاس‌سوزآور ۵۰٪ محلول کلرید	۱۸	۶۴	۱.۰۹
سدیم۵٪ محلول کلرید سدیم دی	۱۸	۶۴	۱.۵۱
اکسیدکربن، مایع	۱۸	۶۴	۱.۰۳
	-۱۸۱	-۳۹۴	۱.۱۹
دی‌اکسید کربن	0	۳۲	۱.۶۲۶۷
روغن های‌معدنی	۲۰	۶۸	۰.۹۲۵
آب‌دریا	۱۵	۵۹	۸۹.۰تا ۹۶.۰
متانول	۴	۳۹	۱.۰۲۶
شیرکامل	۱۵	۵۹	۰.۸
شیربدون چربی	۱۵	۵۹	۱.۰۲۸
الکل‌متیلیک	۱۸	۶۴	۱.۰۳۲
نفتا	۱۹	۶۶	۰.۸۱
هیدروکسیدسدیم ۱۰٪	۱۸	۶۴	۰.۷۶
هیدروکسیدسدیم ۵۰٪ روغن	۱۸	۶۴	۱.۱۱
زیتون	۱۸	۶۴	۱.۵۳
			۰.۹۱۵

تعیین	دمای مرجع		چگالی‌گرم بر سانتی متر مکعب •
	درجه‌سانتیگراد	درجه‌فارنهایت	
نفت	۱۸	۶۴	۸۶.۰ تا ۷۶.۰
جیوه	۲۰	۶۸	۱۳.۵۴۶
جیوه	0	۳۲	۱۳.۵۹۵۱
روغن‌دانه کلزا	۱۵	۵۹	۹۱.۰ تا ۹۲.۰
روغن‌دانه کلزا	۱۵	۵۹	۰.۹۱
اسیدنیتریک ۳۵٪ اسید	۱۸	۶۴	۱.۱۵۱
نیتریک۱۰۰٪ اسید	۱۸	۶۴	۱.۵۲
هیدروکلریک۱۰٪ اسید	۱۸	۶۴	۱.۰۴۸
هیدروکلریک۴۰٪ اسید	۱۸	۶۴	۱.۱۹۹
سولفوریک۳۵٪ اسید	۱۸	۶۴	۱.۱۸
سولفوریک۱۰۰٪ اسید	۱۸	۶۴	۱.۸۳۳
سولفوریک، روغن دوک روان	۱۸	۶۴	۱.۸۳۵
کننده	۲۰	۶۸	۰.۸۷۱
روغن‌ترپانتین	۱۸	۶۴	۰.۸۵۵
روغن‌ترانسفورماتور	۲۰	۶۸	۰.۸۶۶
آب، مقطر	0	۳۲	۰.۹۹۹۸۴
آب، مقطر	۴	۳۹	۰.۹۹۹۹۷
آب، مقطر	۲۰	۶۸	۰.۹۹۸۳۳
آب، مقطر	۲۵	۷۷	۰.۹۹۷۰۷
آب، مقطر	۱۰۰	۲۱۲	۰.۹۵۸۳۸
شراب	-	-	۰.۱ تا ۹۹.۰
پراکسیدهیدروژن	0	۳۲	۱.۴۶۵

رتبه بندی های NEMA

سیستم رتبه بندی NEMA استانداردی است که در درجه اول در آمریکای شمالی برای محفظه های رتبه بندی استفاده می شود. جدول زیر رتبه بندی های IP معادل را نشان می دهد. استانداردهای NEMA با رتبه بندی های IP ذکر شده مطابقت دارند یا از آنها فراتر می روند، اما عکس این قضیه را نمی توان فرض کرد.

نما رتبه بندی	توصیف اپیشن	معادل رتبه بندی IP	
۱	کاربردعمومی. مناسب برای استفاده در داخل ساختمان	آی پی ۱۰	
۲	کاربردعمومی. مناسب برای استفاده در داخل ساختمان با محافظت بیشتر در برابر چکه	آی پی ۱۱	
۳ و ۳S	کاربردعمومی مقاوم در برابر آب و هوا. در نظر گرفته شده برای استفاده در فضای باز با محافظت در برابر گرد و غبارناشی از باد، باران و تگرگ، و بدون آسیب در برابر تشکیل یخ.	آی پی ۵۴	
3R	کاربردعمومی مقاوم در برابر آب و هوا. برای استفاده در فضای باز با محافظت در برابر باران و تگرگ در نظر گرفته‌شده است و در برابر تشکیل یخ آسیب نمی بیند.	آی پی ۱۴	
۴ و ۴X	کاربردعمومی: مقاوم در برابر آب و هوا. برای استفاده در داخل یا خارج از منزل با محافظت در برابر محیط های‌شسته شده و مقاومت در برابر خوردگی در نظر گرفته شده است.	آی پی ۶۵	
۵	کاربردعمومی: ضد گرد و غبار. برای استفاده در داخل یا خارج از منزل با محافظت در برابر گرد و غبار توسط واشرهادر نظر گرفته شده است.	آی پی ۵۲	
۶ و ۶پی	کاربردعمومی: قابل استفاده در زیر آب. برای استفاده در داخل یا خارج از منزل با محافظت در برابر فرو رفتن گاه‌به گاه در زیر آب در نظر گرفته شده است.	آی پی ۶۷	
۷	خطرناک.برای استفاده در محیط های داخلی کلاس I، گروه های A، B، C و D طبق سیستم رتبه بندی NFPA در نظرگرفته شده است.	--	
۸	خطرناک.برای استفاده در محیط های داخلی یا خارجی در کلاس I، گروه های A، B، C و D طبق سیستم رتبه بندیNFPA در نظر گرفته شده است.	--	
۹	خطرناک.برای استفاده در محیط های داخلی یا خارجی در کلاس II، گروه های E، F و G طبق سیستم رتبه بندیNFPA در نظر گرفته شده است.	--	
۱۲ و ۱۲ هزار	کاربردصنعتی. برای استفاده در کاربردهای صنعتی با محافظت در برابر گرد و غبار و قطرات مایع غیر خورنده درنظر گرفته شده است.	آی پی ۵۲	
۱۳	کاربردصنعتی. برای استفاده در کاربردهای صنعتی با محافظت در برابر گرد و غبار، پاشش آب، روغن و قطرات‌مایع غیر خورنده در نظر گرفته شده است.	آی پی ۵۴	

رتبه بندی های IP

سیستم‌رتبه بندی IP (یا**من**بین المللی‌پ**کد** حفاظت (IP) یک استاندارد جهانی برای محفظه های درجه بندی است. درجه بندی به صورت "IP-XY" نوشته می شودکه در آن X و Y با اعداد اول و دوم مطابق جداول زیر جایگزین می شوند.

ر	ه‌حفاظت در برابر آب
دوم شماره	شرح‌مختصر
0	بدون‌حفاظت ویژه. معمولا برای ابزارهای فشار یا دما استفاده‌می شود.
۱	محافظت‌شده در برابر چکه کردن آب
۲	محافظت‌در برابر چکه کردن آب هنگام کج‌شدن قاب تا ۱۵ درجه‌درجه
۳	محافظت‌شده در برابر پاشش آب
۴	محافظت‌شده در برابر پاشش آب
۵	محافظت‌شده در برابر جت آب
۶	محافظت‌شده در برابر پاشش شدید جت
۷	محافظت‌شده در برابر غوطه وری محدود در آب
۸	محافظت‌در برابر غوطه وری مداوم

ر	ه‌حفاظت در برابر اجسام خارجی
اول شماره	شرح‌مختصر
0	بدون‌حفاظت ویژه. عموما بّرای ابزارهای فشار یا دما استفاده‌نمی شود.
۱	دربرابر اجسام جامد با قطر بزرگتر از ۵۰.۲ میلی متر محافظت‌شده است.
۲	دربرابر اجسام جامد با قطر > 1.0 میلی متر محافظت شده‌است.
۳	محافظت‌شده در برابر گرد و غبار
۴	ضدگرد و غبار
۵	
۶	

۸.۲.۴مواد رایج در ساخت گیج های فشار

موادترجیحی برای اجزای خاص گیج فشار

کامپوننت	نوع‌ماده ترجیحی				
	غیرآلیاژی یا کم‌آلیاژ فولاد	آلیاژبالا فولاد	فلزات‌سبک وآلیاژهای آنها	مس و ساخته‌شده آلیاژمس	سایرمواد
سوکت ها		۳۱۶ فولادضد زنگ		برنج	مونل
اندازه‌گیری عناصر	کربن فولاد	۳۱۶ فولادضد زنگ		آلیاژهای‌مس	مونل، دورانترم،نیجر اسپن‌سی، تیتانیوم
جداکردن دیافراگم هایا محافظ پوشش ها		۳۱۶ فولادضد زنگ			هستلوی،مونل، اینکولوی،اینکونل، نقره،طلا، تانتالیوم، زیرکونیوم، ECTFE، PTFE پی‌اف ای
لایه‌نازک حسگرها		پی‌اچ ۴-۱۷ فولادضد زنگ			
موارد	فولاد	۳۰۴ فولادضد زنگ	آلومینیوم	برنج	ABS، ،پلی‌آمید پلی‌کربنات
فلنج ها	فولاد	سری۳۰۰ فولادضد زنگ	آلومینیوم	برنج	هاستلوی،مونل
حرکات		سری۳۰۰ فولادضد زنگ		برنج	PTFE، POM
شمارگیری ها			آلومینیوم		اکی‌بی اس
هاب های‌اشاره گر			آلومینیوم	برنج	اکی‌بی اس
بازوهای‌اشاره گر			آلومینیوم	برنج	اکی‌بی اس
ویندوز					شیشه‌ایمنی، شیشه‌تخت، اکریلیک، پلی‌کربنات
واشرهاو حلقه های‌اورینگ					EPDM، EPM، FKM، NBR، PUR

توضیحات‌مواد:

تعیین	مواد
آلیاژهای‌فلزی مقاوم در برابر خوردگی	
آلومینیوم	آل۹۹
آلیاژمس	آلیاژمس-روی یا آلیاژ مس-قلع با ۶۰ تا ۹۷٪ مس
فولادکربنی	فولادکربنی
آلیاژهای‌فلزی ویژه	
هاستلوی	آلیاژنیکل-مولیبدن
مونل	آلیاژنیکل-مس
نیکل‌ساپن سی	آلیاژآهن-نیکل با ۴۱ تا ۴۳.۵٪ نیکل، ۹.۴ تا ۵۷۵.۵٪ کروم، ۲.۳تا ۷۵٪.۲ تیتانیوم و درصدهای کمی دیگر از آلومینیوم، کربن،منگنز، سیلیسیم، گوگرد و فسفر
موادغیرفلزی	
ای‌تی‌اف‌اس	مثال‌نام تجاری: Terluran
E-CTFE	مثال‌نام تجاری اتیلن-کلروتری فلوئوروانیلن:هالار
کامپوزیت	پلی‌کربنات مثال‌نام تجاری: لکسان
پی‌اف‌ای	کوپلیمرپرفلوئورالکوکسی مثال نام تجاری:تفلون PFA
پی‌ام‌ام‌ای	پلی‌اکریلات مثال‌نام تجاری: پلکسی گلاس
پوم	پلی‌اکسی متیلن مثال‌نام تجاری: اولترافرم
PTFE	مثال‌نام تجاری پلی تترافلوئوروانیلن:تفلون
شیشه‌تخت	شیشه‌تخت استاندارد
شیشه‌ایمنی	شیشه‌ایمنی لمینت

۴.۲.۹ مقایسه فولادهای مقاوم در برابر خوردگی بین‌المللی

ایالات‌متحده امریکا	آلمان	فرانسه	یونایتد پادشاهی	ایتالیا	سوئد	اسپانیا	روسیه	ژاپن	اروپایی استاندارد	ایتالیا اروپایی مواد شماره (دین)
ASTM A276	استانداردDIN ۱۷۴۴۰/۱۷۴۴۱	ان‌اف ای ۳۵-۵۷۴	BS970/4	یونی۶۹۰۱	م کارولینا‌شماری ۹۰۰	UNE36-016	استاندارد‌دولتی ۵۴۳۳	استاندارد‌JIS G 4303	یورونورم۸۸-	
۴۳۴	کروم‌مولیبدن X 6 1 17	Z 8 CD17.01	۴۳۴اس ۱۷	X 8 CrMo17	۲۳۲۵عدد	F.3116-X6CrMo 171		اس‌یو اس ۴۳۴	X 8 CrMo17	۱.۴۱۱۳
۴۲۰درجه فارمیت	X12 CrMoS17 زد۱۰ سی اف ۱۷			X 10 CrS17	۲۳۸۳عدد	F.3117-X10CrS17		SUS 460 F	X 14 CrS17	۱.۴۱۰۴
۴۳۱	X 20 CrNi 172	Z 15 CN16-02	۴۳۱اس ۲۹	X 16 CrNi16	۲۳۳۱	F.3427-X19CrNi 172	۳۰فصل ۱۷ شماره ۳	اس‌یو اس ۴۳۱	X 21 CrNi17	۱.۴۰۵۷
۳۰۳	X 10 CrNiS 189	Z 8 CNF18-09	۳۰۳اس ۳۱	ایکس۱۰ سی ان ای اس ۱۸ ۰۹	۲۳۴۶عدد	F.3508-X10CrNiS18-09	خوبE H18 N10	اس‌یو اس ۳۰۳	X 10 CrNiS 189	۱.۴۳۰۵
304	X 5 CrNi 1810	زد۶ سی ار ۱۸-۰۹	۳۰۴اختویی ۱۵	X 5 CrNi 1810	۲۳۳۲	F.3504-X5CrNi 1810	10ج18ن08	SUS 304 H	کیلوژول10 X 6 CrNi 18	۱.۴۳۰۱
۳۰۵	X 5 CrNi 1812	زد۸ سی ار ۱۲-۱۸	۳۰۵اس ۱۹	X 8 CrNi 1910		F.3513-X8CrNi18-12	۱۱ن۱۸ج۰۶	اس‌یو اس ۳۰۵	X 8 CrNi 1812	۱.۴۳۰۳
304L	X 2 CrNi 1911	زد۲ سی ار ۱۰-۱۸	۳۰۴اس ۱۲	X 2 CrNi 1811	۲۳۳۳	F.3503-X2CrNi18-10	۱۱ن۱۸ج۰۳	SUS 304 L	X 3 CrNi 1810	۱.۴۳۰۶
۳۲۱	6 CrNiMoTi 17 122	Z 6 CNT18-10	۳۲۱اس ۱۸	X 6 CrNiMoNb 1712	۲۳۳۷عدد	F.3523-X6CrNiTi18-10	10ج18 ان09 تی	اس‌یو اس ۳۲۱	X 6 CrNiTi 1810	۱.۴۵۴۱
۳۴۷	2 CrNiMo 17 13 2 X	Z 6 CNNb18-10	۳۴۷اس ۱۷	X 6 CrNiMoTi 1712	۲۳۳۸	F.3524-X6CrNiNb18-10	12ج18 ن10 ب	اس‌یو اس ۳۴۷		۱.۴۵۵۰
۳۱۶	X 5 CrNiMo 17 12 2 X	Z 6 CND17-11	۳۱۶اس ۱۳	12 X 2 CrNiMo 1712	۲۳۳۷عدد	F.3534-X5CrNiMo 17 122		اس‌یو اس ۳۱۶	X 6 CrNiMoNb 17 122	۱.۴۴۰۱
۳۱۶	10 X 6 CrNiNb 1810	Z 2 CND17-12	۳۱۶اس ۱۱	18 11 X 6 CrNiMo17	۲۳۴۸عدد	F.3533-X2CrNiMo 17 132		SUS 316 L	2 X 6 CrNiMoTi 17 122	۱.۴۴۰۴
۳۱۶	X 6 CrNiTi18	زد۶ سی ان دی تی ۱۲-۱۷	۳۲۰اس ۱۸	X 6 CrNiNb	۲۳۵۰	F.3535-X6CrNiMoTi 17 12 21	0ج17 ن13 م2 ت		12 2 X 3 CrNiMo 1712	۱.۴۵۷۱
۳۱۶	X 6 CrNiMoNb 17 12 2 Z 6 CND Nb17-12		س۳۱۸اس ۱۷	X 6 CrNiTi		F.3536-X6CrNiMoNb 17 2 20	N۱۳ M۲ B ۱۶ج		X 6 CrNiMo17	۱.۴۵۸۰
۳۱۶	3 X 2 CrNiMo 18 164	Z2 CND19-15-04	۳۱۶اس ۳۱	۱۳ × ۲ CrNiMo ۱۷۱۳	۲۳۴۳	F.3534-X5CrNiMo 17 122		اس‌یو اس ۳۱۶	۶ضربدر ۶ عدد ۳ ۱۳ ۱۷ CrNiMo	۱.۴۴۳۶
۳۱۶	3 X2 CrNiMo 1814	Z 3 CND17-12-03	۳۱۶اس ۱۱	۵ × CrNiMo۱۷	۲۳۵۳	F.3533-X2CrNiMo 17 132	۳م ۱۴ ن ۱۷ج۰۳	SUS 316 L	ضربدر۳ عدد ۳ ۱۳ ۱۷ CrNiMo	۱.۴۴۳۵
۳۱۷	X 5 CrNiMo 1713	Z 6 CND18-12-03	۳۱۷اس ۱۲	۱۸ ۱۶ × ۲ CrNiN ۱۸۱۱	۲۳۶۷عدد	F.3539-X2CrNiMo 18 164		SUS 317 L	ضربدر۳ عدد ۴ ۱۸ ۱۶ CrNiMo	۱.۴۴۳۸
304 LN	X 2 CrNiN 1810	Z 3 CN 18-07 AZ	۳۰۴اس ۶۱	۲ CrNiMo ×	۲۱۷۱	F.3541-X2CrNiN 1810		س‌ایالات‌متحده LN 304	X 3 CrNiN 1810	۱.۴۳۱۱
۳۱۶	AZ X 2 CrNiMoN 17 13 3 Z 3 CND 17-12 AZ		۳۱۶اس ۶۱	۲ × عددنیکل نیکل (CrNiMoN) ۲ × ۱۲ ۱۷		F.3542-X2CrNiMoN 17 122		س‌ایالات‌متحده LN ۳۱۶	2 X 3 CrNiMoN 17 133	۱.۴۴۰۶
۳۱۶	X 2 CrNiMoN 17 12 2 Z 3 CND17-11		۳۱۶اس ۶۳	عددنیکل نیکل (CrNiMoN) ۱۷ ۱۲	۲۳۷۵عدد	F.3543-X2CrNiMoN 17 133		SUS 316 LN	X 3 CrNiMoN 1712	۱.۴۴۱۹

۲.۴میز عسلی1g0gC

مواد تهاجمی	آلیاژ مس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
اسیدآبیتیک	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
استانیلید	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اسیداستیک	۲	۱	۱	۰	۲	۱	۱	۰	۰
آلدهیداستیک	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
استراستون استیک		۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
استون سیانیدرین		۱			۰	۰	۰	۰	۰
استون	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
استونفنتیدین	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
استانوفنون	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
استیل‌استون			۰		۰	۰	۰	۰	۰
استیل‌سلولز	۱	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
استیل‌کلرید	۲	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	
استیلن(مس <65%)	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اسیداستیل سالیسیلیک		۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
استیل‌تیوپروپن		۱	۰					۰	۰
ترکیبات‌اسیدی	۲	۱	۱	۰	۲	۲	۲	۰	۱
آب‌اسیدی گودال			۰		۲	۲			
سولفات‌سدیم اسیدی			۰	۰					
آکریدین		۰	۰				۰	۰	
آکرولئین	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰
اتیل‌استر اسید اکریلیک				۰					
سیلیکات‌اکریلیک	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰		
آکریلونیتریل	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اسیدآدیپیک		۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
آکتیوین(کلرامین تی)			۰						
آلکان-سولفونیک اسید	۲	۲	۰	۰		۱	۰	۰	
نوشیدنی های‌الکلی	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آلیزارین		۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
رزین های‌آلکید	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آلکیلاریل‌سولفونات ها	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آلکیلاسیون		۰	۰		۰	۰			
آلکیل‌کلرید اتر		۱			۱	۱	۰	۰	
اسیدآلکینافتالین سولفونیک		۱				۰	۰	۰	
آلیل‌آمین	۲	۰	۰	۰				۰	
آلیل‌کلرید	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	
سولفیدآلیل	۱	۰	۰						
الکل‌آلیلیک	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

موادتهاجمی	آلیاژمس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
آلوئه‌ورا		۲	0		0	0	0	0	
استات‌آلومینیوم		۲	0		0	0	0	0	0
آلکیل‌آلومینیوم		0	0		0	0	0		
کلرات‌آلومینیوم			0	0	0	0	0	0	
کلریدآلومینیوم	۲	۱	۱	0	۱	۱	0	0	۱
اتیل‌آلومینیوم		0	0		0	0	0	0	
آلومینیوم‌فلوراید		۱		0	0	0	0		
فرمیت‌آلومینیوم		۱	0	0	0	0	0	0	0
ذوب‌آلومینیوم	۲	0	۲	۲	۲	۲			
نیترات‌آلومینیوم		۲	0	0	0	0	0		0
اکسیدو هیدروکسید آلومینیوم	0	0	0	0	0	0	0	0	0
نمک های‌آلومینیوم				0					
آلومینیوم‌سیلیکوفلورید	0	۲	0		0	0	0		
سولفات‌آلومینیوم	۲	۲	۱	0	۲	۱	0	0	0
آمین هاو آمیناسیون	۲	۱	0	0	0	0	0	0	
ترکیبات‌اسید آمینه		۲	0		0	0	0	0	
-۲آمینوآنتراکینون		0	0		0	0	0		
پارا-آمینوبنزن		۱		0	۱		0	0	
اسیدام-آمینوبنزن سولفونیک		0	0	0	0	0	0	0	
اسیدپارا-آمینوبنزن سولفونیک		0	0	0	0	0	0	0	
اسیدآمینوبنزوئیک		0	0	0	0	0	0	0	0
-۵آمینو-۲-اکسی بنزوئیک اسید		0	0	0	0	0	0	0	
آمینوفنول-m		0	0		0	0	0	0	
سی-و پی-آمینوفنول		0	0		0	0	0	0	
آمینوپلاستیک ها	0	۱	0	0	0	0	0	0	
-۲آمینوپیریدین	۱	۱	0		0	0	0		
اسیدپارا-آمینوسالیسیلیک		۱	0	0	0	0	0	0	
هیدروکسیدآمونیوم-آمونیوم	۱	0	0	0	۱	۱	0	۱	0
استات‌آمونیوم		۱	0		0	0	0		
آلوم‌آمونیوم			۱						
بی کربنات‌آمونیوم	۲	0	0	0	۲	۲			
برمیدآمونیوم		۱	0	0	0	0	0	0	
کربنات‌آمونیوم			0						
کربنات‌آمونیوم		0	0	0					
کربنات‌آمونیوم-، کاربومات	۲	۱	0	0	۲	0		0	
کلریدآمونیوم	۲	۱	0	0	0	0	0	0	0
سیترات‌آمونیوم		۱	0	0	0	0	0	0	0
دی فلوئوریدآمونیوم			0		۱	۱			

مواد تهاجمی	آلیاژ مس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا-لوم	تیتا-نیوم
دی‌فسفات آمونیوم	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
دی‌سولفیت آمونیوم		۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
آمونیوم‌فلوراید	۱	۱	۱	۱	۱	۱			
آمونیوم‌فلورسیلیکات		۱	۰		۰	۰	۰		
فرمیت‌آمونیوم		۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مولیبدات‌آمونیوم		۰	۰	۰					
مونوفسفات‌آمونیوم	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
نیترات‌آمونیوم	۳	۱	۰	۰	۳	۳	۰	۰	۰
اگزالات‌آمونیوم		۱	۰		۰	۰		۰	
پرکلرات‌آمونیوم		۱	۰				۰	۰	
پرسولفات‌آمونیوم	۳	۳	۱		۰	۳		۰	
فسفات‌آمونیوم				۰	۱	۱		۰	
پیکرات‌آمونیوم		۱	۰		۰	۰	۰		
آمونیوم‌رودانید	۳	۱	۰	۰	۰	۰	۰		
سولفامینات‌آمونیوم	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
سولفات‌آمونیوم	۳	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آمونیوم(پلی)-سولفید	۳	۱	۰	۰	۰	۰	۰		
سولفیت‌آمونیوم		۱	۰	۰	۳	۳	۱	۰	
تنگستات‌آمونیوم		۰	۰	۰	۳	۳			
آمیل‌استات	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
الکل‌آمیل	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ایمل‌آمین	۳	۱	۰	۰	۰	۰	۰		
آمیل‌بورات				۰					
آمیل‌کلرید (بدون آب)	۰	۱	۱		۰	۱	۰	۰	
آمیل‌لورات	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آمیل‌مرکاپتان		۱	۰		۰	۰	۰		
نیترات‌آمیل		۰	۰						
آمیل‌نیتریت		۰	۰						
پارا-آمیل فنول	۰	۱	۰		۰	۰	۰	۰	۰
آمیل‌پروپیونات	۰	۱	۰		۰	۰	۰	۰	۰
آنیلین	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰
آنیلین‌سیاه	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰		
آنیلین‌هیدروکلراید	۲	۲		۰	۲	۲	۰		
سولفات‌آنیلین		۳	۰	۰	۰	۰	۰		
آنیلین‌سولفیت	۱	۱	۰	۰			۰		
آنیس‌آلدهید	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آنیزیدین	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
روغن‌انیسون	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

موادتهاجمی	آلیاژمس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
آنیسول	0	0	0	0	0	0	0	0	0
آنتراسن،روغن	0	0	0	0	0	0	0	0	0
کلریدآنتیموان	۲	۲	۲		0	0	0	0	
ذوب‌آنتیموان			۲	۲					
آنتراکینون	0	0	0		0	0	0	0	
اسیدهای‌آنتراکینون سولفون		۱	0	0	0	0	0	0	
آب‌سیب، پالپ	۲	۲	0	0	0	0		0	
آکواسلطانی	۲	۲	۲	0	۲	۲	۲	0	0
آکواسال‌سول				0					
اسیدآراکیک	۱	۱	0	0	0	0	0	0	
آرالین		۱	0	0	0	0	0	0	0
آرگون	0	0	0	0	0	0	0	0	0
آرسنیک		۱	0		۱				
اسیدآرسنیک، پنتوکسید	۱	۱	0	0	۱	۱	0	0	
اسیدهای‌آرسنیک	۲	۲	0	0	0	0	0	0	
کلریدآرسنیک	۲	۱			0	0	0	0	
تری‌اکسید آرسنیک		0	0	0	0	0	0		
آسوردین				0					
اسیدآسپارتیک	۲	0	0	0			0	0	
آسفالت	۱	۱	0		0	0	0		
روغنASTM 1،2،3				0					
اتمسفر(هوا)	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
آزوبنزن	0	0	0	0	0	0	0	0	0
آزوزرد	۱	۲	0						
باسیتراسین		۲	0				0		
بیکینگ‌پودر	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
کربنات‌باریم	0	۱	0	0					
کلرات‌باریم	0	۱	0	0	0	0	0	0	
کلریدباریم	۲	۱	0	0	۱	۱	0	0	0
سیانیدباریم	۲	0	0	0	0	۲		۲	
هیدروکسیدباریم	0	0	0	0	0	0	0	0	
نیترات‌باریم	۱	۱	0	0	0		0		
اکسیدباریم		۱	0			0	0		
پراکسیدباریم	۲	۱	۱	0	۱	۱		۲	
نمک های‌باریم				0					
سولفات‌باریم	0	0	0	0	0	0	0	0	0
باریم(پلی)-سولفید	۱	۱	0	0	۱	0		۲	

موادتهاجمی	آلیاژمس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
باسیلیوم‌اف جی (TM)				0					
باتوکسین(TM)				0					
اسیدباتری				0					
آبجو	0	۲	0	0	0	0	0	0	0
موم‌زنبور عسل	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
مخمرآبجو	0	0	0	0	0	0	0	0	0
بنزآلدئید	۱	۱	0	0	۱	۱	0	0	
۱-بنزآلدهید دی سولفونیک اسید-۴،۲		0	0	0	0	0	0	0	
بنزامید	۲	۱	0	0	0	0	0	0	0
بنزانترن	0	0	0	0	0	0	0	0	
بنزین	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
بنزن	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
بنزن-۳.۱-دی سولفونیک اسید		۱	0			0	0	0	
پراکسیدبنزن			0		0	0	0		
بنزن-سولفونیک اسید		۱	0	0	۱	0	0	0	
بنزیدین	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2-بنزیدین دی سولفونیک اسید	0	0	0	0	0	0	0		
بنزیدین-۳-سولفونیک اسید	0	0	0	0	0	0	0	0	0
بنزیل	0	0	0	0	0	0	0	0	0
بنزیلیک‌اسید	۱	۱	0	0	0	0	0		
اسیدبنزوئیک	۱	۱	0	0	0	۱	0	0	0
انیدریداسید بنزوئیک	0	۲	0	0	0	0	0		
-۴-(۲بنزیل کلرید)-بنزوئیک اسید	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
سولفیمیداسید بنزوئیک		۱	0		0	0	0	0	
بنزوئین		0	0		0	0	0		
بنزونیتریل	0	0	0	0	0	0	0	0	0
۴.۱-بنزوکینون		۱	0		0	0	0		
بنزوتری‌کلرید		۱		۲	0	0	0		
بنزوتری فلوراید		0	0		0	0	0		
اسیداً-بنزوئیل بنزوئیک	0	0	0	0	0	0	0	0	
بنزیل‌کلرید		۱		0	۱	۱	0	0	
بنزیل‌استات		۱	0		0	0	0	0	
بنزیل‌الکل	0	۱	0	0	0	0	0	0	
بنزیل‌آمین		0	0		0	0	0		
بنزیل‌بنزوات	0	0	0		0	0	0	0	
بنزیل‌بوتیل فتالات	0	0	0	0	0	0	0	0	0
بنزیل‌سلولز		0	0	0	0	0	0	0	
بنزیل‌کلرید	0	۲	0		0	0	0	0	

موادتهاجمی	آلیاژمس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
بنزیل‌اتیل آنیلین	0	0	0	0	0	0	0	0	0
بنزیل‌فنول	0	۱	0		0	0	0	0	
بنزیل‌سالیسیلات	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
بنزیل‌سولفانیل اسید	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
روغن‌برگاموت	۱	۱	0		0	0	0	0	
کلریدبریلیم		۱	۱	0	۱	۱	0	0	
فلورایدبریلیم	0	۱	0		0	0	0		
سولفات‌بریلیم			0	0	0	0	0	0	
قیر		۱	0	0	0	0	0		
جوهرآهن سیاه			0						
سیاه‌آیو				0					
مایع‌سفیدکننده	۲							0	
خون	0	۲	0	0	0	0	0	0	0
بوراکس	0		0	0					
مشروب‌بوردو	۱	۱	0	0	0	0	0		
اسیدبوریک	۱	۱	۱	0	۱	۱	0	۱	0
بورنئول	0	۲	0		0	0	0	0	0
بورنیل‌استات	0	۱	0		0	0	0	0	
کلریدبورنیل	0				0	0	0	0	
بورنیل‌فرمیت			0		0	0	0	0	
فسفات‌بور	۱	۱			۲	۲	۲		
تری‌فلورایدبور		۱	0	0		0			
آب‌شور	۱	۱			۱	۱			
مایع‌ترمز	0	0	0	0	0	0	0	0	0
برندی	۱	۱	0						
اسیدغلیظ "بریندی".				0					
اسیدبرومیک	۲	۲	۲		۲	۲			
برم	۱	۱	۲	0	۱	۱	۱	0	۲
تری‌فلوئوریدبرم		0	0		0	0		۲	
برومونزن	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
بروموفرم		۱	0		0	0	0	0	
۳.۱-بوتادین		۱	0	0					
بوتان	۱	۱	0	0	0	0	0		
بوتان‌دیول	0	۱	0	0	0	0	0	0	
۴.۱-بوتین-۲-دیول	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
کره	۲	۲	0	0				0	0
دوغ	۱	۲	0	0	۱	۱		0	
بوتیل‌استات	۱	۱	0	۱	۱	۱	0	0	0

موادتهاجمی	آلیاژمس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
الکل‌بوتیل	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
بوتیلامین	۳	۱	0		0	0	0		
بوتیل‌بنزوات	0	0	0	0	0	0	0		
بوتیل‌بوتیرات		۱	0		0	0	0	0	
بوتیل‌کلرید		۱	۱		0	0	0	0	
بوتیلن	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
۴.۱-بوتیلن-۲-دیول	0	0	0	0	0	0	0	0	0
نرمال-بوتیل اتر	0	0	0	0	0	0	0	0	0
بوتیل‌گلیکولات	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
نرمال-بوتیل گلیکول	0	0	0	0	0	0	0	0	0
بوتیل‌مرکاپتان	۲	۱	0		0		0		
بوتیل‌اگزاتال	0	۱	0	0	0	0	0	0	
بوتیل‌فنول (نوع سوم)	0	۱	0		0	0	0		
ایزو-بوتیل فسفات	0	۱	0		0	0	0	0	
بوتیل‌فتالات		۱	0		0	0	0	0	
بوتیل‌استئارات	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
بوتیل‌اورتان		0	0		0	0	0	0	
بوتیدهیدر	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
اسیدبوتیریک	۱	۲	0	0	۲	۱	0	0	0
انیدریداسید بوتیریک	۱	0		0	0	0	0		
کلریداسید بوتیریک		۱		۱	0	0	0		
گاما-بوتیرولاکتون	0	۱	0		0	0	0	0	0
کلریدکادمیوم		۲	0	0	۱		0	0	
سیانیدکادمیوم		۲		0	۲				
کادمیوم‌ذوب می شود	۲	0	۱	۲					
سولفات‌کادمیوم	0	۱	0	0	0	0	0	0	
کافئین	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
کلسیم		0	0						
استات‌کلسیم	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
آرسنات‌کلسیم	0	0	0						
بنزوات‌کلسیم	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
بی کربنات‌کلسیم	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
بی‌سولفیت کلسیم	۲	۲	0	0	۲	۲	0	0	0
کلسیم‌برومایِد	۱	۱	۱	0	۱	۱	0	0	0
کربنات‌کلسیم	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
کلرات‌کلسیم	0	۱	0	0	۱	0	0		0
کلریدکلسیم	۲	۱	۱	0	0	0	0	0	0

موادتهاجمی	آلیاژمس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
کرومات‌کلسیم	0	0	0	0	0	0	0		
کلسیم‌فلوراید	0	0	0	0	0	0	0	۲	
گلوکونات‌کلسیم	0	0	0	0	0	0	0	0	0
هیدریدکلسیم	0	0	0		0	0	0		
هیدروکسیدکلسیم	0	0	0	0	0	0	0	0	
هیپوکلریدکلسیم									
(+ کلرید کلسیم)	۲	۱	۱		۱	۱		0	0
لاکتات‌کلسیم		۱	0	0	0	0	0	0	0
نیترات‌کلسیم	0	۱	۱	0	۱	0	0		0
اگزالات‌کلسیم	0	۱	0	0	0	0	0	0	
اکسیدکلسیم	0	0	0		0	0	0		
پرمنگنات‌کلسیم		۱	0	0	0	0	0		0
پراکسیدکلسیم		۱	0	0					
فسفات‌کلسیم	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
کلسیم‌رودانید	0	۱	۱	0	0	0	0		
استئارات‌کلسیم	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
سولفامینات‌کلسیم		0	0	0	0	0	0	0	0
سولفات‌کلسیم	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
سولفیدکلسیم	۲	0	0	0	۱				
سولفیت‌کلسیم	۱	۱	0	0	۱	۱		0	0
تنگستات‌کلسیم			0	0	0	0	0		
کامفن	0	0	0	0	0	0	0	0	0
کافور			0						
کافور	0	0	0	0	0	0	0	0	0
اسیدکامفوریک	0	۲	0	0	0	0	0	0	0
دی-کافور سولفونیک اسید		۱	۱	0	۱	۱	0	0	
اسیدn-کاپریک	۱	۱	0	0	۱	۱	0	0	0
ای-کاپرولاکتام		۱	0		0	0	0		
اسیدکاپرونیک	۱	۱	0	0	۱	۱	0	0	0
آلدهیدکاپرونیک	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
اسیدکاپریلیک	۱	0	0	۱	۱	0	0	0	
الکل‌کاپریلیک	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
کپسایسین(™)		۱	0		0	0	0		
کاربازول		0	0		0	0	0	0	0
کاربیتول	0	0	0	0	0	0	0	0	0
اسیدکربولیک	۱		0	0	۱	۱	0	0	0
کاربولینیوم	0	0	0	0	0	0	0	0	0
کاربولینیوم	0	0	0	0					

موادتهاجمی	آلیاژ مس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
دی‌اکسید کربن	۱	۱	0	0	۱	۱	0	۱	۱
جرم‌کربنیزه شده		۳		0		0	0		
مونوکسیدکربن	۱	۱	0	0	۱	۱	0	۱	۱
سولفیدکربن	۱	0	0	0	0	۱	0	0	0
تتراکلریدکربن	۱	۱	0	0	0	0	0		0
اسید-y-)N-)4carboxyhenyl			0	0	0	0	0		0
کارنالیت	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
کارواسید		۳		0				0	
کاروتن	0	0	0	0	0	0	0	0	0
کاسکارا	0	۱	0	0	۱				
کازئین			0	0	0	0	0	0	0
بادام‌هندی	0	۱	0	0					0
روغن‌کرچک	0	۱		0					
کاویت		۳	0		0	0	0	0	0
کلریدسزیم		۱	۱		0	0	0		
هیدروکسیدسزیم		۱	۱		۱	۱			
سلولوئید	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
سلولزاستوبوتیرات	0	۱	0		0	0	0	0	0
اترسلولز		۱	0	0					
نیتراتسلولز	0	۱	0		0	0	0		
رنگ های‌سلولزی	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
تری‌پروپیونات سلولز	0	۱	0		0	0	0	0	0
سرسین	0	0	0	0	0	0	0	0	0
کلریدسریم		۱		0	0			0	
سریم‌فلوراید		۱		0				0	
سولفات‌سریم		۱		0	0				
الکل‌ستیلیک	0	۱	0		0	0	0	0	0
اسیدچاولموگا	۱	۱	0	0	0	0	0		
پنیر			0						
اسیدکلرواستیک	۲	۱	۱	0	۱	۱	۱	0	0
کلرامین	0	۱	0	0	0	0	0		
اسیدکلرامین بنزوئیک		۱	0	0	0	0	0	0	0
کلرامفنیکل		۳	0	0				0	0
کلرانیل	0	0	0	0	0	0		0	0
کلرانیلین	۱	۱	0		0	0		0	0
کلرانتراکینون		0	0		0	0	0	0	
کلردان	۱	۱	0		0		0		
کلرهیدرین	۱	۱	0	0	0	0	0	0	

موادتهاجمی	آلیاژمس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
اسیدکلریک	۲	۲	۲	0	۲	۲		0	
آب‌کلردار			۱	0					
کلر	۱	۱	۱	0	۱	۱	۱	0	۱
آلوم‌کلر				0					
کلرکرزول	0	۱	0		0		0	0	
دی‌اکسید کلر		۱	۱	0		0	۲	0	
کلردی فنیل	0	0	0		0	0	0	0	
کلروبنزن	0	۱	0	0	0	۱	0	0	0
کلروبنزنتری فلوراید		0	0		0	0	0		
آلدهیدکلروبنزوئیک		۱	0	0	0	0	0	0	
کلروتن‌بنزن		۱	۱		0	0	0	0	
کلروفرم	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
استراسید کلروفرمیک	0	۱						0	
-۴کلرو-۲-نیترالین		۱	0		0	0	0		
کلرونیتروبنزن ها	۱	0	0		0	0	0	0	0
-۴کلرونیتروبنزن-۳-سولفونیک اسید		۱	0	0	۱	0	0	0	
اسیدکلرونیتروبنزوئیک		۱	0	0	0	0	0	0	0
-۴کلرو-۲-نیتروفنول		۱	0		0	0	0		
کلروفنول	0	۱	0		0	0	0	0	
اسیدکلروفنوکسی استیک		۱	0	0	0	0	0	0	
کلروفیل،کلروفیلین	0	0	0	0	0	0	0	0	0
کلروپیکرین	۱	0	0		0	0	0	0	
کلروپرن		۱	0		0	0	0		
کلروسیلان		0	0		0	0	0	0	
اسیدکلروسولفونیک		۱	۱	0	۱	۱	0	0	0
کلروتولوئن	0	0	0	0	0	0	0	0	0
کلروتولوئیدین	۱	۱	0		0	0	0		
کلروتری‌فلوئوروواتیلن	0	۱	0	۳	0	0	0		
کلروکسیلن	0	۱	0		0	0	0	0	
شکلات			0						
کلسترول	0	0	0	0	0	0	0	0	0
کولین	۲	۱	0	0					
کولین‌کلراید	۲	۱					0		
اسیدکرومیک، اکسید	۲	۱	0	0	۲	۲	۲	0	0
آلوم‌کروم	۱	۲	۱	0	۱	۱	0	0	0
حمام های‌کروم (گالوانیک)				0					
کلریدکروم		۲	۱	0	۱		0	0	
کروم‌فلوراید	۲	۲				0		0	

موادتهاجمی	آلیاژمس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
گلوکوزاتکروم		0	0		0	0		0	0
نیتراتکروم			0	0					0
اکسیدکروم، هیدروکسید	0	0	0	0	0	0	0	0	0
فسفاتکروم		۱	0	0	0	0	0	0	
سولفاتکروم	۱	۳	۱	0	۱	۱	0	0	
کرومیلکلرید		0	0		0	0	0	0	0
سیدر	۱	۳	0	0	0	0	0	0	
سیترال	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
اسیدسیتریک	۲	۳	0		0	۱		0	
سیترونلال	0	۱	0		0	0	0	0	0
سیترونلول	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
مرکبات	۱	۳	0	0	۱	۱	0	0	0
روغنمرکبات	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
گازشهری	۱	0	0	0	۱	۱	0	0	0
کلوفن				0					
اسیدکلوپانادیوک	۱	۳	0	0	۱	0	0	0	0
کوکائین	0	۱	0	0	0	0	0	0	
کدئین	0	۳	0	0				0	
نمک هایکدئین	0	۳	۱	0	0	0	0	0	
روغنکبد ماهی	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
قهوه	0		0		0	0			
روغنکلزا				0					
بتن	0	۱	0	0	0	0	0	0	
الکلمخروطی	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
کوپال	0	۱	0		0	0	0	0	0
استاتمس	۱	۱	0	0	0	0	0	0	
کربناتمس	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
کلریدمس	۲	۱	۲	0	۱	۱	۲	0	0
سیانیدمس			0						
نیتراتمس	۲		0						
اکسیدمس	۱	۱	0		0	0			
سولفاتمس	۲	۱	0	0	۱	۱	۱	0	0
ترکیبنترامین مس	۲	۱	۱	0	0	0	0	0	
روغنذرت				0					
قشرکاسکارا ساگرادا	۱	۳	0		0	0	0		
روغنپنبه دانه	۲	۱	0	0	0	0	0		
کرئوزوت	۱		0	0					
کرسول	0	۱	0	0	0	0	0	0	0

موادتهاجمی	آلیاژ مس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
کروتون آلدهید	0	۱	0	0	0	0	0	0	
اسیدکروتونیک	0	۳	0		0	0	0	0	0
آلدهیدکوماری			0	0	0	0	0	0	0
کومارین			0		۱	۲		0	0
کومارون،رزین	0	0	0	0	0	0	0	0	0
کومن	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
کوموهیدروپراکسید	۳	0	0		0	0	0	0	
اسیدسیانواستیک	۳	۱	۱	0				0	0
اتیل‌استر اسید سیاناستیک	0	۱	0	0	0	0	0	0	
سیان‌آمید		0	0	0	0	0	0		0
کلریدسیانیک		۳	0		0	0		0	
کلریدسیانوژن		۱	0	0	0	0	0	0	
سیانوژن،دی سینوژن		۱	0	0				0	
سیکلوهگزان	0	0	0	0	0	0	0	0	0
سیکلوهگزانول	0	0	0	0	0	0	0	0	0
استرسیکلوهگزانول	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
سیکلوهگزانون				0					
سیکلوهگزانون	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
سیکلوهگزانون‌اکسیم		۱	0	0				0	0
سیکلوهگزن	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
سیکلوهگزیلامین	۲	0	0	0	۱	۱			
کربنات‌سیکلوهگزیلامین	۱	0	0						
نرخ‌سیکلوهگزیل آمینلو		0	0		0	0	0	0	0
سیکلوپنتان،سیکلوپنتادین	0	0	0		0	0	0	0	0
سیکلوپلی‌اولفین ها			0	0					
پارا-سیمول	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
سیناستامید		0	0						
سیستین	۱	۱	0	0				0	0
دی‌دی دی		۱	0		0	0	0	0	0
ددتو دی اف دی تی	۱	۱	0		0	۱	0	0	0
دکالین(TM)				0					
دله گول(TM)				0					
دسمودورتی (TM)				0					
دسموفن۲۰۰۰ (™)				0					
اکسیددوتریوم	0	0	0		0	0	0		0
توسعه دهنده(عکس)			0						
دکستران			0	0		0	0	0	0

موادتهاجمی	آلیاژ مس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
دکسترین	0	0	0	0	0	0	0	0	0
دکستروز	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
الکل‌دی استون				0					
دی‌آلکیل سولفات	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
ترکیبات‌دی آزو		۱	۱	0				0	
دیبنزیل	0	0	0	0	0	0	0	0	0
دی‌بنزیل اتر				0					
دی‌بوتیل متیلن دی تی گلوکولات			0					0	0
دیبوتیل‌فتالات	0	0	0	0	0	0	0	0	0
دیبوتیل‌تیودی گلوکولات			0					0	0
دیبوتیل‌تیوره		0	0						0
دی کلروبنزن				0					
دی‌کلروبوتیلن				0					
دی کلرواتان				0	0	0			
دی‌کلرواتیلن	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
دی(p-کلروفنیل) متاکاربینول	0	0	0	0	0	0	0	0	0
دی‌سیکلوهگزیل آمونیوم نیتریت	۱	0			0	0			
دی‌اتیل آمین	۲	۱	0	0	۱	۱		۱	0
دی‌اتیل آنیلین و دی منتیل آنیلین	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
دی اتیلن‌گلیکول				0					
دی‌اتیل اتر				0					
دی‌اتیل سباسات				0					
اسیددی گلیکولیک		۱	۱	0	۱	۱	0	0	0
دی‌گلیکولیک اسید دی بوتیل استر	0	۱	۱	0	0	0	0	0	0
دی ایزوبوتیل	0	0	0	0	0	0	0	0	0
دی ایزوپروپیلکتون				0					
دی منتیل‌آنیلین				0					
دی منتیل فنیل کربنول	0	0	0		0	0		0	0
دی‌متیل اتر	0	0	0	0	0	0	0	0	0
دی‌متیل فرمامید				0					
دی اکتیل فتالات				0					
دیوکسان	0	0	0	0	0	0	0	0	0
دیپنتن				0					
دی‌فنیل	0	0	0	0	0	0	0	0	0
دی فنیل‌آمین	۱	0	0		0	0	0	0	0
اکسیددی فنیلن	0	0	0	0	0	0	0	0	0
دی فنیل کتون	0	0	0	0	0	0	0	0	0
دی‌فنیل پروپان	0	0	0	0	0	0	0	0	0

موادتهاجمی	آلیاژمس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
دی پیدوکسیدی فنیل‌سولفون		0	0						
دی ام دی تی		۱	0		0	0	0	0	0
نفت‌حفاری	0	0	0	0	0				
حمام‌رنگرزی			0						
تخم‌مرغ، پودر تخم مرغ		0	0		0	0		0	
میناکاری	0	۱	0	0					
روغن های‌ضروری	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
اتان	0	0	0	0	0	0	0	0	0
اتانول	0	0	0	0	0	0	0	0	0
اتانولامین		0	0					0	0
اتر				0					
اتیل‌استات	0	0	0	۱	۱	۱	0	0	0
اتیل‌اکریلات				0					
اتیل‌بنزن	0	0	0	0	0	0	0	0	0
اتیل‌بوتیرات	0	0	0	0	0	0	0	0	0
اتیل‌سلولز			0	0	۱	۱	0	0	0
اتیل‌کلرید	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
اتیل‌اتر	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
اتیل‌گلیکول	0	0	0	0	0	0	0	0	0
اتیل‌لاکتات	0	0	0	0	0	0	0	0	0
اتیلن	0	0	0	0	0	0	0	0	0
اتیلن‌بروماید	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
اتیلن‌کلرهیدرین	0	0	0	0	0	0	0	0	0
اتیلن‌کلرایید		0	0	۱	0	0	0	0	0
اتیلن‌سیانهیدرین		0	0		0	0	0	0	0
اتیلن‌دی آمین		۱	0				۱	0	
اتیلن‌دی کلرید				0					
اتیلن‌فرمیت	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
اتیلن‌گلیکول		۱	0	0	۱	۱			
اتیلن‌ایمین		0	0						
اتیلن‌مرکاپتان		۱	0		۱		0		
اتیل‌نیتریت		0	0						
اکسیداتیلن	0	0	0	0	0	0	0	0	0
اتیل‌سیلیکات				0					
اتیل‌استئارات	0	0	0	0	0	0	0	0	0
اتیل‌سولفوریک اسید		۳					0	0	
اوکالین(™)				0					

موادتهاجمی	آلیاژمس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
آب‌فوق العاده خالص	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
اسیدهای‌چرب	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
الکل‌چرب	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
سولفات های‌الکل چرب	۲	۱	0	0	0	0	0	0	0
چربی هاو موم ها	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
کلریدفریک	۲	۱	۲	0	۲	۲	۲	0	0
سیانیدپتاسیم فریک	0	۱	۱	0	0	0	0	0	
سولفات‌فریک	۲	۱	0	0	۲	۲	۲	0	0
کلریدآهن	۲	۱	۱	0	۱	۱	0	0	0
سیانیدپتاسیم آهن		0	0	0	0	0	0	0	
سولفات‌آهن	۲	۱	0	0	0	0	0	0	0
روغن‌ماهی				0					
نمک های‌تثبیت کننده			0						
فلوربنزن				0					
اسیدفلوئوریک	۱	۱	۲	0	۱	۱	۱	۲	۲
فلوئوروهیدروکربن	0	0	0	۲	0	0	0	۱	۱
فلوئور	۱	۱	۱	۱	۱	۱		۲	۱
اسیدفلوروبوریک				0					
فلوروکربن	0	۱	۱	0	0	0	0		
اسیدهای‌فلوروکربنیک و									
ترکیبات‌هالوژن		۱	۱	0	۱	۱	0	۱	
فلوروکلروکربن	0	۱	۱	0	0	0	0		
فرمالدئید،فرمالین									
ومتالدئید	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
فرمامید		۱	0	0	۱	0	0	0	0
اسیدفرمیک	۲	۲	0	0	۱	۱	0	0	0
فرئون(™)	0			0					
میوه			0						
آبمیوه ها	۲		0	0					
فوران				0					
فورفورول	۱	۱	۱	0	۱	۱	0	0	0
اسیدگالیک			0						
ژلاتین	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
گازژنراتور				0					
گئودین(TM)				0					
انیدریداستیک یخبندان	۲	۱	0	0					

موادتهاجمی	آلیاژمس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
اسیداستوبرومیک یخبندان				0					
اسیدگلوکونیک	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
گلوکز				0	0	0			
چسب	۱	۱	0	0					
اسیدگلوتامیک	۲	۱	0	0	۱	0		0	0
گلیسیرین	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
اسیدگلیکول	۱	۱	۱	0	۱	۱	0	0	0
گلیکول،دی اتیلن گلیکول	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
اسیدگلیکوکسی		۲	0	0	۱	۱	0	0	
گریس			0						
هالوواکسویل(TM)				0					
کنف و جوت	۱	۱	0	0	0	0	0	0	
هپتان	0	0	۱	0	0	0	۱	0	0
هگزاکلروبوتادین				0					
هگزاکلرواتان	۱	۱	۱	0	۱	۱	۱	0	
هگزالدهید				0					
هگزامتیلن‌نترامین	۱	۱	0	0	۱	۲	0	0	0
هگزان				0					
اسیدهیومیک	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
سولفات‌هیدراکسیلامین			0						
هیدرازین		۱	۱		۲	۲	۱		
سولفات‌هیدرازین			۱						
اسیدهیدروبرومیک				0	۲	۲	۱	0	
اسیدهیدروکلریک	۱	۱	۱	0	0	0	0	0	۱
اسیدهیدروکلریک	۲	۱	۱	0	۱	۱	0	0	۱
اسیدهیدروسیانیک	۲	۱	0	0	۲	۲	0	0	0
اسیدهیدروسیانیک	۲	۱	0	0	۲	۲	0	0	0
هیدروژن	0	۱	۱	0					
هیدروژن‌بروماید		۱	۲	0	۱		۱	0	
گازهیدروژن				0					
یدیدهیدروژن، اسید یدیک	۱	۱	۱	0	۱	۱	0	0	0
پراکسیدهیدروژن	۱	۱	0	0	۱	۲	۲	0	۲
سولفیدهیدروژن	۱	۱	0	0	۱	0	0	0	0
هیدروکینون		۱	0	0	0	0	0	0	0
اسیدهیپوکلریک	۲	۲	۲	0				0	
روغن های‌اشباع کننده	0	۱	0	0	0	0	0	0	0

www.onlinedoctranslator.com - naisreP ot hsilgnE morf detalsnarT

موادتهاجمی	آلیاژ مس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا-لوم	تیتا-نیوم
ایندول	0	0	0	0	0	0	0	0	0
جوهر(فروگالیک)		۱		0					
لودین	۲	۱	۱	0	۱	۱	۱	0	۱
لودوفرم		۱	۱		0	0	0	0	0
نیترات‌آهن	۲	۲	0	0	۲	۲		0	
فسفات‌آهن			0						
ایزاتین،مشتقات	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
ایزوبوتیل‌الکل				0					
ایزوپروپیل‌استات				0					
الکل‌ایزوپروپیل				0					
ایزوپروپیل‌کلراید				0					
ایزوپروپیل‌اتر				0					
نفت‌سفید				0					
لاکتام				0					
اسیدلاکتیک	۱	۱	۱	0	۲	۲	۱	0	0
لاکتوز		۱	0	0	0	0	0	0	0
استات‌سرب	۱	۲	0	0	۱	۱	0		
استات‌سرب			0						
استات‌سرب			0						
آرسنات‌سرب	0		0	0	0	0	0	0	
حمام های‌سرب (الکترولیت)		۱		0		0			
برمیدسرب		۲	۱				۱		
کربنات‌سرب	0	۱	0	0	0	0	0	0	
کلریدسرب		۱	0	0		0	0	0	
کرومات‌سرب	0	0	0	0	0	0	0	0	
دی‌اکسید سرب	0	0	0	0	0	0	0	۱	
سرب(ذوب شده)	۲	۱	۱	۲	۲	۲			
نیترات‌سرب		۱	0	0	0	0	0	0	
نیتریدسرب	0		0	0	0	0	0		
اکسیدسرب		۱	۱				۱	۱	
رودانیدسرب	0	۲		0	0	0	0	0	
سولفات‌سرب	0	۱	0	0	0	0	0		
سولفیدسرب	۲	۱	۱		۲				
تترااستات سرب			0				0		
سرب‌تری نیتروزورسینات			0	0		0	0		
لسیتین		۱	0	0	0	0	0	0	0

موادتهاجمی	آلیاژمس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
اسیدلوولیک		۳	۱	0	۱	۱	0	0	
قیرلیگنیت	۱	۱	0		0	0	0		
شیرلیمو			0	0					
لیمونن	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
روغن‌بذر کتان	۱		0	0	0	0			
لیکور			0						
لیتیوم‌بروماید				0					
کربنات‌لیتیوم		۱	0	0	0	0	0		
کلریدلیتیوم	۱	۱	۱	0	۱	۱	0	0	۱
هیدریدلیتیوم		۱	0	۱	۱				
هیدروکسیدلیتیم	۳	۱	0	۱	۱	0			
لیتیوم(مذاب)	۳	۱	۱	0	۱	۲		0	
سولفات‌لیتیوم	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
لیتوپون	0	۱	0	0	0				
لیزوفرم			0						
لیسول			0						
بیسولفیت‌منیزیم		۳	۱	0	۱	۱	0	0	0
کربنات‌منیزیم	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
کلریدمنیزیم	۳	۱	۱	0	۱	0	0	0	0
فلورایدمنیزیم	۱	۱	۱	0	۱	۱		۱	
هیدروکسیدمنیزیم				0	0	0			
منیزیم(مذاب)	۳	۱	۱	0					
نیترات‌منیزیم	۱	۱	0	0	۳	۳	۳	0	0
اکسیدمنیزیم	۱	0	0	0	0	0	0	0	۱
اکسی‌کلرید منیزیم	۱	۱	۱	0	0	0	0	0	0
سیلیکوفلوریدمنیزیم		۱	0	0		۱		۲	
سولفیت‌منیزیم	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
سولفات‌منیزیم	۱	۱	0		0	0	0	0	0
اسیدمالئیک	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
اسیدمالئیک، انیدرید	۳	۱	0	0	0	0	0	0	0
انیدریدمالئیک				0					
اسیدمالیک	0	۳	0	0	0	0	0	0	0
اسیدمالونیک	۱	۱	0	0	۱	۱	۱	0	۱
مالت	0	۱	0	0	0	0	0		0
مالتوز	0	0	0	0	0	0	0	0	0
دی‌اکسید منگنز		۱	0	0	۱	۱		۱	0
سولفات‌منگنز	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0

موادتهاجمی	آلیاژ مس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
کلریدمنگنز		۱	۱	0	۱	۱		0	0
کلریدمنگنز			0						
گوشت			0						
منتول	۱	۱	0		0	0	0	0	0
مرکاپتان	۱	۲	0	0	۱	۱	0	0	0
جیوه	۲	۱	0	0	0	۲	۱	0	۱
کلریدجیوه	۲	۲	۱	0	۲	۲			
سیانیدجیوه	۲	۲	0		۲	۲			
نیتراتجیوه	۲	۲	0		۲	۲			
نمک های‌جیوه	۲	۲						0	
مرسولات ها		۱	۱	0	0	0	0	۲	
مساموول(TM)				0					
متان	0	۱	۱	0	۱	0	0	۱	۱
متان				0					
متان‌کلروبروماید		0	0	0	0	0	0	0	
متانول	۱	۱	۱	0	0	0	0	۱	۱
متیل‌استات	۱	۱	۱	۱	۱	0	0	0	0
متیل‌اکریلات				0					
الکل‌متیلیک	0		0	0	0	0			
متیل‌آلدهید	۱	۱	0	0					
متیل‌آمین	۲	۱	۱	0	۱	۲			0
متیل‌بروماید	0	۱	۱	0	0	0	0	0	
متیل‌کلرید	۱	۱	۱	0	0	0	0	0	0
متیل‌کلرید				0					
متیل‌اتیل استون	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
متیل‌فرمیت	0	0	0	0	0	0	0		0
متیل‌ایزوبوتیل استون				0					
متیل‌متاکریلات				0					
متیل‌سالیسیلات				0					
متیلن‌کلراید	۱	۱	۱	0	0	0	0	0	0
شیر	۱		0	0	۱	۱			
ملاس	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
مونوبرومبنزن				0					
مورفین		۳	0	0				0	0
مورفولین	0	0	0	0	0	0	0	0	
ملات	۱	۱	۱	0	0	0	0	0	
خردل		۳	0						
نفتالین	0	0	0	0	0	0	0	0	0

موادتهاجمی	آلیاژمس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
نفتالین‌سولفونیک اسید		۱	۱	0	۱	۱	۱	0	۱
اسیدنفتنیک	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
نفتوکینولین		0	0	0				0	0
نفتول		۱	0	0	0	0	0	0	0
نفتولن۲ دی (™)				0					
نفتیلامین	۱	0	0	0				0	0
نفتیل‌آمین سولفونیک اسید	۱	۱	0	0				0	
موم‌نیبرن				0					
کلریدنیکل	۲		۱	0	۱	0	0	0	0
نیترات‌نیکل			0		۱	۱	۱	0	0
نمک های‌نیکل		۲	0	0					
سولفات‌نیکل	۱		0	0	۱	۱	0	0	0
اسیدنیتریک	۲	۱	0	0	۲	۲	۲	0	۱
اسیدنیتریک، غلیظ قوی.	۲		۱						
نیتروبنزن		0	0	0	0	0	0	0	0
نیتروژن	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
اسیدنیتروس			۱						
گازاکسید نیتروژن				0					
نووکائین			0						
عصاره‌بلوط	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
اسیداولئیک	۱	۱	0	0	۱	۱			
اولین				0					
اولئوم				0	۱	۱	۱	۱	۲
روغن‌زیتون				0					
اسیداگزالیک	۲		۱		۲	۱	0	0	۱
اکسیژن	0	۱	0	0					
صدف		۲	0			0			
ازن		۱	0	0	۱	۱		0	0
اسیدروغن پالم		0	0	0	0	0			
پارافین	0	0	0	0	0	0			
کره‌بادام زمینی		0	0		0	0	0		
پنتاکلرودی فنیل				0					
پنتان				0					
پرکلرواتیلن	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
اسیدپرکلریک	۲	۲	۲	0					
اتربنزینی			0						

موادتهاجمی	آلیاژ مس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
بنزین،گاز طبیعی	۱	۱	0	0	۱	۱	0	0	
نفت	۱	0	0	0					
فنول	۱		0	0	۱	۱	0	0	0
فنیل‌بنزن				0					
فنیل‌اتر				0					
فنیل‌هیدرازین				0					
اسیدفسفریک	۲	۱	0	0	۱	۱	۱	0	۱
انیدریداسید فسفریک			0						
کلریدفسفر				0					
اسیدفتالیک	0	۱	0	0	۱	۱	۱	0	0
مایع‌ترشی			0						
اسیدپیکریک	۲	۱	0	0	۲	۲			
روغن‌کاج				0					
پیریدین				0					
پلی‌گلیکول				0					
پتاس‌ایه	۱	۱	۱	0	0	0	۱	۱	۱
پتاسیم			0						
استات‌پتاسیم	0	0	0	0	0	0	0	0	0
بیسولفیت‌پتاسیم	0	۱	0	0	۱	۱		0	
بی‌سولفات پتاسیم			۱	0					
پتاسیم‌بی تارترات			۱						
برمیدپتاسیم	0	۱	۱	0	0	0	0	0	0
کربنات‌پتاسیم	۱	0	0	0	0	0			
پتاسیم‌کلرات		۱	0	0	0	0		0	0
کلریدپتاسیم	۲	۱	۱	0	0	0	0	0	۱
کروم‌سولفات پتاسیم	۱	۲	۱	0	۱	۱	0	0	0
سیانات‌پتاسیم			0						
سیانات‌پتاسیم			0						
سیانیدپتاسیم	۲	۱	0	0	۱	0	۱	0	۲
دی‌کرومات پتاسیم	0	۱	0	0	0	0		0	0
دی فلوئوریدپتاسیم			0						
پتاسیم‌فلوراید	0	0	0	0	0	0	0		
پتاسیم‌هیدروژن فلوراید	۱	۱	0	0	0	0	0		۲
هیدروکسیدپتاسیم	۱	۱	۱	0	0	0	۱	۱	۱
هیدروکسیدپتاسیم	۱	۱	۱	0	0	0	۱	۱	۱
هیپوکلریت‌پتاسیم		۱	۱	0	۱	۱		۱	0
یدات‌پتاسیم		۱	0	0				0	0
یدیدپتاسیم		۱	۱	0	0		0	0	0

موادتهاجمی	آلیاژمس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
مونوکرومات‌پتاسیم	0	۱	0	0	0	0		0	0
نیترات‌پتاسیم	۱	۱	۱	0	0	0		0	0
نیتریت‌پتاسیم	۱	۱	۱	0	0	0		۱	۱
اگزالات‌پتاسیم			0						
پرکلرات‌پتاسیم		۱	0	0	0	0		۱	۱
پرمنگنات‌پتاسیم	۱	۱	0	0	۱	۱		۱	
پراکسیدپتاسیم	۲	۱	۱	0	۱	0	۱	۲	
پرسولفات‌پتاسیم				0	۲	0	0	0	
فسفات‌پتاسیم	۱	۱	۱	0	0	0	۱	0	۱
رودانیدپتاسیم		۱	0	0	0	0	0	0	
سیلیکات‌پتاسیم	0	۱	0	0	0	0	0	۱	0
سولفات‌پتاسیم	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
سولفیدپتاسیم، سولفیت	۱	۱	0	0	۱	۱	۱	0	
پروپان	0	0	0	0	0	0			
پروپان‌کلروبروماید	۱	۱	0		0	0	0	0	
پروپیلن‌کلروبروماید	۱	۱	0		۱	۱	0	0	
اکسیدپروپیلن		۱	0	0					
محلول های‌پرونئ‌ینی	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
پیدراول(TM)				0					
پیریدین	۱	0	0	0	0	0	0	0	0
پیروکاتچین		۱	0		0	0	0	0	0
پیروگالول			0						
پیرول				0					
اسیدپیروویک		۲	0		0	0	0	0	
اسیدکینیک	0	۲	0	0	0	0	0	0	0
کینین	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
دی‌سولفات کینین	0	۲	0	0			0		
هیدروکلرایدکینین		۲	۲				0	0	
مونوسولفات‌کینین	0	۲	0	0	0	0	0	0	
سولفات‌کینین			0						
تارترات‌کینین	0	۱	0	0	0	0	0	0	
کینیزارین		0	0		0	0	0	0	0
کینولین	0	۱	0	0	0	0	0		
روغن‌کلزا				0					
رودینول	0	۱	0	0					
ساگروتان(TM)				0					

موادتهاجمی	آلیاژمس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
اسیدسالیسیلیک	0	۲		0	0	0			
آب‌دریا	۱	۲	0	0	0	0	۲	0	0
اسیدسیلیکوفلوریدریک	۲	۲	۱	0	۱	۲	۱	۲	۲
برمیدنقره	۲		0						
نیترات‌نقره		۲	0	0	۲	۲		0	
اسکایدرول(TM)				0					
سدیم	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	0	۱
استات‌سدیم	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
آلومینات‌سدیم	0	۱	0	0	0	0			
سدیم‌آلومینیوم فلوراید		0	0	0	0	0	0		۲
سولفات‌آلومینیوم سدیم	۱	۲	۱	0	۱	۱	0	0	
آرسنات‌سدیم، آرسنیت	0	0	0	0	0	0	0		
بنزوات‌سدیم	0	0	0	0	0	0	0	0	0
بی کربنات‌سدیم	۱	۱	0	0	0	0	۱		0
بی‌سولفیت سدیم	۲	۲	0	0	۱	0		0	0
بی‌سولفات سدیم	۲	۱	۱	0	۱	۱	۱	0	۱
بورات‌سدیم	۱	۱	۱	0	۱	0	0	۱	0
سدیم‌بور هیدرید			0						
برومات‌سدیم		۱	0	0				0	
برمیدسدیم		۱	۱	0	0	0	0	0	0
برومیت‌سدیم			0	0	0				
کربنات‌سدیم	۱	۱	0	0	۱	۱	0	۱	۱
کربنات‌سدیم			۱	0	0	۱			
کلرات‌سدیم		۱	0	0	۱	۱		0	0
کلریدسدیم				0					
کلریدسدیم	۱	۱	۱	0	۱	۱	0	0	۱
کلریت‌سدیم	۱	۲	۱	0	۱	۱	۲	۱	0
کلرواستات‌سدیم	۱	۱	0	0	0	0	0	0	
کرومات‌سدیم	0	۱	۱	0	0	0	0	0	0
سیترات‌سدیم			0						
سیترات‌سدیم		۱	0	0	۱		۲	0	
سیانامیدسدیم	۱	۱	0			0			
سیانات‌سدیم	۲	۱	0	0	۱				0
سیانیدسدیم				0	۱	۱		۱	۱
دی‌کرومات سدیم				0					
دی‌کرومات سدیم	۲				0	0	۲	۱	۱
دی فنیل سولفات‌سدیم		۱	0	0	0	0			
دی‌تیونیت سدیم	۲	۲	0	0	0	0	0	0	

موادتهاجمی	آلیاژمس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
سدیم‌دوئ‌ودسیل بنزن سولفونات	۱	۱	0	0	0	0	0		
اتیل‌سدیم		0	0	0	0	0			
سدیم‌اتیلن دی آمین نترا استات		0	0	0	0	0	0		
فلوئورواستات‌سدیم		0	0	0	0	0			
سدیم‌فلوروفسفات	0	0	0	0					
سدیم‌فرمیت	0	0	0	0	0	0	0	0	
گلوتامات‌سدیم	۲	۱	0	0	0	0	0		
هیدروکلرایدسدیم	۲		۱	0	۱	۱	۱	۱	۱
سولفیدهیدروژن سدیم	۲	۱	0	0			0		
هیدروکسیدسدیم	۲		۱	0	۱	۱	۱	۱	۱
هیدروکسیدسدیم	۲		۱	0	۱	۱	۱	۱	۱
هیپوکلریت‌سدیم	۲	۱	۱	0	۱	۱		0	0
هیپوکلریت‌سدیم	۲	۱	۱	0	۱	۱		0	0
یدیدسدیم		۱	۱	0	۱	0		0	0
نیترات‌سدیم	۱		0	0	۱	۱	۱	0	0
سدیم‌پربورات			0	0	0				
پرکلرات‌سدیم			0		0	0		۱	۱
پراکسیدسدیم	۲		0		۱	0	0		۲
فسفات‌سدیم	۱		0	0	۱	۱	۱	0	
آلیاژهای‌سدیم و پتاسیم	۱	۱	۱	0	0	۱	0	0	۱
پیروسولفیت‌سدیم			0	0		0			
سالیسیلات‌سدیم			0	0	0	0	0	0	
سیلیکات‌سدیم	۱		0	0	0	0	0	0	
سیلیکات‌سدیم	۱		0	0	0	0	0	0	
سولفیت‌سدیم	۲		0	0	0	0	0	0	0
سولفات‌سدیم	۱		0	0	۱	۱	۱	0	۱
سولفیدسدیم	۱		۱	0	۱	۱	۱	۱	0
تیوسولفات‌سدیم	۱		0	0	0	0	0		0
صابون‌نرم، کف	۱	0	0	0					
شارلحیم کاری	۱	۱	۱	0	0	۱			
حمام‌چرخشی			۱	0					
کلریدقلع	۲	۲	۱	0				0	
اسیداستئاریک	۱	۲	0	0	0	0			
استایرن				0					
اسیدسوکسینیک	0	۱	0	0	0	0	0	0	0
شیره‌چغندر قند					0				
محلول‌شکر	۱	۱	0		0	۱			
سولفیت‌ایه	۲	۲	0	0	۲	۲	0	0	0

موادتهاجمی	آلیاژ مس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
گوگرد	۱	۱	0	0	۱	۱	۱	0	0
گوگرد،جوشان	۱	۱	۱						
کلریدگوگرد (خشک)	0								
دی‌اکسید گوگرد	۱	۱	0	0	۱	0	۱	0	۱
اسیدسولفوریک	۳	۳	۱	0	۱	۱	۱	0	۱
انیدریدسولفوریک		۳		0					
اسیدسولفورو	۲	۱	0	0					
کلریدگوگرد	۱	0	0	0	0	0		0	۲
تانن	۱		0	0					
تانن	۱	۱	0	0	۱	۱			
قیر،خالص	۱	۳	0	0					
اسیدتارتاریک	۲		۱	0	۱	۱			
تتراکلرواتان	۱	۱	۱	0					
تتراکلرواتیلن				0					
تتراهیدروفوران				0					
تترالین				0					
کلریدقلع		۳	۱	0	۱	۱	0	0	0
محلول‌کلرید قلع				0					
قلع،مذاب، ۳۰۰درجه‌سی	۲	۳	0						
قلع،مذاب، ۵۰۰درجه‌سی	۲	۳	۳						
تتراکلریدتیتانیوم				0					
تولوئن	0	۱	0	0	0	0			
روغن‌ترانسفورماتور				0					
تریبوتوکسی‌اتیل فسفات				0					
تریبوتیل‌فسفات				0					
اسیدتری کلرواستیک			۳	0					
تری کلرواتان				0					
تری‌کلرواتیلن	۱	۱	0	0	0	0	0		۱
تری‌کلرو اتیل فسفات				0					
تری کرزیل فسفات				0	0		0		
تری‌اتانول آمین				0					
تری‌اتیل گلیکول				0					
تری‌سدیم فسفات			0						
تربانتین	0	۱	0	0	0	0			
فلورایدهای‌اورانیوم					0	0	۱	۳	
اوره	۱	۱	0	0	۱	۱	0	0	0

موادتهاجمی	آلیاژمس	فولاد	۳۱۶ استاس	PTFE	نیکل	مونل	هاستلوی	تانتا- لوم	تیتا- نیوم
رزین های‌اوره	0	۱	0		0	0	0		
اسیداوریک		۲	0	0	0	0	0	0	
ادرار			0						
لاک‌الکل	0	۱	0	0	0	0	0	0	
وازلین			0						
سبزیجات			0						
قیرگیاهی، زغال چوب	0	۱	0	0	0	0	0	0	
سرکه			0	0					
وینیل‌استات			0	0					
وینیل‌استات اسید استیک				0					
وینیل‌کلراید				0	۱	۱	۱	0	
ویسکوز				0					
روغن‌شستشو		۱	0			0	0		
آب	۱	۲	0	0	0	0			
شراب	۱	۲	0	0					
سفیدآی				0					
آلیاژچوب				0					
زایلامون			0						
زایلن			0	0	۱	۱			
زایلن-دی متیل فرمامید				0					
مخمر	۱	۱	0	0	0	0	0	0	0
کلریدروی	۲	۱	۱	0	۱	0	۱	0	۱
روی،مذاب ۳۰۰درجه‌سی	۲	۲	0						
روی،مذاب ۵۰۰درجه‌سی	۲	۲	۲						
نمک های‌روی				0					
سولفات‌روی	۲	۲	0	0	۱	۱			

افساته

0 = مقاومت‌در برابر خوردگی خوب، در الچفک:نه نه‌یا وی اری‌اسلی گاری‌هم.

۱ = صورت‌حمله، ممکن است از مقاومت در د درسر تین‌سی السفس.

۲ = برابرخوردگی استفاده نشود، قوی است گرآم‌تاک کدرقالب هورت‌تی متر.

اگرهیچ رتبه بندی ارائه نشده باشد، ما اطلاعاتی در مورد خواص مقاومتی نداریم.

شماره های‌نوع WIKA

درادامه راهنمای سیستم شماره گذاری مدل WIKA آمده است.

۰ ۴ ۳ ۱ ۲

قطعات‌خیس شده
(قطعاتی که با سیال در تماس هستند)

۰ = طراحی‌ویژه
۱ = آلیاژمس (برنج) ۲
= فولاد
۳ = فولادضد زنگ
۴ = آلیاژ آهن نیکل (Ni-Span C)®) پلاستیک (۵ =
به‌پوشش یا آستر اشاره دارد، نه عنصر
حسگرواقعی) آلیاژ نیکل - مس (مونل®)
۶ =

نوع‌ساز پایه
(سری آلات موسیقی)

۱ = گیج های‌تست و آزمایش دقیق با
۲ = طراحی‌صنعتی و کیفیت بالا، طراحی
۳ = استانداردو عمومی، سیل گیج®گیج های ۴ =
دیافراگمی،گیج های فشار مطلق،
۵ = گیج های‌فشار کپسولی (فشار پایین)
۶ =

۷ = گیج های‌فشار تفاضلی و
دوطرفه
۸ = خطترونیک
۹ = مهرو موم های دیافراگمی

پرکردن پرونده

۰ = نوع‌ویژه
۱ = نوع‌استاندارد
۲ = افزایش‌محافظت در برابر آب (
مقاوم‌در برابر پاشش آب) - محفظه
۳ = خشک‌با محفظه پر شده با مایع یا
آماده‌برای پر شدن
۴ = مسکن‌مربع یا مستطیل شکل

ویژگی های‌طراحی

۱۰ = طراحی‌استاندارد -
(اتصال پایه پایینی در "سری
100")
۱۱ = گیج های‌گاز فشرده یا فولاد ضد زنگ
کوچک
۱۲ = طراحی‌استاندارد -
(اتصال نصب مرکزی در پشت در "
سری100")
۱۳ = محفظه‌پلاستیکی ABS پر شده با مایع،
۱۵ = گیج‌مخصوص از جنس استیل ضد زنگ

۲۰ = قاب‌سنگین، معمولا بّا حلقه
سرنیزه ای،لنز جداگانه و محافظت
بیشتردر برابر گرد و غبار و پاشش آب

۲۵ = طراحی‌حلقه لولایی

۳۰ = قاب‌جلویی محکم، قاب پشتی بادخور
(قاب ایمنی).
۳۴ = محفظه‌ترموپلاستیک تقویت شده با
فایبرگلاس- "گیج فرآیند"

۴۰ = جعبه‌برنجی آهنگری شده.
۴۱ = طراحی‌ویژه برای صنعت معدن

۵۰ = تماما آز جنس استیل ضد زنگ، مانیتور یا
۵۲ = کنترل کننده‌چگالی گاز، محفظه استیل
۵۳ = ضدزنگ، اورینگ یا اتصال جوش داده
شده‌به سوکت،
قاب‌حلقه ای چین دار
۵۴ = بدنه‌ضد زنگ، اورینگ یا اتصال جوش
داده‌شده به سوکت، حلقه سرنیزه ای

ویژگی های‌خاص

برخی‌از محصولات ممکن است حروف اضافی درکد نوع داشته باشند. این معمولا نَشان دهنده یک‌ویژگی یا کاربرد خاص است.

این‌صفحه خالی ماند
عمداً.

۴.۳شرح نمادهای استفاده شده

بخش:۱ اندازه گیری فشار

تعیین‌نماد		یادداشت ها
الف	منطقه	
سی	ظرفیت‌الکتریکی	
سp ی	اندازه گیری‌ظرفیت خازنی	
سr ی	ظرفیت‌مرجع	
ای	مدول‌الاستیسیته	
ای پی	نقطه‌پایانی نیروی لوله بوردون	
ف		
ایf شاخص	نشان‌دهنده خطا	
فn ایrl	نیروی‌عمودی، یعنی نیرویی که عمود بر نقطه اعمال آن عمل می کند، خطای نسبی را نشان‌می دهد	
جی	وزن	
جی	گشتاورسطح مقطع لوله؛ گشتاور بازگرداننده شعاع مرکز	
م	جرم‌لوله بوردون	
ر		فقط۱-۱۵:*()*
ر	شعاع‌آزاد یک دیافراگم نصب شده مقاومت	فقط۱-۳۶:*(،)*۱-۳۷
ر	الکتریکی،مقاومت مؤثر مقاومت الکتریکی	
Δر	دیفرانسیلی	
ر الف	امپدانس‌بار	
آر(پ)	مقاومت های‌وابسته به فشار، سطح مقطع یک هادی	
س	الکتریکی،انحراف کامل در مقیاس	
اف‌اس دی		
تی	دما	
یوs	ولتاژتغذیه	
یوsmin	حداقل‌ولتاژ تغذیه	
یوs	ولتاژسیگنال	
یوای	ولتاژافست	
پنجم Δپنجم	حجم،گنجایش	
پنjم	تغییرحجم لوله بوردون، یا حجم جابجایی دیافراگم تحت فشار،	
پنiجم	ظرفیت‌لوله بوردون در فشار اسمی، ظرفیت لوله بوردون در 0 =	
دبلیو	p	
دبلیوگاز	ای	
ایxس	انرژی	
ایixس	انرژی‌مایع تحت فشار، انرژی گاز	
الف	تحت‌فشار	
ب	مقدارانداره گیری شده نشان داده شده (نشانگر واقعی)	
ج	مقدارانداره گیری شده صحیح (نشانگر مورد نظر)	
د	نیم محوربزرگ سطح مقطع لوله بوردون، نیم محور کوچک سطح	
ف (ه)	مقطع‌لوله بوردون، بخشی از پروفیل موج دار دیواره دیافراگم،	
	ضخامت‌دیواره دیافراگم یا لوله بوردون، ضرایب تغییر انحنای	
	المان های‌فنری فشار پایین یا فشار بالا	
ای	بخشی‌از پروفیل موج دار یک دیافراگم	

نماد	تعیین	یادداشت ها
C_{f_1}	ضرایب‌تنش خمشی المان های فنر فشار پایین یا فشار بالا،ضریب سختی فنر	
C_f	ضریب‌تابع کمکی وابسته به اندازه و فشار برای شتاب	$f(q,p)$
گرم	ناشی‌از گرانش	
گ(...)	تابع‌کمکی وابسته به اندازه و فشار، ارتفاع شکل دهی	
ح	دیافراگم	فقط:(شکل های ۷۱.۱؛ ۷۲.۱)
Δح	اختلاف‌ارتفاع یک ستون مایع با درجه	
ک	کوپلینگ	فقط(۱-۳۹:
ک	ضریب‌تناسب ثابت k ضریب	
ک	کرنش سنج ها	فقط(۱-۷۰:
کفرمز	ضریب‌کاهش برای محاسبه دیافراگم های موج دار	
ک	طول‌فاصله از نقطه قطبی تا نقطه انتهایی لوله بوردون، طول یک سیم مقاومتی	
ل		
ل	طول‌فاصله صفحات موجدار دیافراگم	فقط(۱-۳۸:
ل		فقط(۱-۳۷:
متر	جرم،وزن به عنوان عدد حاصل از توزین،	
ن	شکل‌کلی	
ص	فشار	
صمطلق	فشارمطلق فشاراتمسفر	
صمحیط	محیط	
Δصمثبت	فشارمثبت، اختلاف فشار اتمسفری اختلاف بین دو فشار p -	
Δص	$p_1 - p_2$	
رصن	فشاراسمی دستگاه (fsd) شعاع متوسط	
ر	مایع‌جداکننده	فقط(۱-۱۵:
رای	شعاع‌انحنای لوله بوردون بدون بار، میزان نشتی	
رمیان		
ها	مسیربهاری	
تی	زمان،بازه زمانی، مدت زمان	
وی	میانگین‌سرعت مولکولی	
آلفاتشکل	زاویه‌شیب، زاویه چرخش، زاویه بین مرکز چرخش یک	
بتا	قطعه،نقطه کنترل و نقطه پایانی EP	
ε	کشیدگی،تغییر نسبی طول	
ε_0	ثابت‌میدان الکتریکی، ثابت دی الکتریک خلأ، ثابت گذردهی	
ε	الکتریکی(ثابت دی الکتریک)	
کاپا	تراکم پذیری‌یک مایع، مقدار مشخصه یک لوله	
λ	بوردون،مقاومت الکتریکی مؤثر ویژه، تغییر	
پی	مقاومت‌الکتریکی ویژه، چگالی مایع پرکننده	
Δp		
پی		
پیهوا	چگالی‌هوا	
حکره	نسبت‌پواسون	
چگالی	چگالی،جرم وابسته به حجم،	
سختیوا	استحکام‌تسلیم کششی	
سختیحداکثر	حداکثرتنش خمشی، استحکام نهایی، زاویه سیم پیچ	
Ψ_0	یک‌لوله بوردون بدون بار	

نماد	تعیین	یادداشت ها
ψ_1	زاویه‌کویل یک لوله بوردون باردار، تغییر	
ω	نسبی‌انحنا	

بخش:۲ دماسنجی

تعیین‌نماد		یادداشت ها
الف	سطح‌مقطع یک میله	
الف	ناحیه ای‌از یک لوله محافظ که در معرض سطح	فقط(۳-۳۴:
الف	دماسنج‌جریان قرار دارد	فقط(۳-۵۶:
الف	خمیدگی‌یک نوار دوفلزی رابط بین دو ماده، مسیر در	فقط(۳-۸۳:
الف $_{الا}$	فاصله‌r از یک حلقه مارپیچ دوفلزی، ناحیه یک لوله	فقط(۳-۵۲:
ف	محافظ‌استوانه ای، خمیدگی جزئی سرکوب شده یک	
$_{الف}$	نواردوفلزی، ثابت وابسته به فرم و ماده یک مقاومت	
$_{الNTC}$	NTC	
ب		
سی	ظرفیت‌خازنی	
سی	ثابت	فقط(۳-۳۷:
سی	ثابتی‌که به عنوان ظرفیت جذب حجمی وابسته به نوع دماسنج‌نامیده می شود، سرعت صوت وابسته به دما در	فقط(۳-۹۵:
سی(تی)	گاز،سرعت صوت در گاز در دمای مرجع، ضریب تصحیح T	
سی	برای‌دمای آب $_{0}$	
$_{سی}$		
$_{سیپی}$	ضریب‌تصحیح برای زاویه جریان ورودی، ضریب تصحیح	
$_{سیپیس}$	برای‌پوشش و/یا آلودگی یک لوله محافظ	
$_{سی}$	ثابت‌تابش فنی	
$_{سیدی}$	میانگین‌ظرفیت حرارتی ویژه یک دماسنج، میدان الکتریکی	فقط(۳-۷۳:
ای		
ای	مدول‌الاستیسیته یک ماده، حساسیت یک دماسنج	فقط(۳-۳۶:
ای	مایع‌در شیشه، خطای خودگرمایی یک دماسنج در	فقط(۳-۸۳:
ای	آب،خطای خودگرمایی یک دماسنج در هوا	
$_{ای}$		
$_{ایکس}$	خطای‌خودگرمایی دماسنج در محیط اندازه گیری شده X نیروی تنظیم نوار	
ف	دوفلزی	
ف(پ)	پاسخ‌فرکانسی مختلط یک عنصر تأخیری	
$_{ف}$	نیروی‌تنظیم با خمش جزئی سرکوب شده یک نوار دو فلزی، حداکثر نیروی مجاز	
$_{فاجاره‌دادن}$		
$_{ف}$	خطای‌اندازه گیری نسبی در هوا مطابق با VDI/VDE 3522 نیروی فشاری	
$_{فالف}$	محوری‌یک لوله محافظ در فرکانس محیط جاری در دمای مرجع T	
ف $_{0}$		
$_{فایکس}$	خطای‌نسبی نصب دماسنج در محیط اندازه گیری شده ضریب X رسانایی حرارتی یک	
$_{جفام}$	مقاومتNTC	

نماد	تعیین	یادداشت ها
I_{meas}	جریان‌اندازه گیری	
χ	مشخصه‌دماسنج گشتاور اینرسی هندسی	
K_{θ}	محوری	
L_{θ}	چگالی‌طیفی تابش یک جسم سیاه با دمای T طول یک میله در دمای θ_0	
L_{λ}		
L_0	طول‌اولیه میله در دمای θ_0	
ΔL_{θ}	تغییردیفرانسیلی طول یک میله (به عنوان تابعی از تغییر دیفرانسیلی دما)	
م	گشتاور	
M_{yy}	گشتاوریک بی متال با حرکت کاملا سَرکوب شده گشتاور چرخشی در نقطه گیره یک لوله محافظ،ناشی از نیروی فشار دینامیکی.	
M_1		
M_2	گشتاورخمشی در نقطه گیره یک لوله محافظ ناشی از نیروی فشاری محوری	
پ	اتلاف‌توان یک ترمیستور که توان	
پنجم	حرارتی‌منتقل شده را منتقل می کند	
P_S	انرژی‌حرارتی منتقل شده از طریق تابش، خروجی	
P_{el}	الکتریکی‌با جریان اندازه گیری I، خروجی الکتریکی $_1$	
P_2	باجریان اندازه گیری I، مقدار گرما $_2$	
س		
س	نیروی‌فشار دینامیکی ر	فقط(۲-۳۴:)
مقاومت		
ر	ثابت‌جهانی گازها	فقط(۲-۹۷:)
R_{T_0}	مقاومت‌دماسنج مقاومتی پلاتینی در دمای T مقاومت دماسنج مقاومتی پلاتینی.	
ر (273.16)	دردمای نقطه سه گانه آب	
$R_{(T)}$	مقاومت‌وابسته به دما در یک حسگر مقاومت فلزی (دماسنج) در دمای t	
R_0	مقدارمقاومت یک دماسنج مقاومت فلز در دمای مرجع t	
$R_{interface}$	مقاومت‌کل وابسته به دما در یک مقاومت PTC مقاومت دانه ای در	فقط:(شکل)۹.۲
ر دانه	یک‌مقاومت PTC	
ر مرزدانه	مقاومت‌وابسته به دما در لایه های مرزی دانه یک مقاومت PTC	
لایه ها		
R_{min}	حداقل‌مقاومت یک مقاومت PTC مقاومت مرجع یک	فقط:(شکل)۱۰.۲
ر ب	مقاومتPTC مقاومت یک مقاومت PTC در ناحیه	
ر ص	شیب دارمقاومت یک مقاومت NTC در دمای T	
ر تی	مقاومت‌یک مقاومت NTC در دمای مرجع T	
ر تی0		
R_{T_0}	مقدارمقاومت یک مقاومت NTC در دمای T	
R_{T_1}	مقدارمقاومت یک مقاومت NTC در دمای T	
R_{T_2}		
ر ای	عددرینولدز	
ر س	مقاومت‌حسگر	
ر ایرول	مقاومت‌عایقی یک دماسنج مقاومتی	

تعیین‌نماد		یادداشت ها
س	توان‌ترموالکتریک	
سالف	توان‌ترموالکتریک یک رسانای فلزی A توان	
س	ترموالکتریک‌یک رسانای فلزی B عدد استروهال	
حسابان		
تی	دما	
تیس	دمای‌کوری	
تی	دمای‌نقطه سه گانه دمای آب بر حسب کلوین	
تی		
تی	دمابر حسب درجه رانکین	
تی	دمابر حسب کلوین، اندازه گیری شده بر اساس مقدار دمای 90	
ای	ITS	
تیم	مقاردما	
تیص	دمای‌بالاتر از نقطه مرجع یک مقاومت PTC، دمای مرجع (یک مقاومتNTC)	فقط:(شکل)۱۰.۲
تی	دمایی‌که در آن مقاومت PTC حداقل مقاومت را نشان می دهد، دمای سطح یک دماسنج	فقط:(شکل)۱۰.۲
تی	دمای‌سطح محیط اندازه گیری شده دمای ظرف محیط	
تی	اندازه گیری‌شده X	
تی	دمای‌حسگر در محیط اندازه گیری شده X دمای دیواره یا	
تی	فلنج‌دماسنج دمای دماسنج در زمان t	
تی	ولتاژدمای متوسط اندازه گیری شده	
یو		
یو	ولتاژهدایت یک دیود، ولتاژ خازن در زمانt	
یو	ولتاژفرآیند در ورودی یک المان RC، خطای خودگرمایی	
یو	یک‌دماسنج مقاومتی، ولتاژ ترموالکتریک	
یو		
دیفرانسیل	گرادیان‌منحنی ترموالمنت در دمای نقطه مرجع	
دیفرانسیل	گرادیان‌منحنی ترموالمنت در دمای نقطه اندازه گیری	
پنجم	حجم	
پنجم	حجم‌یک مایع در دمای θ حجم یک مایع در	
پنجم	دمای θ حجم مربوط به مقدار ماده $_0$	
پنجم	حجم‌مؤثر فنر یک دماسنج فنر مایع پارامتر رفتار انتقال دماسنج	
پنجم		
پنجم	پارامترخودگرمایش دماسنج	
پنجم	حجم‌حباب دماسنج فنر مایع، حجم فاصله زیاد دماسنج فنر مایع، پارامتر	
پنجم	زمان‌انتقال دماسنج	
پنجم		
دبلیو	انرژی	
دبلیو	گشتاورمقاومت یک لوله محافظ در نقطه گیره، نسبت مقاومت یک	فقط:(۲-۳۹)
ورودی(گرما) ۹۰	دماسنج‌مقاومتی پلاتینی، حداکثر ظرفیت انرژی یک مارپیچ دوفلزی	
دبلیو		
حداکثر		

نماد	تعیین	یادداشت ها
z_{α}	ضریب‌فرکانس زاویه ای خمش حرارتی ویژه لوله	
α	ضریب‌دمای ویژه ماده از ثابت نوع ویژه مرتبه اول یک ترمیستور	فقط(۲-۱۹):
α	ترموخطی،ثابت های گاز ویژه	فقط(۲-۲۶):
α_{lb}		فقط(۲-۹۷):
α_{lf}	ضرایب‌دمایی مرتبط با کوارتز، ضریب تبدیل برای مایعات‌نسبت به دمای آب، ضریب تابش گرمایی	
α_{lf}		
α_{lf}		
b	عرض‌نوار دو فلزی	
b	ضریب‌دمای ویژه ماده از نوع مرتبه دوم ثابت ویژه یک ترمیستور	فقط(۲-۱۹):
b	ترموخطی‌ضریب دمای ویژه ماده از مرتبه سوم ثابت پلانک دوم با	فقط(۲-۲۶):
c	مقدار$k \cdot m \; C = 0.014388$ مشخص شده در ITS 90	
c_2		
$c_{هفتم}$	ضریب‌انتقال حرارت داخلی یک دماسنج با قطر خارجی یک لوله	
$d_{الف}$	محافظ	
$d_{من}$	قطرداخلی یک لوله محافظ، خمیدگی یک لوله محافظ در	
f	معرض‌جریان، خطای نشانگر دماسنج فنر مایع، فرکانس	
f	گرداب‌یک لوله محافظ در معرض جریان عرضی	فقط(۲-۹۶):
$f_{سلام}$		
f_r	فرکانس‌رزونانس یک لوله محافظ، فرکانس	
$f_{ار}$	محدودکننده	
$f_{الف(تی)}$	فرکانس‌خروجی وابسته به دما در یک مدار نوسانی	
h	ثابت‌پلانک	
k	ضریب‌اصلاح	
k	ثابت‌بولزمن	فقط:*(2-30)*
$k_{آ}$	ثابت‌وابسته به ماده	
$k_{ش}$	اصلاح‌رزوه دماسنج مایع در شیشه، طول کلی لوله محافظ	
l		
l	طول‌خط مویین دوردست دماسنج فنر مایع، طول مقطع رزوه	فقط(۲-۹۶):
l		فقط(۲-۸۳):
n	مقدارگاز بر حسب تعداد مول بر فشار	
p		
Δp	تغییرفشار داخلی گاز	
s	سطح‌مقطع داخلی لوله مویین دوربرد یک دماسنج فنر مایع	
$r_{الف}$	شعاع‌خارجی یک لوله محافظ شعاع داخلی یک لوله	
$r_{من}$	محافظ‌فاصله از مرکز مارپیچ دو فلزی ضخامت یک	
$r_{ار}$	نواردو فلزی	
$t_{ها}$		
$t_{تی}$	دمابر حسب درجه سانتیگراد، دما در نقطه اندازه گیری	
$t_{تی}$	دماسنج،اختلاف دما	فقط(۲-۱۰۰):
$\Delta t_{تی}$		
$\Delta t_{تی}$	نشان‌دهنده خطای دماسنج مقاومتی	فقط(۲-۹۹):

تعیین‌نماد		یادداشت ها
Δt_{ti}	انحراف‌دمای نقطه مرجع از 0درجه‌تغییر دمای محیط نسبت	فقط(۳-۱۰۰:(
Δt_{ti}	به‌دمای مرجع	
Δt_{tiv}	دمای‌بیش از حد	فقط(۳-۹۶:(
t_{ti}	دمابر حسب درجه سانتیگراد	
t_{ti}	دمای‌رزوه دماسنج مایع در شیشه، دما بر حسب درجه فارنهایت	
t_{ti}		
t_{ti}	دمای‌نامی رزوه دماسنج مایع در شیشه زمان انتقال دماسنج در محیط	
t_{tis}	اندازه گیریX زمان انتقال دماسنج در هوا	
t_{ti}		
t_{ti}	زمان‌انتقال دماسنج در آب، زمان شروع به کار	
t_{ti}		
t_{ti}	زمان‌پاسخ 10٪ یک دماسنج زمان پاسخ 50٪	
t_{ti}	یک‌دماسنج زمان پاسخ 90٪ یک دماسنج	
t_{ti}		
t_{tg}	دمابر حسب درجه سانتیگراد، اندازه گیری شده بر اساس میانگین مربعات ولتاژنویز ITS 90	فقط:(صفحه)۱۴۳
v_t	سرعت‌جریان دمای محیط بر حسب درجه‌سانتیگراد، دمای مرجع	
d_t		
α	ضریب‌دمای خطی تغییر دمای تفاضلی بر حسب درجه سانتیگراد	
α	زاویه‌چرخش مارپیچ دو فلزی	فقط(۳-۸۷:(
α	ضریب‌انبساط خطی مخزن دماسنج، ضریب انتقال حرارت ویژه در سطوح‌مشترک، ضریب انتقال حرارت ویژه در آب	فقط(۳-۹۵:(
α		
α	ضریب‌انتقال حرارت ویژه در آب در دمای 20درجه‌ضریب	
α	انتقال‌حرارت ویژه C در هوا	
α	ضریب‌انتقال حرارت ویژه در هوا در دمای 20درجه	
α	ضریب‌انتقال حرارت ویژه C برای مایعات ضریب	
α	انتقال‌حرارت ویژه گازها ضریب انتقال حرارت تابشی	
α		
α	ضریب‌انتقال حرارت کلی ویژه یک دماسنج ضریب انتقال حرارت	
α	مؤثریک دماسنج در محیط اندازه گیری شده X	
α		
α	ضریب‌انتقال حرارت دماسنج در محیط	
α	اندازه گیری‌شده X	
α	ضریب‌انتقال حرارت دماسنج در محیط	
α	اندازه گیری‌شده M	
α	ضریب‌انتقال حرارت دماسنج در هوا مطابق با VDI/VDE3522	
α	ضریب‌انتقال حرارت مؤثر دماسنج در محیط اندازه گیری شده M	
α	ضریب‌انتقال حرارت مؤثر دماسنج در هوا مطابق با 3522 VDI/VDE	
β	ضریب‌دمای مکعبی	
$\varepsilon(t_0)$	خطای‌پاسخ نسبی دینامیکی (عنصر RC)	

تعیین‌نماد		یادداشت ها
(δت)	خطای‌پاسخ نسبی دینامیکی دماسنج، درجه گسیل دماسنج،	
ε	تراکم پذیری‌سطح	
سی		
گاما	ضریب‌انبساط نسبی ضریب انبساط حجمی تابع	
گاما	پاسخ‌نسبی یک عنصر RC تابع پاسخ نسبی یک	فقط(۲-۹۵:(
(الف ن)	دماسنج‌طول موج نسبت به خلاء	
η)t(		
λ		فقط(۲-۱۴:(
λ	ویسکوزیته‌سینماتیک	
λ	رسانایی‌گرمایی ویژه یک ماده، ویسکوزیته یک محیط	
v		
پی	چگالی‌هوا چگالی‌محیط	
پی	جاری	
سگای	تنش‌مماسی برای سیلندرهای تحت فشار خارجی، تنش خمشی ناشی از نقطه	
سگاپ	گیره‌لوله محافظ، تنش مرجع لوله محافظ در نقطه گیره، حداکثر تنش مجاز	
سگپ‌انجم	یک‌ماده	
سگم‌جاره‌دادن		
ت	ثابت‌زمانی دماسنج، ثابت زمانی عنصر RC،	
تسی	ثابت‌زمانی تأخیر دماسنج، ثابت زمانی	
ت۲،۱ت	دماسنج،فرکانس زاویه ای دماسنج	
تانجم		
ω		
ω	فرکانس‌زاویه ای حاصل از یک لوله محافظ فرکانس	فقط(۲-۴۹:(
ωر	زاویه ای‌یک لوله	
ωب	فرکانس‌زاویه ای یک میله بدون جرم با عدد مقاومت ویژه لوله	
ξ	محافظ‌جرم نقطه ای	
Ψ)w(	جابجایی‌فاز	

بخش:۳ الزامات‌مهندسی فرآیند برای اندازه گیری فشار و دما

نماد	تعیین	یادداشت ها
الف	ناحیه‌پیستون	
سی	ظرفیت‌خازنی	
من	برق	
من	جریان‌تخلیه در طول فاز تجزیه تعداد منطقی "یک ها"	
ن		
نم	تعدادمقاومت های منطقی "	
ر	صفر"	

نماد	تعیین	یادداشت ها
r_{in}	امپدانس‌داخلی	
r_l	امپدانس‌بار	
ps	افزایش‌ولتاژ در طول فاز ادغام، افزایش ولتاژ در	
ps_2	طول‌فاز تجزیه، انحراف معیار	
s^2		
s^2_{ch}	واریانس‌تجربی تخمین زده شده، واریانس	
s_{ch}	حاصل‌را نشان می دهد	
u	ولتاژ	
u_{max}	ولتاژخطا	
u_{min}	ولتاژمدار اندازه گیری، ولتاژ	
$u_{rms}(T_1)$	انتگرال گیری‌شده در زمان T، $_1$	
u_{ref}	ولتاژمرجع	
u_{out}	ولتاژخروجی	
u_{ref}	ولتاژترموالکتریک یک ولتاژ مرجع استاندارد سلول	
Δp_{in}	درΔولتاژ ورودی ترانسفورماتور درΔانرژی شارژ	
p_{trig}	ترانسفورماتور،انرژی میدان مغناطیسی خازن،	
w_{sb}	انرژی‌اندوکتانس، حد بالایی برای مقدار	
w_{bl}	اندازه گیری‌شده x حد پایینی برای مقدار	
α_{in}	اندازه گیری‌شده x شتاب گرانش موضعی$_{in}$	
g_m		
متر	جرم	
n	تعدادمقادیر اندازه گیری شده،	
t_{ad}	دوره‌ادغام	
to	خطای‌کل	
w_{in}	میانگین‌حسابی	
w_j	اندازه گیری‌تکی (j=1...n)	
x_{ik}	تخمین‌متغیر X از یک سری$_{in}$n اندازه گیری ضرایب دما برای ضریب	
α, β	تغییرشکل تعادل فشار	
λ_{pl}		
ρ_{in}	چگالی‌جرمی	
ρ_{al}	چگالی‌هوا	

۴.۱۴اختصارات

آگهی	کمیسیون‌کاری آلمان برای مخازن تحت فشار، کمیته واحدها
AEF	وابعاد در استاندارد DIN
ای‌اف ام	کمیسیون‌کاری آلمان برای اندازه گیری در تولید، سازمان استاندارد فرانسه
آفنور	
آجی آر	کمیسیون‌کاری آلمان برای منطقی سازی
آی‌اف	کمیسیون‌کاری انجمن های تحقیقات صنعتی آلمان، موسسه آهن و فولاد
آیسی	آمریکا
	خیابان‌چهل و دوم شرقی، پلاک ۱۵۰، نیویورک، نیویورک ۱۰۰۱۷، ایالات متحده
ANS	آمریکا،استاندارد ملی آمریکا (قبلاً: USAS [به ANSI مراجعه کنید])
ANS	انجمن‌هسته ای آمریکا، خیابان اوگدن شرقی، پلاک ۲۴۴، هینزدیل، ایلینوی، کد پستی ۶۰۵۲۱، ایالات
موسسه‌استاندارد و تحقیقات صنعتی آمریکا (ANSI)	متحده‌آمریکا، موسسه استانداردهای ملی آمریکا
	شرکت۱۴۳۰. برادوی، نیویورک، نیویورک ۱۰۰۱۸، ایالات متحده آمریکا (قبلاً: USASI)
آسا	انجمن‌استانداردهای آمریکا (اکنون: ANSI)
اشری	انجمن‌مهندسان گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع آمریکا، انجمن مهندسان مکانیک آمریکا
ASME	
آی‌وما	کمیته‌نمایشگاه ها و بازارهای تجاری صنعت آلمان، انجمن صنایع آهن و
آوی	فلزکاری‌آلمان، کمیته آلمانی برای تولید کارآمد
ای‌دبلیو اف	
رایطبرنامه نویسی کاربردی	موسسه‌نفت آمریکا، موسسه آزمایش
بم	موادآلمان، فدراسیون صنایع آلمان،
بی‌دی ای	موسسه‌استاندارد بریتانیا
بی‌اس ای	
بی‌وی اس	آزمایشگاه‌تست معدن آلمان (دورتموند) وزارت کار و امور
بی‌ام ای	اجتماعی‌آلمان کمیسیون بین المللی مهندسی برق
سی‌ای ای	
سی‌ای	کمیسیون‌بین المللی صدور گواهینامه انطباق تجهیزات الکتریکی کمیته اروپایی هماهنگی
سن	استانداردها
سنلک	کمیته‌اروپایی استانداردسازی الکتروتکنیک، کمیته بین المللی اوزان و
سی ای پی ام	مقیاس ها،اداره اوزان و مقیاس های آلمان
دامگ	
دی پی جی ام	مدل‌کاربردی آلمانی
دی‌پی پی	ثبت‌اختراع آلمان
دچما	انجمن‌تجهیزات فرآیند شیمیایی آلمان، انجمن آلمانی برای
دی جی دبلیوکی	علامت گذاری‌محصول
دین	موسسه‌استاندارد آلمان، طبقه بندی
دی‌کی	اعشاری‌جهانی، خدمات کالیبراسیون
دی‌کی دی	آلمان
دی وی دی دبلیو	انجمن‌متخصصان گاز و آب آلمان، انجمن آزمایش مواد
دی‌وی ام	آلمان
دی‌وی اس	انجمن‌جوشکاری آلمان، جامعه
ای‌سی	اروپایی
انگلیسی	استانداردداروپایی
جی‌اس	مهرتأیید: «آزمایش شده برای ایمنی» انجمن تحقیقات
جی‌وی تی	مهندسی‌فرآیند آلمان، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک،
کمیسیون‌مستقل انتخابات	انجمن‌بین المللی کنترل اتوماتیک
ایفاک	

آکبی	کدحفاظت بین المللی سازمان بین المللی
ایزو	استانداردسازیکمیته فناوری هسته ای آلمان استاندارد
کدی ای	هوانوردیآلمان
ال ان	
سیستمMKSA	سیستممتر-کیلوگرم-ثانیه-آمپر
نامور	کمیسیونکاری آلمان برای اندازه گیری و کنترل در صنایع شیمیایی
نیست	موسسهملی استانداردها و فناوری ها، سازمان همکاری و توسعه
سازمانهمکاری و توسعه اقتصادی	اقتصادی،سازمان بین المللی اندازه گیری قانونی
OIML	
نورم	استانداراداتریش
پیتی بی	موسسهآزمایش فیزیکی و فنی آلمان
رال	کمیتهآلمانی برای شرایط تحویل و تضمین کیفیت (بخشی از کمیته
	استانداردهایآلمان)
رفا	انجمنآلمانی مطالعات زمان و حرکت، هیئت
آرکی دبلیو	توجیه پذیریصنعت آلمان، سیستم واحدهای بین المللی
سی	
اس ان وی	انجمناستانداردهای سوئیس
خورشید	کمیتهبین المللی نمادها، واحدها و نامگذاری ها تأثیر گرمایش معادل کل
توئی	
ترک	قوانینفنی برای سیستم های استیلن و ذخایر کاربید کلسیم، شرکت بیمه
یوال	آزمایشگاه ها®(ایالات متحده آمریکا) مقررات پیشگیری از تصادف آلمان
یووی وِن	
وی بی جی	فدراسیونانجمن های بیمه مسئولیت کارفرمایان آلمان انجمن مهندسان برق
وی دی ای	آلمان
وی دی ای	انجمنمهندسان آلمانی، انجمن انجمن های فیزیک آلمان،
وی دی پی جی	انجمنبازرسان فنی آلمان، آدرس: خیابان روت ۱۷، ۴۵۱۲۷
VdTÜV	اسن
وی دی اس	انجمنشرکت های بیمه اموال، استاندارد تجهیزات
نورم-VG	دفاعیآلمان
وی اس ام	استانداردهایمنتشر شده توسط دفتر استانداردهای انجمن ماشین آلات سوئیس.

۴.۵منابع و متون علمی

بخش: ۱ اندازه گیری فشار

۱.۱
گیلسن‌جی.، شوپا جی.: PTB، 1966(بولتن های("mit einem Kolbenmanometer")مانومتر
"Zur Pr fung der berdruckmessger te mit elastischem Messglied")

۱.۲
جولین‌اچ.: WIKA، 1980(انتشار("Federelastische Druckmessger te"

۱.۳
چ.روروباخ: VDI-Verlag، 1967("elektrisches Messen mechanischer Gr ssen")
"Handbuch fur

۱.۴
هارتمن‌و براون فرانکفورت)انتشار آثار، (۱۹۸۰ «TGE 4, TGE 4-Ex
«CMR-Messumformer

۱.۵
رزمونت، وسلینگ)انتشار آثار("Messumformer fr Dif ferenzdruck Typ G 1151 DP
"Elektrischer

۱.۶
ووست‌دبلیو.:)VDI 489,1962 گزارش تحقیق
"Die Berechnung von Bourdonfedern")

۱.۷
ووست‌دبلیو.: R hrenfedern")Z. instrumentenkunde(
"Die Bewegungslehre von

۱.۸
هرینگگس،جی.ای.: «طراحی‌دیافراگم های موج دار» ۱۹۵۷(،
(ASME

۱.۹
شوکوفسکی‌م.ک.: te")Fachbuchverlag Leipzig، 1957(
"Druck- und Vakuummessger

۱.۱۰
هیرت‌دبلیو.: "دراک مسونگ"
in der chem. Technik, Volume 1, Part 2, Springer verlag, 1980(
)Messen, Steuern und Regeln

۱.۱۱
جولین‌اچ.: Messgliedern in der Chemie")Techn. Mitteilungen, 1976(
"Druckmessunq mit federelastischen

۱.۱۲
الکساندرویگاند WIKA
شرکت‌با مسئولیت محدود «دراک میتلربمیر»
(بروشور)۹۰/۰۹

۱.۱۳
پپرو فوکس، مانهایم
«سیستم‌کانتکس» (انتشارات آثار)۱/۷۹

۱.۱۴
تیچی‌جی.، گوتشی جی.:
Messtechnik)Messen und Pr fen. 1980("Grundbegriffe der piezoelektrischen

۱.۱۵
گیلز ACM، سامرزجی اچ جی
Rundschau 33,1973/74(.فنی فیلیپس)Miniaturdruckwandler mit einer Siliziummembrane (

۱.۱۶
پپرملرآ.:
te aus einkristallinem Silizium")RTP، 1977("Druckmessger

۱.۱۷
برتسکی‌جی.:
)شماره ATM 6,1976/7(integrierten Halbleiter-DMS "Messumformer mit

۱.۱۸
دکترگیلسن، دکتر جی گر، شوپا.G.:
PTB-Pr fregeln Fl ssigkeitsmanometer

۱.۱۹
جولین‌اچ.، شفر کی.
«استندفست» چاپ‌مجدد ویژه از CAV 04/93

بخش:۲ دماسنجی

۲.۱
لیونوگاف.
Temperaturmessung)Vieweg-Veriag، 1976(Handbuch der technischen

۲.۲
ام.کی. یوخهایم، فولدا
)نسخه دوم. 1991(Temperaturmessung Elektrische

۲.۳
هنگستنبرگ‌جی. استورم‌بی.، وینکلر .۰
in der Chemichen Industrie)Springer Verlag, 3rd Vol. 1,1980(Messen, Steuern und Regeln

۲.۴
بکمن‌پروفسور پ.
BV نسخه های اروپایی .Physik Intern Quantenphysik und Statisohe

۲.۵
شرکت‌جی. راو، فورتزهایم
ترموبیمتال (انتشار آثار، سپتامبر)۱۹۸۹

۲.۶
شرکت‌واکوومشملزه، هاناو
کتابچه‌راهنمای ترموبیمتال VACOFLEX (انتشار آثار)۱۹۷۰

۲.۷
شرکت‌کامرر، فورتزهایم
ترموفلکس‌ترموبیمتال (انتشار آثار مارس)۱۹۸۴

۲.۸
دوفلزی های‌کانتال و کنترل ها. هالستاهامار/سوئد
)انتشار آثار 1987(Handbuch Das Kanthal Thermobimetall

۲.۹
یشکیم. نوبرت‌دبلیو.
)1989(Temperaturmessung Grundlagen der elektrischen

۲.۱۰
Bundesanstalt)PTB(Physikalisch-Technische
)1987(Entwicklung Realisierung Die SI-Basiseinheiten Definition

۲.۱۱
des Poids et Mesures Bureau International
اطلاعات‌تکمیلی برای مقیاس‌بین المللی دما ۱۹۹۰ (دسامبر)۱۹۹۰

۲.۱۲
des Poids et Mesures Bureau International
تکنیک هایی‌برای تقریب مقیاس‌بین المللی دما ۱۹۹۰ (ژوئن)۱۹۹۰

۲.۱۳
وایچرت‌ل.
)Technik)Expert Verlag 5th edition/1992(Temperaturmessung in der

۲.۱۴
آموزش‌و پرورش VDL
)نوامبر 1988(Temperaturmessung Technische

۲.۱۵
Bundesanstalt)PTB(Physikalisch-Technische
)PTB-Mitteilungen 99(von 1990 Die neue Temperaturskala

۲.۱۶
گزارش‌سنسور
حسگردما (فوریه)۱۹۹۱

۲.۱۷
نمایشگاه های‌فنی، /۵۲شماره ۶
اپتوالکترونیک)1985(»Technisches Messen« تجدید چاپ ویژه از Temperaturmesstechnik mit Pyrosen

۲.۱۸
شماره۲۰ مجله الکترونیک
Ausgangssignal تجدید چاپ ویژه از Elektronik)Franzis Verlag، 1987(
Temperatursonden mit mikroprozessorlesbarem

۲.۱۹
مجله‌سنسور
Temperatursensoren)ژانویه 1986(
Digitale

۲.۲۰
سنسور۸۸
und ihre Eignung also Normal in der Temperaturmesstechnik)1988(
von Quarz-Temperatursensoren Wissenschaftliche Vortr ge
Charakteristische Eigenscahaften

۲.۲۱
باخ‌سی.
t und Festigkeit)1920(
Elastizit

۲.۲۲
دیتریش‌پ.
geschlossene Beh lter . Allgemeine W rmetechnik 5)نسخه 1954(
von Schutzrohren fr دماسنج zum Einbau in Leitungen und
Berechnung

۲.۲۳
ونوراچ.، هابرستروهر آ.، وبر اچ.
Verlag, 12/1977)شماره
von Temperaturf hlern)Maschinenmarkt, Vogel
Vibrationsfestigkeit und Vibrationspr fung

۲.۲۴
مرداکجی. دبلیو.
کدتست توان برای چاهک های دماسنج (ASME
،سری ۱۹۵۹ ،A)

۲.۲۵
هنینگ‌اف.، موزر اچ.
دماسنجی
(نشریه بهاری)

۲.۲۶
اف‌جلیو ای
مجله‌بین المللی Fernw rme - FWI (جلد
۱۶، شماره ۴،)۱۹۸۷

۲.۲۷
بونفیگ،بارت، ولف
On Bonfig, Expert Verlag, پروفسور)ویرایش دوم
Handbuch fr Ingenieure, Sensoren und Messaufnehmer)

۲.۲۸
بکراث‌آ. علیه.
Messtechnik in der Ber hrungsthermometrie, Sensor-Report 02/89
Temperaturmesstechnik heute, klassische Verfahren und digitale
Elektrische
شرکت‌پی. کپلر ورلاگس

۲.۲۹
هاچن‌آی.
مجلهMSR، شماره های ۱۱ و ۱۹۹۳/۱۲
(چاپ اول)

۲.۳۰
تیم‌نویسندگان
فلزکاری‌تابلنپوک
ویرایش33 (1984) ،Europa-LehrmitteI(

۲.۳۱
تیم‌نویسندگان
)ویرایش سوم/1987 ،Technik
; Grundlagen der Informationstechnik)VEB(
جلد2 ،Taschenbuch Elektrotechnick

۲.۳۲
ن‌هرمان دی.
)ویرایش پنجم/1989 ،Verlag
Das grosse Werkbuch Elektronik)Franzis(

۲.۳۳
استاپوک‌سی.، استورم اچ.
Aktorsysteme)VDI/VDE Technologiezentrum Berlin, 1990(
und in Entwicklung befindlichen Feldbussen fr Sensor- und
Vergleichende Studie von verf gbaren

۲.۳۴
ونوراچ.
پیروم‌تریکس کن
Techniques de l ingenieur7-1986

بخش:۳ الزامات مهندسی فرآیند برای اندازه گیری فشار و دما

۳.۱
ویکاالکساندر ویگاند
شرکت‌با مسئولیت محدود
دماسنج fr und Pr ftechnik
Kalibrier-
(۱۹۹۰)

۳.۲
des Poids et Mesures
Bureau International
اطلاعات‌تکمیلی برای
مقیاس‌بین المللی دما ۱۹۹۰ (دسامبر)۱۹۹۰

۳.۳
des Poids et Mesures
Bureau International
تکنیک های‌تقریب مقیاس دمای بین المللی ۱۹۹۰
(ژوئن)۱۹۹۰

۳.۴
Bundesanstalt)PTB(
Physikalisch-Technische
)PTB-Mitteilungen 99(von 1990
Die neue Temperaturskala

۳.۵
نیکلاس‌جی وی
دکتر سفید
دماهای‌قابل ردیابی
مقدمه ای‌بر اندازه گیری و کالیبراسیون دما (ویرایش دوم،)۱۹۹۴

۳.۶
مگنوم‌بی دبلیو
فوروکاواجی تی

یادداشت‌فنی NIST 1265 -
دستورالعمل هایی‌برای تحقق مقیاس دمای بین المللی ۱۹۹۰ (ITS 90) NIST-
موسسه‌ملی استانداردها و فناوری

۳.۷
فورمن‌بی.

جلد53، شماره 12 (پروفسور دکتر یواخیم هسه، اولدنبورگ ورلاگ) ،
"technisches Messen, tm" از ،W -
iderstandsthermometrie
Wechselstromverfahren fr die Pr zisions

۳.۸
بکراث‌آ. علیه.

Widerstandsthermometern in Fl ssigkeitsb dern, Temperatur92,
Praktische Durchf hrung der Kalibrierung von
گزارش1982 VDI

۳.۹
استال،کنت زلسو

)انتشار آثار(Einf hrung in den Explosionsschutz

۳.۱۰
شبسدات‌اف.
(پی تی بی)

دوره3301 "Eigensicherheit in
explosionsgesch tzten elektrischen Anlagen")نسخه 1977(

۳.۱۱
شرکتMTL Instruments GmbH
نوس

)انتشار آثار("Z ndende Fakten"

۳.۱۲
Bundesanstalt)PTB(
Physikalisch-Technische

مرکبلات(سابق)
(۱۹۸۶)

۳.۱۳
Bundesanstalt)PTB(
Physikalisch-Technische

مرکبلات(سابق)
(مه)۱۹۸۷

۳.۱۴
پپرل‌یو. فوکس،
مانهایم

)انتشار آثار(glichkeit Handbuch
Elektromagnetic Vertr

۳.۱۵
فیشر،بالزر، لوتز

قارچ)edition/1992
EMV St rtestigkeitspr)Franzis, 1st

۳.۱۶
تیم‌نویسندگان

مقالات‌کنگره EMV 94 (VDE، EMV 94، چاپ
اول/1994)

۳.۱۷
پروس،ل.

کامپیوترشنیتستن
)چاپ اول/1989، Hanser-Verlag(

۳.۱۸
بهترین‌آر.)نسخه اول/AT-Verlag، 1991 ،und Simulation)
Digitale Signalverarbeitung

۳.۱۹
تیتزیو.، شنک چ.)ویرایش نهم/Verlag، 1990 ،
Halbleiter-Schaltungstechnik)Springer

۳.۲۰
کیتلی اندازه گیری های‌سطح پایین (انتشارات
آثار) (چاپ چهارم)۱۹۹۲/

۳.۲۱
عزیزاس. ای.)ویرایش پنجم/Oldenbourg Verlag، 1990 ،Filter)
Entwurf und Realisierung Digitaler

۳.۲۲
فیلیپوای.)ویرایش هشتم/thig V erlag، 1989 ،
Grundlagen der Elektrotechnik)H

۳.۲۳
تیم‌نویسندگان)ویرایش سوم/VEB Technik، 1989 ،der lnformationstheorie)
Elektrotechnik، 3 جلد; Bauelemente und Bausteine
Taschenbuch

۳.۲۴
اسپایکرمن‌دی.)چاپ اول/Vogel Verlag، 1978 ،der Elektrotechnik und Elektronik)
Werkstoffe und Bauelemente

۳.۲۵
گرمراچ.، وفرز ان. مسلکترونیک،جلد اول
)ویرایش دوم/H thig V erlag، 1988 (

۳.۲۶
جوزفسون.۰ گفتگوی‌آنالوگ ۱-۳۸؛ استفاده از مبدل های سیگما-دلتا (
انتشارات،دستگاه های آنالوگ،)۱۹۹۴

۳.۲۷
راندل‌بی. "F r jeden Anwendungsbereich den richtigen AD-Wandler" ،
Elektronik Industrie 10/1992
(فرانتس ورلاگ،)۱۹۹۲

۳.۲۸
تماس‌با فونیکس،)Contakt، 1994
پلامبرگ INTERBUS-S-Spezifikationen)Phoenix

۳.۲۹
اولتراکوست، فلدباس‌پی-نت
گوتزل (انتشار آثار))۱۹۹۰(

۳.۳۰
شرکت‌نیمه رساناهای فیلیپس، فرانکفورت
CAN-Speezifikation، ۲.۰ (انتشارات آثار، ۱۹۹۱)

۳.۳۱
پروفیباس-ناتزر-سازمان
پروفیباس; محصولات، Dienstleistungen (ویرایش‌پنجم/1993)

۳.۳۲
هانیول، اوفنباخ
دفترچه‌راهنمای رابط کاربری DC 3000 (ویرایش ۱/۱۹۹۲)

۳.۳۳
زیمنس، مونیخ
اینستاباسEIB (انتشار آثار))۱۹۹۳(

۳.۳۴
بنیادISP کارلسروهه
ISP-Mappe (انتشار آثار))۱۹۹۴(

۳.۳۵
استاپوکسی.، استورم اچ.
und Aktorsystem)VDI/VDE Technologiezentrum Berlin, 1990(gbaren und in Entwicklung befindlichen Feldbussen fr Sensor-Vergleichende Studien von verf

۳.۳۶
تیلی‌تی.
منطق‌فازی (فرانسیس، ۱۹۹۱، چاپ اول)

۳.۳۷
کلارک‌جی.
ماهی‌مرکب اکتبر1994 der Wissenschaft Spektrum

۴.۶فهرست

فشارمطلق ۳
سالن های‌جاذب ۲۸۲
لوازم‌جانبی پل های اندازه گیری مقاومت ۲۶۷
AC برای درجه های دقت گیج های فشار ۱۰۹
۸۶

دقت‌نشانه گذاری ۸۵
دقت‌اندازه گیری آکوستیک دما توسط ۹۵
مبدل های‌فشار
روش ها ۱۴۳
طول‌فعال دماسنج، دماسنج های قابل ۱۷۵
تنظیم،کهنه شدن دماسنج های ۱۸۷
مقاومتی،کنتاکت های هشدار ۲۱۷
۶۶

فرستنده های‌آنالوگ ۲۳۶
فشارسنج های‌آنرویددیافراگم ۴۶
های‌حلقوی فشاراتمسفر ۱۹
انتقال‌فرکانس صوتی ۳
۲۴۷

اثربادکنکی
مجموعه‌مقادیر پایه ۱۹
حلقه‌سرنیزه ۲۰۸
دم ۵۶
پیوندهای‌تیر خمشی ۴۸
نواردو فلزی ۷۲
دماسنج های‌دوفلزی، فشارسنج لوله ۱۹۳
بوردون،منحنی حرکت نوک لوله ۱۹۲
بوردون،لوله های بوردون ۳۰
۳۹

لحیم‌کاری ۳۱
فشارانفجاری ۴۰
مبدل ها
۹۳

کالیبراسیون‌در نقاط ثابت،
کالیبراسیون‌اندازه گیری فشار ۲۶۳
سازها
کالیبراسیون‌اندازه گیری دما ۲۵۸
سازها
کالیبراسیون‌با اندازه گیری ۲۶۳
مقایسه
حدخطای کالیبراسیون، ۲۶۳
کالیبراسیون‌حرکت، قابلیت ۸۶
ردیابی‌کالیبراسیون ۴۹
حسگرخازنی ۲۵۶
سنسورهای‌دمای خازنی، ۲۲
فرستنده های‌خازنی ۱۴۵
۶۹

آب بندهای‌شیمیایی کپسولی ۱۰۶
مواردعناصر اندازه گیری کپسولی ۴۶
۵۴
نمادانطباق CE ۲۸۹
مقیاس‌سانتیگراد ۱۲۱
رابطسنترونیکس ۲۴۸
سلول های‌اندازه گیری سرامیکی، ۲۲
RTD های سرامیکی ۲۱۰
گواهی های‌کالیبراسیون و
مواد ۱۱۴
مقادیرمشخصه برای زمان
پاسخ‌دماسنج های مختلف، مقاومت ۱۸۱
شیمیایی ۱۵۵
آب بندشیمیایی مشخصه آب ۱۰۱
بندهای‌شیمیایی ۱۰۰
درزگیرهای‌شیمیایی به عنوان بافرهای ۱۱۰
محافظ،دماسنج های بالینی ۱۸۷
هادی‌سرد ۱۳۵
خطای‌ستون دماسنج های شیشه ای، ۱۸۸
دماسنج های‌ستونی ۱۸۷
پل های‌اندازه گیری جبران ساز تداخل ۲۸۰
حالت‌مشترک، کابل های جبران ساز ۲۳۲
محدوده‌دمایی جبران ساز ۹۶
۲۲۱
جبران‌اثرات دما بر روی گیج فشاری ۲۰۱
۲۵
رله های‌حفاظت کنتاکت سر اتصال (۱۶۱
استاندارد) ۶۷
دماسنج های‌تماسی ۱۸۷
کنترل‌کننده حجم آب بندهای شیمیایی ۱۰۲
۲۵۳
جریان های‌خزشی با حد ۸۶
خطای‌مرسوم ۳۰۲
فاصله‌خزنده ۳۰۲
محدودیت‌جریان حسگرهای دمای نوسانگر ۱۴۲
کریستالی ۳۰۱
منابع‌فعلی ۲۸۰
انتقال‌جریان ۳۴۳
تعادل‌فشار استوانه ای ۸
میرایی ۶۲،۵۲
میرایی‌سیستم اندازه گیری، دستگاه ۱۱۰
تست‌وزن ثابت ۹
ازحالت شیشه ای خارج شدن صفحه ساعت ۲۶۵
کوارتز ۵۲،۳۱
دماسنج های‌عقربه ای ۱۹۰
تخت‌دیافراگمی ۴۵
آب بندهای‌شیمیایی دیافراگمی ۱۰۴

المان های‌اندازه گیری دیافراگمی، ۴۱
گیج های‌فشار دیافراگمی، ثابت دی ۳۰
الکتریک ۲۳
خازن‌دیفرانسیل ۷۰
اختلاف‌فشار ۳
ترانسمیترهای‌فشار دیفرانسیلی، ۹۷
ترانسفورماتوردیفرانسیلی ۳۴
نشانگرهای‌دیجیتال ۲۵۲
فرستنده های‌دیجیتال ۲۳۷
دماسنج های‌تماس مستقیم، ۱۴۸
پیرومترهای‌رشته ای ناپدید شونده، ۱۴۰
جابجایی،حجم مواد شیمیایی
مهرو موم ها ۱۰۱
توزیع‌نشانگرهای فشار ۲
کششی کالیبراتورهای‌بلوک ۸۳
خشک ۲۷۲
تبدیل‌آنالوگ به دیجیتال با شیب دوگانه، ۲۳۹
عمردینامیکی ۳۶

سازگاری‌الکترومغناطیسی EMC انتشار ۲۷۸
EMC ۲۷۸
حساسیتEMC ۲۷۸
مسیرکپسوله سازی ۳۰۲
شرایطمحیطی، وزن های فاز ۸۷
برابر
خطاهای‌نشانه گذاری ۲۶۶
دماسنج های‌انبساطی تبدیل آنالوگ به ۸۵
دیجیتال‌برای تخمین ESD (تخلیه ۲۸۴
الکترواستاتیک) ۲۳۸
اتصالات‌دیافراگمی توسعه یافته، شفت ۱۸۴
اشاره‌گر توسعه یافته ۱۰۵
کابل های‌رابط ۸۴
افزونه‌برای گسترش ۲۲۱
۱۸۵

مقیاس‌فارنهایت ۱۲۱
دماسنج های‌فیبر نوری، ۱۴۱
فیلم هایRTD ۲۱۱
عایق‌ثابت ۳۰۲
اتصالات‌فلنج ۲۵۳
کالیبراسیون‌نقطه ثابت ۱۰۵
مانومترشناور ۷
مجاری‌گاز دودکش ۱۵۱
اصل‌جبران نیرو، محفظه برنجی ۲۸
آهنگری‌شده ۵۷
مدارهای‌چهار سیمه ۲۱۲
تبدیل‌فرکانس آنالوگ به دیجیتال، گیج فشار ۲۳۷
اصطکاکی ۲۵
حلقه‌اصطکاک ۵۵

فلنج‌جلو ۵۵
فناوری‌فازی با مقیاس ۸۵
کامل(fsv) ۲۵۴

عنصرگالوانیک ۲۲۶
انبساطگاز ۲
دماسنج های‌فنری فشار گاز، فشارسنج ۲۰۳
۴
هایشیشه ای RTD ۲۱۰
دماسنج های‌شیشه ای ۱۸۴
پوسیدگی‌سبز ۲۲۵
سلول هایGTEM ۲۸۲

حسگراثر هال ۲۲
مانومترهای‌سرویس دستی پروتکل ۲۶۱
HART ۲۴۷
رتبه بندی‌مکان های خطرناک (آلمان) ۲۹۶
رتبه بندی‌مکان های خطرناک (ایالات متحده) ۲۹۳
ظرفیت‌گرمایی ۱۷۷
جریان‌گرما ۱۷۷
مقاومتدر برابر حرارت ۱۶۴
ضریب‌انتقال حرارت ۱۶۵
ضریب‌انتقال حرارت (موثر) مقاومت در ۱۷۳
برابرانتقال حرارت ۱۶۵
عملیات‌حرارتی ۳۷
رنگ های‌حساس به حرارت ۱۴۰
دماسنج های‌نگهدارنده ۱۸۶
مدارهای‌همگن ۱۳۴
هادی‌داغ ۱۳۵
هوم(فرکانس برق بالای سر)
تداخل) ۲۸۶
فشارهیدرواستاتیک ۳
هیسترزیس‌مشخصه هیسترزیس ۳۶
مبدل های‌فشار قانون گاز ایده آل ۹۵
۳
رابطIEEE 488.2 ۲۴۹
احتمال‌احتراق ۲۹۳
اندازه گیری‌فشار زنگوله ای غوطه ور
ساز ۸
اندازه گیری‌فشار قطعه غوطه ور
ساز ۸
عمق‌غوطه وری ۱۸۵
عمق‌غوطه وری دماسنج، مانومترهای لوله ۱۷۴
شیب دار ۶
سوئیچ های‌مجاورتی القایی، ۶۸
حسگرهای‌القایی ۲۴
ناهمگونی‌در ترموالمنت های حسگرهای ۱۴۶
دمای‌القایی ۲۲۵

مهرو موم درون خطی®ناپایداری آب بندهای ۱۰۵
شیمیایی،نصب و راه اندازی دماسنج ۲۱۷
مقاومتی ۱۱۲
خطایی‌نصب لایه های عایق دماسنج ۱۷۳
۳۰
مقاومت‌عایقی ۲۱۷
حسگرهای‌دمای یکپارچه، تبدیل آنالوگ به ۱۳۵
دیجیتال‌یکپارچه، مقیاس دمای بین المللی ۲۳۹

ITS-90 ۱۲۵،۱۲۱
ایمنی‌ذاتی ۲۹۱
نقاط‌مرجع فشارسنج ۲۵
یونیزاسیون‌ITS-90 ۱۲۶

خیابان‌گرداب کارمان ۱۵۳
مقیاس‌کلوین ۱۳۴

قانون‌ترمودینامیک ۱۴۸
میزان‌نشت ۷۵
بسط‌خطی یک میله خطی ۱۳۰
بودن ۵۱
خطی‌بودن یک نوار دو فلزی، خطی ۱۹۵
بودن‌مبدل های فشار، ستون های مایع ۹۳
۵ ۳،
کریستال های‌مایع ۱۴۱
دماسنج های‌فنر مایع، صفر زنده ۱۹۹
۳۴۳
کنترل کننده های‌حلقه ۱۵۴
دماسنج های‌لومینسانس، ۱۴۱
صفحه های‌نورانی ۸۳

دماسنج های‌شیشه ای ماشینی، زنگ هشدار ۱۸۶
مغناطیسی،کنتاکت ها، نشانگرها ۶۷
۸۳

ترکیبات‌مواد برای
ترموکوپل‌ها ۱۳۴
دماسنج های‌حداکثر ۱۸۷
کارتریج های‌اندازه گیری ۳۲۳
عناصراندازه گیری ۱۲،۳۱، ۲۱۳
منیسک ۵
ستون های‌جیوه ۲۵۹
پیوندهای‌فلزی دمنده ۷۳
دماسنج های‌مقاومت فلزی، ۱۳۱
کابل های‌عایق معدنی ۲۱۴
حداقل‌عمق غوطه وری یک
دماسنج ۱۷۵
دماسنج های‌حداقل ۱۸۷
صفحه های‌آینه ای ۵۲

مدول‌الاستیسیته ۳۷
اندازه گیری‌فشار نصب
سازها ۱۱۰
جنبش ۱۲،۳۱، ۴۸
مانومترمایع چندگانه ۷

نامور ۲۹۰
نیوتن ۱
مقاومت های‌NTC ۱۳۵

روش های‌اندازه گیری نوری، مدار ۱۴۰
نوسانی ۲۳
مدل‌مرجع OSI ۳۴۹
سیگنال‌خروجی مبدل های فشار، محافظت ۹۳
دربرابر اضافه بار ۸۴

اتصالات‌پنکیک ۱۰۵
خطاهای‌اختلاف منظر ۵۲،۵
تبدیل‌موازی آنالوگ به دیجیتال پاسکال ۲۳۸
۱
سیستم‌PCS از فرآیند ۲۶۱
WIKA PECVD ۲۰
شکل‌محیطی (دیافراگم) تغییر شکل ۴۴
دای‌می ۳۷
اثرپیزوالکتریک پلاتین خالص ۲۶۵
فیزیکی ۲۵
اثرپیزومقاومتی ۱۳
گیج‌خلاء پیرانی ۲۵
اندازه گیری‌فشار از نوع پیستونی
ساز ۹
مقاومت‌پلاتین (Pt)
دماسنج ها ۲۰۸
تماس های‌هشدار پنوماتیک، ۶۹
دماسنج های‌جیبی شیشه ای، ۱۸۶
حسگرپتانسیومتری ۲۴
محدودیت‌توان فرستنده های ۶۹
پتانسیومتری‌پوند بر اینچ مربع (PSI) ۱
۳۰۱
منبع‌تغذیه ۹۳
حدفشار برای بارهای استاتیکی ابزارهای ۳۹
اندازه گیری‌فشار با
عناصرانعطاف پذیر ۱۱
روش‌افزایش فشار ۷۵
سنسورفشار مبدل ۱۳
های‌فشار ۹۰،۹۳، ۹۶
فرستنده های‌فشار ۹۶
واحدهای‌فشار - واحدهای فشار مرسوم (بر اساس ۱
اینچ) - MKSA ۱

واحدهای‌فشار - احتراق ۱
موج‌فشاری SI ۳۹۳
سیالات‌فرآیندی ۸۶
زنجیره‌اندازه گیری فرآیند، حلقه ۳۳۱
پروفیل‌اثرات فشار فرآیند ۳۰۲
۵۵
حفاظت‌در حین حمل و نقل، ۸۴
حفاظت‌از کاربران ۵۴،۱۲
وسایل‌حفاظتی ۱۱۰
مقاومت های‌PTC ۱۳۵
پیرومترهای‌مدولاسیون فاصله ۳۴۸
پالس ۱۳۹
کنترل‌کننده های لوله بوردون کوارتز، ۲۶۰
سنسورمارپیچ کوارتز ۲۶
دماسنج های‌تابشی ۱۳۹
مقیاس‌رانکین ۱۲۵
پیرومترهای‌نسبت ۱۴۰
فلنج‌عقب ۵۵
ظرفیت‌مرجع ۳۳
خطای‌نسبی ترموستات نقطه ۳۲۱
مرجع ۸۵
سنسورهای‌مقاومتی دماسنج ۳۳۲
های‌مقاومتی، ۳۱۳
حسگرهای‌مقاومتی مقاومت ۵۹
دربرابر رزونانس ۳۴
مقاومت ها ۳۳۲
روش های‌اندازه گیری رزونانسی، زمان پاسخ ۱۴۳
آب بندهای‌شیمیایی، زمان پاسخ مبدل های ۱۰۲
فشار،سیستم های کنترل موج ۹۴
۲۸۶
رابط های‌RS485 ۳۴۶
موانع‌ایمنی ۳۰۱
شیشه‌ایمنی ۸۴
مخروط های‌سگر ۱۴۴
خطای‌خود گرمایشی ۲۱۷
خطای‌خودگرمایی حسگرهای نیمه هادی ۱۷۵
دماسنج ۱۳۵
عنصرحسگر کرنش سنج های ۱۳
نیمه رساناای یک دوفلزی
دماسنج ۱۹۲
دستگاه های‌قطع اثر نظم ۷۷
کوتاه بردبر چگالی گاز SF6 ۳۲۵
نظارت‌می کنند ۱۱۰
مقاومت های‌اندازه گیری سیلیکونی تبدیل ۳۳۹
آنالوگ‌به دیجیتال سیگما-دلتا ۱۳۸
حسگرهای‌سیلیکونی ۱۴
مخاطبین‌دزدگیر کشویی ۶۶
آغازگرهای‌اسلات ۶۸
پروتکل‌هوشمند ۳۴۷
لحیم‌کاری ۴۰
مواردایمنی جلویی جامد سنسورهای ۶۳
حالت‌جامد (غیر رزونانس) SPC ۱۴۳
۲۵۳
مقاومت‌ویژه هدایت حرارتی، خمش حرارتی ۱۶۴
ویژه‌یک دوفلزی
نوار ۱۹۳
وزن‌مخصوص ۲۵۹
پیرومترهای‌طیفی ۱۴۰
دماسنج های‌فنری ۱۹۸
فرآیندکندوپاش ۲۰
اسکوی‌ید ۲۲۹
لکه‌سنج (فلزی) ۱۶
مقاومت های‌استاندارد ۲۶۷
دمای‌بخار ۱۵۰
دماسنج های‌ساقه ای ۱۸۵
دماسنج های‌انبساطی نوع ساقه ای ۱۹۰
دماسنج های‌میله ای ۱۸۶
شیرهای‌قطع و وصل ۱۱۰
گیج های‌فویل کرنش ۱۶
اصول‌انتقال کرنش سنج: محاسبات ۲۱
استحکام‌برای واحدهای تغذیه ترموول ۱۵۱
۳۴۵
صفرسرکوب شده ۸۴
دماسنج های‌تماس سطحی، اثر ۱۹۷
سطحی‌دماسنج ها، احتراق سطحی ۱۷۹
۳۹۳
کشش‌سطحی جریان های ۵
موجی‌مایع ۲۸۴
سلول های‌TEM ۲۸۳
کالیبراتورهای‌دما، اجسام با مشخصه ۲۷۴،۲۶۳
دما،کلاس دمایی TX ۱۴۴
۳۹۶
جبران‌دما، ملاحظات دما، ۵۱
شاخص های‌دما ۱۱۰
۱۴۴
مقیاس های‌دما ۸۱
رسانایی‌حرارتی ۱۶۴
اثرات‌حرارتی دماسنج
شیشه ۱۸۸
انبساط‌حرارتی مایعات، ۱۳۰
دماسنج های‌نویز حرارتی، خروجی ۱۴۴
حرارتی ۱۷۷

تابش‌حرارتی ۱۷۱
جفت‌شدن ترموکوپل ۲۱۹
ترموکوپل‌ها ۲۱۸،۱۳۲
تعادل‌ترمودینامیکی، مقیاس دمای ۱۲۶
ترمودینامیکی،ترموالکتریسیته ۱۳۳
۱۳۲
تجهیزات‌ترموگرافی، ترازوهای ۱۴۰
دماسنج ۱۸۵
دماسنج ها(استاندارد شده) مایعات ۱۵۷
دماسنجی ۱۹۹،۱۸۵
دماسنجی ۱۱۹
ترموول های‌مایع حمام ۲۶۸
ترموستانیک ۱۵۸،۱۵۱
کرنش‌سنج های لایه ضخیم ۱۷
RTD های لایه نازک ۲۱۱
مدارهای‌سه سیمه با کرنش ۱۸
سنج های‌لایه نازک ۲۱۲
پیوندهای‌پیچشی ۷۳
قابلیت‌ردیابی ۲۵۶
مدارهای‌دو سیمه ۲۱۲

مانومترلوله U شکل ۶
گیج های‌خلوص فوق العاده بالا ۷۶

رابط هایV.24/RS232C ۲۴۶
خلاء ۴
منحنی های‌فشار بخار معادله حالت ون ۲۰۳
دروال ۲۰۲
فشاربخار مایعات ۱۳۰
دماسنج های‌فنری فشار بخار، سیلندر ۲۰۲
ارتعاشی ۲۷
ولتاژحسگر کوارتز ارتعاشی ۲۷
۲۳۲
انفجارولتاژ ۲۸۳
محدودیت‌ولتاژ ۳۰۱
منابع‌ولتاژ ۲۸۰
انتقال‌ولتاژ ۲۴۳

ویفرها ۱۴
نقطه‌سه گانه آب ۲۶۶
قطعات‌خیس شده ۸۶
پل‌وتستون ۱۵

صفراصلاح ۵۲
درجه بندی‌منطقه ای ۲۹۶