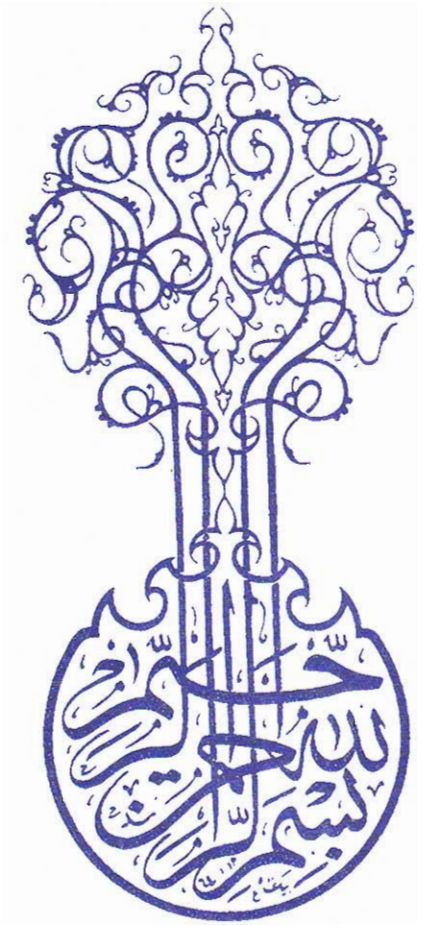
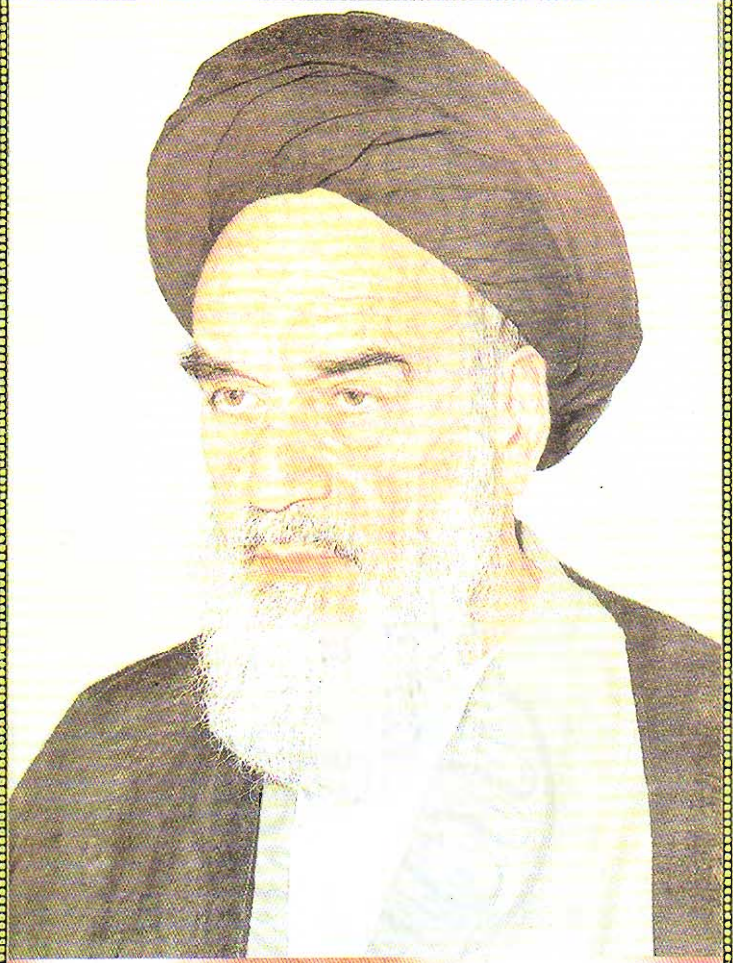
جمهوری اسلامی ایران
وزارت کار و امور اجتماعی
سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور

ابزارهای دقیق اندازه گیری فرآیندها

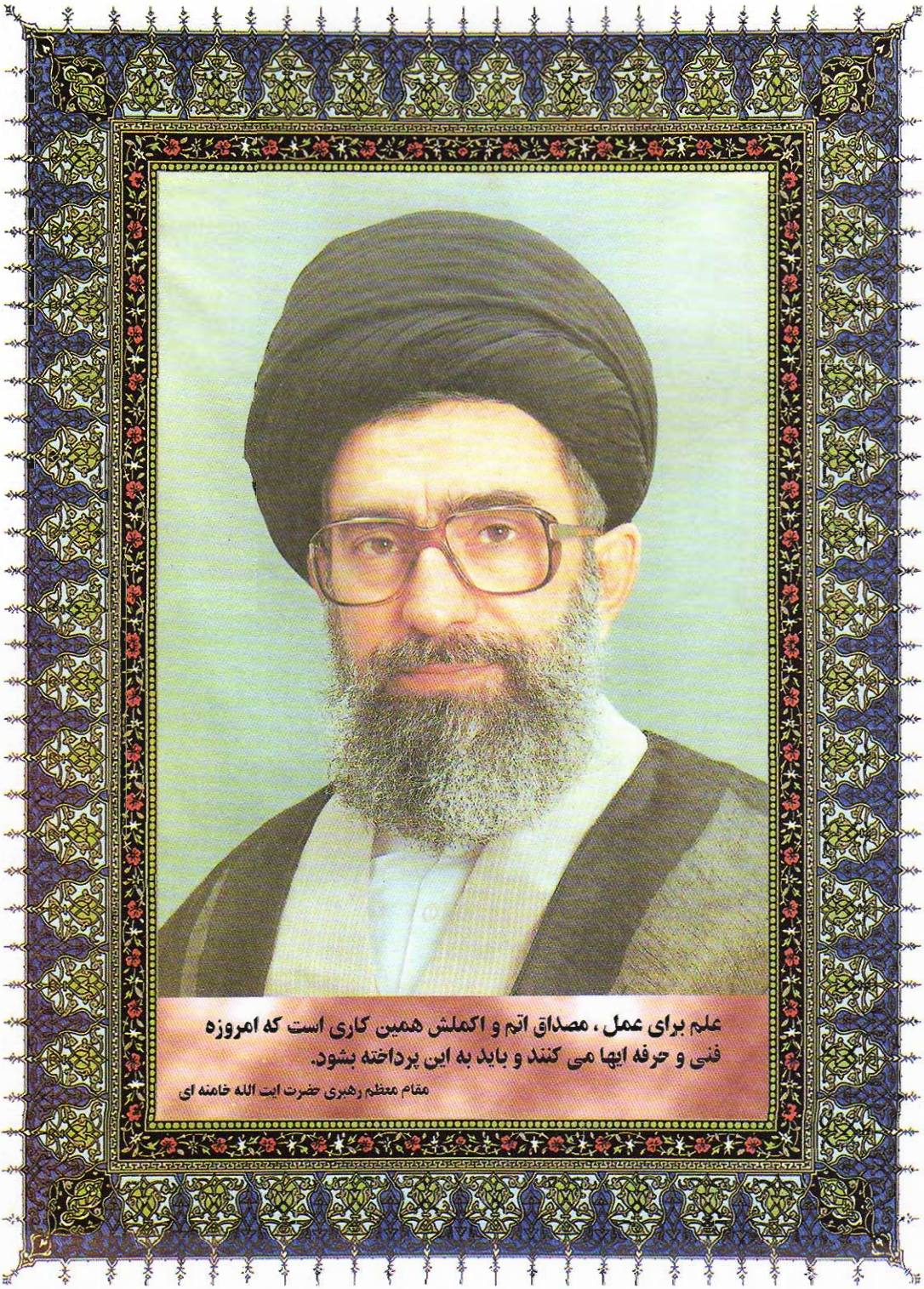
(دما، وزن، سرعت و ارتعاش)


بسم الله الرحمن الرحيم



دانش های مورد نیاز یک کشور اسلامی را فرا بگیرید.

امام خمینی (قدس سره الشریف)



علم برای عمل ، مصداق اتم و اکملش همین کاری است که امروزه فنی و حرفه ایها می کنند و باید به این پرداخته بشود.

مقام معظم رهبری حضرت ایت الله خامنه ای

ابزارهای دقیق اندازه گیری فرآیندها

(دما، وزن، سرعت و ارتعاش)

ازسری آموزش مهارتهای مهندسی En Tra

(ETG 30)

سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور ـ مدیریت پژوهش

۱۳۸۰

معینی، محمدتقی، ۱۳۲۶ - ، گردآورنده.
ابزارهای دقیق اندازه گیری فرآیندها: (دما، وزن، سرعت و ارتعاش) / گردآورنده محمدتقی معینی. -- تهران: سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور، مدیریت پژوهش، ۱۳۸۰.
۱۲۴ ص.: مصور، جدول. -- (... سری آموزش مهارتهای مهندسی ETG 30 Entra [انترا، بی،تی. جی ۳۰])
ISBN: 964-7325-80-0 ۳۰۰۰ ریال:
فهرستنویسی براساس اطلاعات فیپا.
۱. ابزار اندازه گیری. ۲. کنترل فرآیندها. الف. سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور. مدیریت پژوهش. ب. عنوان.
۲ الف ۶ م /۵/ ۱۰۰ QC ۵۳۰/۷

کتابخانه ملی ایرانی ۱۷۸۰۸ ـ ۸۰ م
محل نگهداری:

نام کتاب : ابزارهای دقیق اندازه گیری فرآیندها
گردآورنده: محمدتقی معینی
حروفچین : معصومه رضاقلی
صفحه آرا : مائده بابازاده
طرح روی جلد: فریبا خدابخشی
ناشر : سازمان آموزش فنی وحرفه ای کشور
تیراژ : ۳۰۰۰ جلد
نوبت چاپ : اول
سال انتشار: اسفند ۱۳۸۰
لیتوگرافی، چاپ و صحافی: چاپخانه سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور

شابک : ۰ - ۸۰ - ۷۳۲۵ - ۹۶۴ ISBN : 964 - 7325 -80 -0

کلیه حقوق برای سازمان آموزش فنی وحرفه ای کشور محفوظ می باشد.

بسمه تعالی

مقدمه

کلید موفقیت در رشد اقتصادی هر کشور در گرو آموزشهای فنی و حرفه ای است، امروزه انسانها به مدد فن آوری و ساخت انواع دستگاههای مدرن و ابزار صنعتی و وسایل و کالاهای نو، آسایش زندگی را فراهم ساخته و با ایجاد زیر ساختهای اقتصادی نظیر سدها، راهها، ارتباطات، امور کشاورزی، دامپروری، خدمات و ... زندگانی مطلوب و دلپذیر توام با کار را فراهم نموده اند.

بدیهی است در این ساختار، آنچه از همه مهمتر است نیروی انسانی ماهر و متخصص است، اما مشکل اصلی در اکثر جوامع و بخصوص کشورهای در حال توسعه، مساله ازدیاد نیروی انسانی غیرماهر است. در نظام فعلی آموزشی کشور در سطوح عمومی و عالی بیشتر افراد بر مبنای آموزشهای غیرفنی تربیت می شوند، و توان کیفی آموزشهای عمومی برای ورود فارغ التحصیلان به بازار کار کافی نیست.

بدین جهت وزارت کار و امور اجتماعی طی ده سال گذشته، سعی خود را برای گسترش و بسط هر چه بیشتر آموزشهای فنی وحرفه ای از طریق سازمان آموزش فنی وحرفه ای کشور به کار گرفت، بطوریکه آمار نشان می دهد این رشد در زمینه های مختلف بیش از ۹۷۰/۶ درصد بوده است. امروزه در اکثر شهرها و حتی نقاط دور افتاده، مراکز سازمان به امر آموزشهای فنی وحرفه ای اشتغال دارند و همچنین با اعزام تیم های سیار آموزشی به اقصی نقاطی از میهن اسلامی که نیاز به آموزشهای فنی وحرفه ای دارند در کاهش این نقیصه همت گمارده اند.

در این راستا و برای آنکه علاقمندان به حرفه آموزی منابعی برای مطالعه در هر

درس پیش روی داشته باشند و همچنین برای آشنایی علاقمندان به چگونگی برگزاری آزمونهای مربوطه، کتابهای درسی و آموزشی متعددی توسط سازمان آموزش فنی وحرفه ای کشور منتشر گردیده، که یکی از عمده ترین اهداف آنها و کتاب حاضر این است که مطالب بگونه ای ساده و روشن برای کارآموز و کارگر بیان گردد.

کتاب حاضر بر مبنای اطلاعات و تجربیات مربیان و کارشناسان با تجربه سازمان تهیه گردیده که امید است در تعالی و افزایش مهارتهای حرفه ای به علاقمندان نقش موثری داشته باشد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱ـ دما و اندازه گیری دما	۱
۱ـ۱ـ گرما	۱
۱ ـ ۲ ـ مقیاس های دما	۴
۱ ـ ۳ ـ تبدیل مقیاس ها دما به یکدیگر	۶
۱ ـ ۴ ـ مقیاس بین المللی دما(ITS)	۶
۲ـ ابزارهای اندازه گیری دما از نوع تماسی	۹
۲ ـ ۱ ـ ترمومترهای سیالی	۹
۲ ـ ۲ ـ ترمومترهای حباب فلزی	۱۱
۲ ـ ۳ ـ خنثی کردن دمای محیط	۱۶
۲ ـ ۴ ـ ترمومترهای دو فلزی	۱۸
۲ ـ ۵ ـ چاهک ها حرارتی	۲۲
۳ـ ابزارهای اندازه گیری دما از نوع الکتریکی	۲۳
۳ ـ ۱ ـ ترموکوپل ها	۲۳
۳ ـ ۲ ـ انواع ترموکوپل ها	۲۵
۳ ـ ۳ ـ کدبندی رنگی	۲۶
۳ ـ ۴ ـ سیستم های سیم کشی	۲۷
۳ ـ ۵ ـ تست کردن ترموکوپل ها	۲۸
۳ ـ ۶ ـ ترمومترهای مقاومتی	۲۹
۳ ـ ۷ ـ مقاومت اتصالات	۳۲
۳ ـ ۸ ـ ترمیستورها	۳۴
۳ ـ ۹ ـ نمونه کاربرد	۳۴

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳ ـ ۱۰ ـ تشخیص دهنده های آزمایشی دما از نوع مقاومتی (RTD)	۳۶
۴ـ ابزارهای اندازه گیری دما از نوع غیرتماسی	۳۸
۴ ـ ۱ ـ پیرومترهای نوری و تشعشعی	۳۸
۴ـ۲ ـ ترمومترهای مادون قرمز	۴۱
۴ ـ ۳ ـ اجزاء ترمومترهای مادون قرمز	۴۴
۴ ـ ۴ ـ تصویرسازی حرارتی	۴۶
۵ـ مدرج سازی ابزارهای اندازه گیری دما	۴۷
۵ ـ ۱ ـ حمام های تست (آزمایش)	۴۸
۵ ـ ۲ ـ کوره های الکتریکی لوله ای	۵۲
۵ ـ ۳ ـ مدرج سازی و تست ترمومترها	۵۳
۵ ـ ۴ ـ ترموکوپلهای پایه فلزی	۵۷
۵ـ ۵ ـ ترمومترهای مقاومتی	۵۷
۵ ـ ۶ ـ پیرومترهای تشعشعی	۵۷
۵ ـ ۷ ـ نمودار اندازه گیری دما	۵۸
۶ـ اندازه گیری وزن	۵۸
۶ ـ ۱ ـ رابطه بین نیرو و وزن	۵۸
۶ ـ ۲ ـ اندازه گیری وزن	۵۸
۶ ـ ۳ ـ ترازوهای فنری	۵۹
۶ ـ ۴ ـ ترازوی آزمایشگاهی	۶۱
۶ ـ ۵ ـ ماشینهای توزین	۶۳

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۶ـ۶ـ سلول های باری	۶۵
۶ـ۷ـ باسکول ها	۶۶
۶ـ۸ـ سیستم های توزین الکترومغناطیس	۶۸
۶ـ۹ـ اصول کارکرد ترازوی الکترونیکی	۷۱
۶ـ۱۰ـ مزایای توزین الکترونیکی	۷۲
۶ـ۱۱ـ اندازه گیری وزن در فرآیندها	۷۳
۶ـ۱۲ـ سلولهای باری	۷۶
۶ـ۱۳ـ کرنش سنج ها	۷۸
۶ـ۱۴ـ سلول های باری کرنش سنجی	۷۹
۶ـ۱۵ـ ترانسدیوسرهای پیروالکتریکی	۸۱
۶ـ۱۶ـ سلول های باری پیروالکتریکی	۸۲
۷ـ کارکرد سلولهای باری	۸۳
۷ـ۱ـ روشهای نصب محفظه ها روی سلول های باری	۸۳
۷ـ۲ـ شبکه لوله ها	۸۹
۷ـ۳ـ اثرات ناشی از دمای محیط	۹۰
۷ـ۴ـ اتصالات الکتریکی سلولهای باری چندگانه	۹۰
۷ـ۵ـ ایمنی لازم	۹۲
۸ـ مدرج سازی ابزارهای اندازه گیری وزن	۹۳
۸ـ۱ـ روش های مدرج سازی	۹۴
۸ـ۲ـ مدرج سازی و نگهداری از ماشینهای توزین و باسکول ها	۹۴
۸ـ۳ـ نمونه ای از روش مدرج سازی سیستمهای توزین سلول باری	۹۵

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۸ـ۴ ـ نمودار اندازه گیری وزن	۹۷
۹ـ اندازه گیری سرعت	۹۷
۹ ـ ۱ ـ تاکومترهای مکانیکی	۹۸
۹ـ۲ ـ تاکومترهای حلقه ای مقاوم در برابر حرکت	۱۰۰
۹ ـ۳ ـ تاکومترهای دستی	۱۰۱
۹ ـ ۴ ـ تاکومترهای از نوع پالسی یا ضربه ای	۱۰۳
۹ ـ ۵ ـ تاکومترهای از نوع مولد الکتریکی	۱۰۴
۹ ـ ۶ ـ مولد تاکومتر	۱۰۴
۹ ـ ۷ ـ تاکومترهای الکتریکی	۱۰۵
۹ ـ ۸ ـ تاکومترهای الکترونیکی	۱۰۵
۹ ـ ۹ـ استروبوسکوپ	۱۰۶
۹ ـ ۱۰ ـ نمودر اندازه گیری سرعت	۱۰۷
۱۰ـ تحلیل ارتعاش	۱۰۷
۱۰ ـ ۱ ـ نگهداری ماشین	۱۰۷
۱۰ ـ ۲ ـ تحلیل ارتعاش	۱۱۰
۱۰ ـ ۳ ـ واحدهای اندازه گیری ارتعاش	۱۱۱
۱۰ ـ ۴ ـ منابع ارتعاش	۱۱۳
۱۰ ـ ۵ ـ ارتعاش رزونانسی (درحالت تشدید)	۱۱۶
۱۰ ـ ۶ ـ ابزارهای تشخیص ارتعاش	۱۱۶
۱۰ ـ ۷ ـ جای دهی ترانسدیوسرهای کنترل کننده ارتعاش	۱۲۲
۱۰ ـ ۸ ـ نمونه ای از اندازه گیرهای ارتعاش از نوع میله ای	۱۲۳

۱ ـ دما و اندازه گیری آن

استفاده از ابزارهای دقیق و قابل اعتماد اندازه گیری دما، کمک شایانی به عملکرد مطمئن تر و با کارآیی بیشتر تجهیزات صنعتی می نماید. در صنعت از ترمومترها (دماسنج ها) به منظور نمایش دما و در برخی موارد جهت کنترل دمای فرآیندهای گوناگون استفاده می شود. ترمومترها را همچنین می توان به نحوی طراحی نمود که در هنگام افزایش یا کاهش بیش از حد دمای یک فرآیند، سیستم اعلان خطری را راه اندازی نمایند.

به منظور درک بهتر نحوی عمل ابزارهای اندازه گیری دما آشنایی با مفهوم دما و درک نحوه واکنش جامدات، مایعات و گازها با تغییرات دما ضروری می باشد.

دما، طبق تعریف عبارت است از درجه گرمی یا سردی یک جسم که با مقیاس تعریف شده ای اندازه گیری می شود.

گرما یا سرمای یک جسم را گاهی به کمک حس لامسه تعیین می نمایند، در این صورت اگر دمای جسم از دمای پوست بیشتر باشد آن را گرم و اگر دمای آن از دمای پوست کمتر باشد آن را سرد می گویند.

ولی استفاده از حس لامسه، روش موثر و قابل اطمینانی در اندازه گیری دما محسوب نمی گردد.

۱ ـ ۱ ـ گرما

به منظور درک بهتر مفهوم دما، لازم است تا اختلاف بین دما و گرما مشخص شود. اغلب این دو واژه اشتباهاً به جای یکدیگر استفاده می شوند، ولی مفهوم آنها یکسان نیست.

گرما، طبق تعریف انرژی حرارتی یک جسم است. درست همانطور که وقتی مایع مخزنی را اضافه می نماییم، باعث بالاتر رفتن سطح مایع می گردیم؛ اضافه کردن یا کاستن از گرمای یک جسم، باعث می گردد دمای آن جسم افزایش یا کاهش یابد. واحدهایی که معمولاً برای اندازه گیری «گرما» استفاده می شوند ،«ژول» و «کالری» می باشند.

انتقال حرارت

نکته مهم دراندازه گیری دما، مسئله انتقال حرارت است، زیرا انتقال حرارت در عملکرد ترمومتر نقش اساسی دارد. حرارت در داخل اجسام و بین چند جسم مختلف به سه طریق انتقال می یابد.

۱)* هدایت(کنداکسیون)[۱]

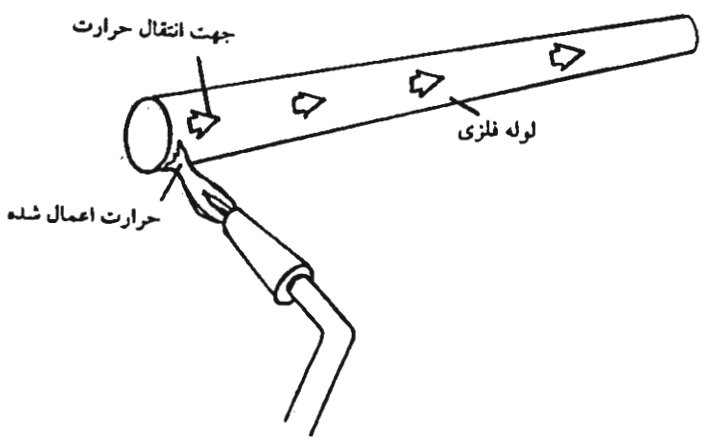
۲)*همرفت(کنوکسیون)[۲]

۳)* پرتوافکنی (تشعشع)[۳]

تمامی این شیوه های انتقال حرارت را در اغلب فرآیندها می توان مشاهد کرد.

انتقال حرارت به صورت هدایت

انتقال حرارت به صورت هدایت، انتقال حرارت درون و یا بین چند جامد می باشد که بوسیله تماس مستقیم مولکول های داخل آنها صورت می پذیرد. انرژی گرمایی در پی برخورد یک مولکول به مولکول دیگر بین آنهاانتقال می یابد. به عنوان مثال اگر انتهای یک میله فلزی حرارت داده شود، گرما از یک مولکول به مولکول دیگر انتقال می یابد تا جایی که انتهای دیگر میله نیز، گرم می گردد.

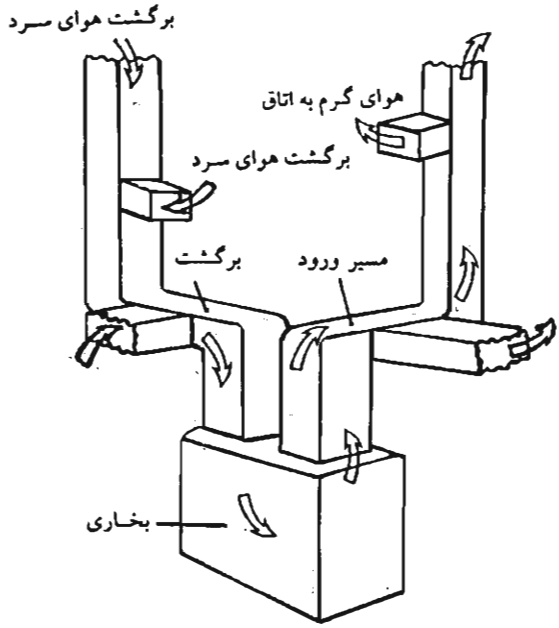


1) Conduction 2) Convection 3) Radiation

انتقال حرارت به صورت همرفت

انتقال حرارت به صورت همرفت، بجای حرکت مولکولی در جامدات شامل حرکت مولکول ها در سیالات (مایعات و گازها) می باشد.

به عنوان نمونه ای از انتقال حرارت همرفتی می توان از سیستم های گرم کننده مکانیکی هوا نام برد که در ابتدا هوا در آنها حرارت داده شده و سپس به کانال های گرم کننده هوای اتاق فرستاده می شود.



انتقال حرارت بوسیله تشعشع (پرتوافکنی)

برعکس هدایت و همرفت، انتقال حرارت به روش پرتوافکنی نیازی به اجسام واسطه مثلاً یک جامد یا مایع به منظور انتقال حرارت وجود ندارد. پرتوافکنی (تشعشع) بسیارشبیه به نور عمل می کند، با این تفاوت که طول موج تشعشع بلندتر است ، بنابراین حرارت حتی از بین فضاهای کاملاً خالی نیز می تواند به روش پرتوافکنی (تشعشع) انتقال یابد.

خورشید زمین را به روش پرتوافکنی (تشعشع) از خلال ۱۵۰ میلیون کیلومتر فضای کاملاً خالی گرم می نماید.

۱ ـ ۲ ـ مقیاس های دما

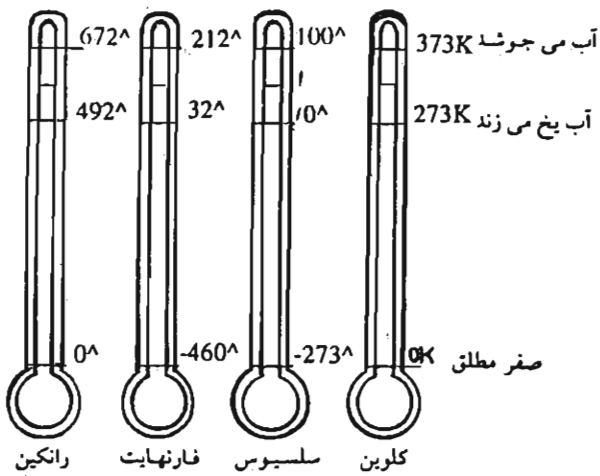
اندازه گیری دمای یک جسم، به مفهوم اندازه گیری شدت گرمای آن جسم می باشد و نباید با اندازه گیری مقدار گرمای آن جسم اشتباه شود. اگر به جسمی با جرم معین حرارت داده شود شدت گرمای آن بیشتر شده و در نتیجه دمای آن افزایش می یابد.

برای اندازه گیری دما باید اثر دما را روی یک جسم فیزیکی مطالعه کرد. به عنوان مثال، وقتی به جیوه حرارت دهیم مولکول ها سریع تر حرکت می کنند. تعداد برخورد بین مولکولها بیشتر شده و باعث می گردد تا آنها از یکدیگر بیشتر دور شوند و جیوه منبسط گردد. انبساط جیوه را در یک لوله باریک شیشه ای مشابه آنچه که در ترمومترها(دماسنج ها) استفاده می شود، می توان مشاهده نمود.

وقتی جیوه از لوله بالا می رود (انبساط می یابد)، به این معناست که دما افزایش یافته است. برای آنکه بتوانیم تغییرات دما را با عدد بیان کنیم لازم است تا از یک مقیاس استفاده نماییم.

چهار نوع مقیاس وجود دارد که معمولاً در نمایش دمای ترمومترها استفاده می شود.

۱ـ فارنهایت ۲ـ سلسیوس ۳ـ کلوین ۴ـ رانکین .



تمامی این مقیاس ها به واحدهایی که درجه نامیده می شوند، تقسیم می گردند. این تقسیمات در هر مقیاسی که باشند با فواصل یکسان از یکدیگر قرار می گیرند، ولی هر درجه در مقیاس های فوق نشان دهنده مقدار یکسانی از دما نمی باشند.

اگر نقاط انجماد و جوش آب را با مقیاسهای فارنهایت و سلسیوس مقایسه کنیم متوجه می شویم که اعداد متفاوتی بدست می آید. در مقیاس فارنهایت نقطه انجماد ۳۲ درجه فارنهایت و نقطه جوش ۲۱۲ درجه فارنهایت می باشد، ولی در مقیاس سلسیوس نقطه انجماد صفر درجه سلسیوس و نقطه جوش ۱۰۰ درجه سلسیوس ملاحظه می گردد.

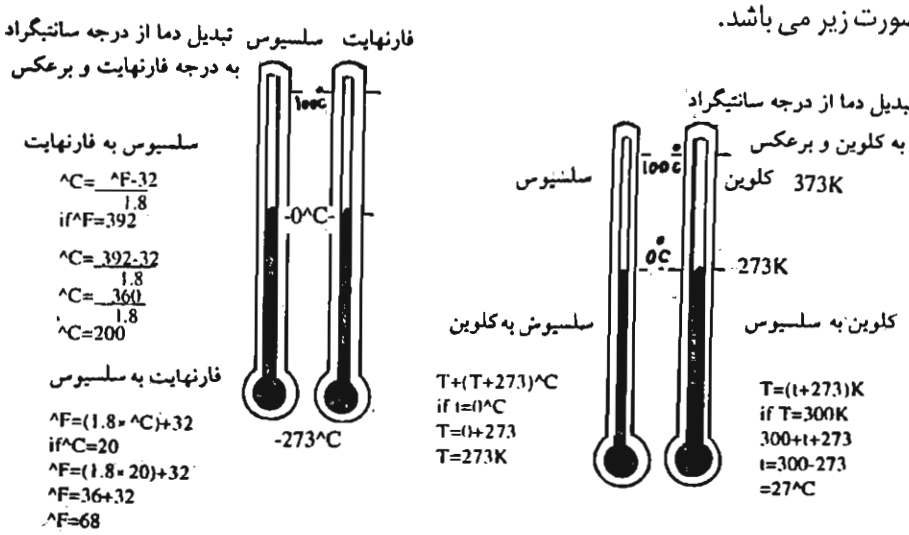
تعداد تقسیمات یا درجه های بین این دو نقطه در مقیاس های مختلف نیز متفاوت است.در مقیاس فارنهایت بین این دو نقطهٔ ۱۸۰ درجه و در مقیاس سلسیوس ۱۰۰ درجه درنظر گرفته شده است. گرچه هر دو نشان دهنده تغییرات مشابه دما بین دو نقطه مشابه می باشند.

در دو مقیاس دیگر «کلوین و رانکین» از صفر مطلق به عنوان نقطه صفر مبنا استفاده می شود که کمترین دمایی است که می تواند در یک مقیاس وجود داشته باشد.

صفر مطلق دمایی است که در آن حرکت مولکولها کاملاً متوقف می شود و بنابراین کمترین دمایی است که قادر خواهیم بود به آن دست یابیم.

۱ ـ ۳ ـ تبدیل مقیاس های دما به یکدیگر

برای مقایسه دماها در مقیاس های مختلف، باید روش تبدیل از یک مقیاس به مقیاس دیگر را فرا گیریم. فرمول تبدیل مقیاس سلسیوس به فارنهایت و سلسیوس به کلوین به صورت زیر می باشد.



۱ ـ ۴ ـ مقیاس بین المللی دما (ITS)

مقیاس بین المللی دما در طول مدت زمانی طولانی تکوین یافته است. با گسترش تجارت و تکنولوژی در قرن نوزدهم، تصمیم به ابداع نوعی استاندارد بین المللی برای اوزان و اندازه ها گرفته شد که البته شامل دما نیز می گردید.

نقاط ثابت اولیه مربوط به مقیاس بین المللی دمای (I.T.S.90)

	K	°C
*نقطه سه گانه هیدروژن	۱۳/۸۱	-۲۵۹/۳۴
* تعادل بین مایع و بخار هیدروژن در اتمسفر استاندارد۲۵/۷۶	۱۷/۰۴۲	-۲۵۶/۱۰۸
* نقطه جوش عادی هیدروژن	۲۰/۲۸	-۲۵۲/۸۷
* نقطه جوش عادی نئون	۲۷/۱۰۲	-۲۴۶/۰۴۸
* نقطه سه گانه اکسیژن	۵۴/۳۶۱	-۲۱۸/۷۸۹
* نقطه جوش عادی اکسیژن	۹۰/۱۸۸	-۱۸۲/۹۶۲

❋ نقطه سه گانه آب	۲۷۳/۱۶	۰/۰۱
❋ نقطه جوش عادی آب	۳۷۳/۱۵	۱۰۰۰
❋ نقطه انجماد عادی روی	۶۹۲/۷۳	۴۱۹/۵۸
❋ نقطه انجماد عادی نقره	۱۲۳۵/۰۸	۹۶۱/۹۳
❋ نقطه انجماد عادی طلا	۱۳۳۷/۵۸	۱۰۶۴/۴۳

یازده نقطه ثابت اولیه فوق در سطح بین المللی مورد قبول واقع گردیده است که به عنوان مقادیر دمایی استاندارد معروف می باشند. حالت های تعادلی فوق الذکر را می توان مجدداً ایجاد کرد که نقاط ثابت معرف نامیده می شوند و در مدرج سازی ابزارهای اندازه گیری دما مورد استفاده قرار می گیرند.

نقاط ثابت ثانویه

نقاط ثابت اولیه عمدتاً در دماهای پایین قرار دارند و از دماهای بالاتر ثابت، فاصله زیادی دارند.

این نقاط تحت شرایطی که بازسازی دقیق آنها دشوار است، بدست آمده اند. لازم است همواره درنظر داشته باشید که این مقیاس ها بسیاردقیق می باشند. نقاط ثابت ثانویه برای مدرج سازی کارگاهی مناسب است که در محدوده دماهای بین نقاط ثابت اولیه قرار می گیرند.

این نقاط ثابت ثانویه بیست و سه نقطه می باشند که نقطه انجماد آب (نقطه یخ زدن) یکی از آنهاست.

برخی نقاط ثابت ثانویه	K	C
نقطه انجماد جیوه	۲۳۴/۲۸۸	-۳۸/۸۶۲
نقطه یخ	۲۷۳/۱۵	٪
نقطه یخ زدن سرب	۶۰۰/۶۲۵	۳۲۷/۵۰۲
نقطه جوش گوگرد	۷۱۷/۸۲۴	۴۴۴/۶۷۴
نقطه ذوب تنگستن	۳۶۶۰	۳۳۸۷

مایع	محدوده کارکرد	ملاحظات
الف) جیوه	۳۵- تا ۵۰۰ درجه سانتی گراد	دمای جوش عادی جیوه حدود ۳۷۵ درجه سانتیگراد است . برای اندازه گیری دماهای بالاتر فضای بالای جیوه از گاز بی اثری مثل نیتروژن پر می شود که باعث می گردد نقطه جوش جیوه بالا رود .
ب) الکل	۸۰- تا ۷۰ درجه سانتی گراد	
ج) تولوئن	۸۰- تا ۱۰۰ درجه سانتی گراد	به ندرت استفاده می شود
د) پنتان	۲۰۰- تا ۳۰ درجه سانتی گراد	به ندرت استفاده می شود

کد حرفی	نام	محدوده دمایی بر حسب درجه سانتی گراد
J	آهن ـ کنستانتن	۰تا ۷۰۰
K	کرومل ـ آلومل	۰تا ۲۶۰۰
T	مس ـ کنستانتن	۱۸۸تا۳۷۱
E	کرومل ـ کنستانتن	۰تا ۸۷۱
S	پلاتینیوم ـ پلاتینیوم ۱۰٪ رادیوم	۰تا ۱۶۵۰
R	پلاتینیوم ـ پلاتینیوم ۱۳٪ رادیوم	۰تا ۱۶۵۰
B	پلاتینیوم ۳۰٪ رادیوم ـ پلاتینیوم ۶٪ رادیوم	۵۰۰تا۱۸۰۰
N	نیکروسیل در نیسیل	۰تا ۱۳۰۰

۲ـ ابزارهای اندازه گیری دما از نوع تماسی

۲ ـ ۱ ـ ترمومترهای سیالی

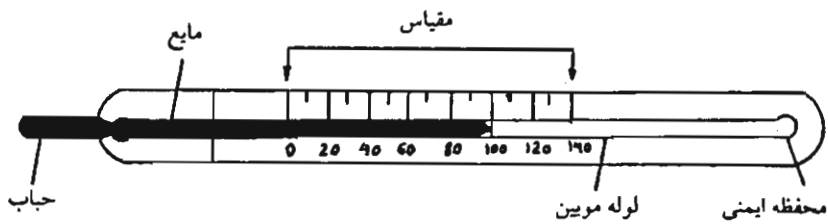
ترمومترهای«شیشه ای حاوی مایع» رایج ترین ترمومترهای مکانیکی می باشند.

از ترمومترهای«شیشه ای حاوی مایع » در چندین فرآیند مختلف استفاده می شود و به انواع گوناگونی که متناسب با نیازهای گوناگون کاری است، ساخته می شوند.

ترمومترهای«حاوی مایع» بسیار شکننده بوده و همین امر باعث محدود شدن مصرف آنها در محیط های صنعتی می گردد.

در مکان های صنعتی وقتی از این نوع ترمومترها استفاده می گردد، معمولاً در یک محفظه فلزی و یک توری قوی شیشه ای محافظت می شوند.

این نوع ترمومترها برای کنترل اتوماتیک فرآیندها مناسب نمی باشند، زیرا تنها امکان مشاهده بصری را فراهم می سازند و هیچ خروجی الکتریکی یا مکانیکی ندارند.



پنج قطعه اصلی ترمومترهای حاوی مایع به شرح زیر می باشند:

۱ـ یک حباب

۲ـ مایع

۳ـ لوله مویین

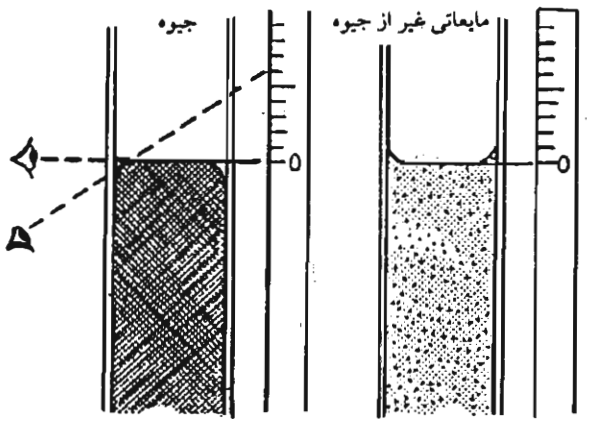
۴ـ مخزن بار بیش از حد (محفظه ایمنی)

۵ـ مقیاس

حباب حاوی مایعی است که به هنگام گرم یا سرد شدن از لوله مویین بالا رفته یا پایین می آید. لوله مویین حاوی یک مخزن «بار بیش از حد» در قسمت انتهایی بالا می باشد.

این مخزن از پرشدن لوله مویین و ایجاد فشار بیش از حد که باعث شکسته شدن لوله

می گردد، ممانعت به عمل می آورد. مقیاس، با درجه تقسیم بندی شده و می تواند یا به صورت دایمی روی لوله حک شده و یا روی یک پلاک قابل تنظیم جداگانهٔ درج گردد.



ترمومترهای حاوی مایع برمبنای اصل انقباض و انبساط کار می کنند . هنگامی که مایع حرارت می بیند و یا سرد می گردد از لوله مویین بالا رفته یا پایین می آید. این حرکت را می توان با خواندن ارتفاع مایع در مقابل مقیاس مربوطه اندازه گیری نمود. دقت خاصی باید در خواندن سطح دقیق مایع که در مرکز قوس انتهایی مایع واقع می باشد، صورت گیرد.

اطمینان حاصل نمایید که خط دید در راستای مرکز قوس قرار گیرد تا از خطای دید ناشی از انکسار شیشه جلوگیری به عمل آید.

انواع مایع های مورد استفاده

انواع متعددی از مایعات را می توان در ترمومترها استفاده نمود. نوع مایعی که انتخاب می شود بستگی دارد به محدوده دمایی که قرار است اندازه گیری شود.

مایع	محدوده	ملاحظات
الف) جیوه	۳۵°C الی ۵۰۰ °C	نقطه جوش عادی جیوه حدود ۳۷۵ درجه سانتیگراد است . برای اندازه گیری دماهای بالاتر،فضای بالای جیوه را با گازی غیرفعال (معمولاً نیتروژن) پر می کنند . این کار نقطعه جوش جیوه را بالاتر می برد
ب) الکل	۸۰°C الی ۷۰ °C	
ج) تولوئن	۸۰°C الی ۱۰۰ °C	به ندرت استفاده می شود
د) پنتان	۲۰۰°C الی ۳۰ °C	به ندرت استفاده می شود

جدول فوق نشان دهنده محدوده دمایی برای چهار سیالی است که معمولاً مورد استفاده قرار می گیرد؛ جیوه، الکل، تولوئن و پنتان.

ترمومترهای«شیشه ای حاوی مایع» پرهزینه نمی باشند و چنانچه شک و شبهه ای در صحت کارکرد آنها وجود دارد، بایستی تعویض گردند. به عنوان مثال اگر در ستون جیوه شکستی ایجاد شده باشد، باید تعویض شوند.

نکات ایمنی:

یکی از مضرات جیوه این است که بالقوه برای سلامتی انسان و محیط زیست خطرناک است. اگر یک ترمومتر جیوه ای شکسته شود توجه داشته باشید که محیط فرآیند را باید سریعاً از وجود جیوه نشت یافته پاکیزه نمود.

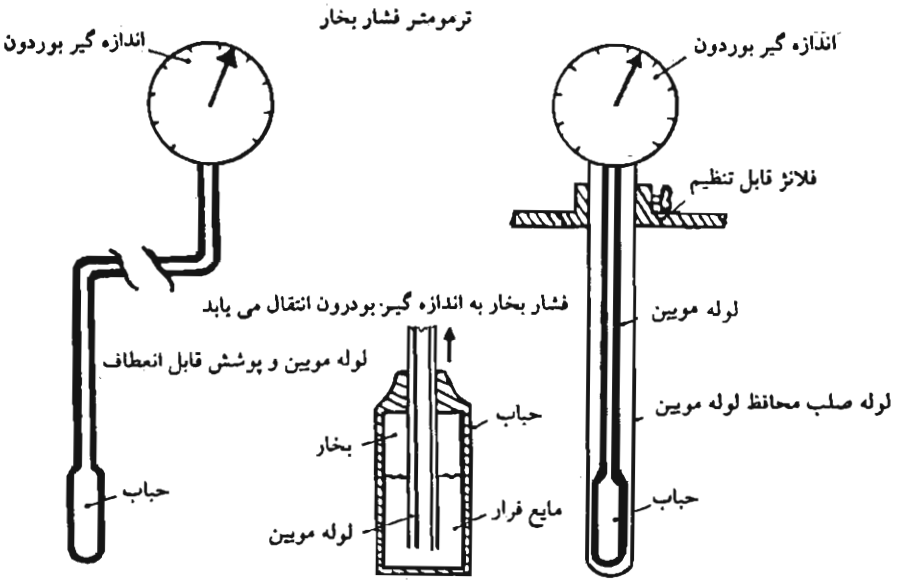
۲ ـ ۲ ـ ترمومترهای حباب فلزی

ترمومترهای«شیشه ای حاوی مایع» طبیعتاً شکننده هستند و این امر باعث محدودیت استفاده آنها در صنایع می گردد. انواع حباب فلزی این ترمومترها بسیار زمخت تر بوده و می توان آنها را نیز مدرج نمود. این نوع ترمومترها متشکل از یک حباب فلزی هستند که این حباب به یک لوله بوردون و یا یک واحد دیافراگمی توسط یک لوله مویین فلزی متصل می گردد.

عمدتاً دو نوع از این ترمومترها وجود دارد.

* نوع ساقه صلب (سخت)
* نوع لوله های مویین قابل انعطاف

اجزاء کلی این نوع ترمومتر در شکل زیر ارایه شده است:



نوع ساقه صلب (سخت)

لوله مویین در داخل یک لوله محافظ صلب قرار می گیرد. گیره ای در نزدیکی انتهای فوقانی ساقه آنها قرار دارد که قرار دادن حباب در موقعیت های از پیش تعیین شده و به عنوان مثال در عمق خاصی از یک مخزن را امکان پذیر می سازد.

نوع لوله های مویین قابل انعطاف

در این نوع ترمومترها معمولاً لوله مویین بلندتری استفاده می شود تا امکان خواندن ترمومتر در فواصل دورتری از حباب میسر گردد. لوله مویین اغلب توسط یک محفظه قابل انعطاف یا شبکه های سیمی محافظت می گردد.

چهار نوع ترمومتر حباب فلزی مورد استفاده قرار می گیرد که ممکن است بعضی از آنها شامل یک سیستم نیوماتیکی (بادی) نیز باشند که به عنوان انتقال دهنده عمل کند.

این چهار نوع عبارتند از:

* پرشده از مایع
* پرشده از بخار
* پرشده از گاز
* پرشده از جیوه

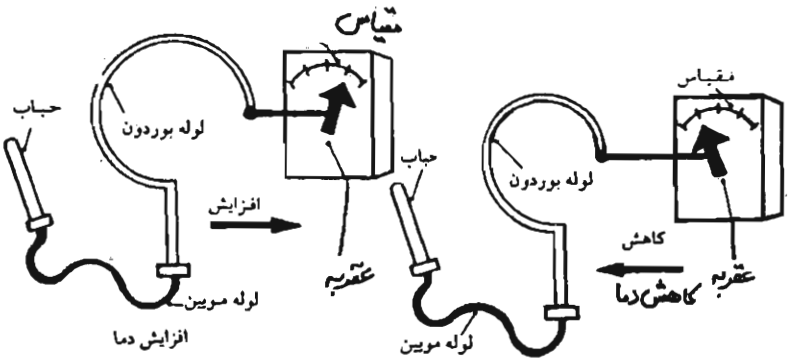
***سیستم های پر شده از مایع**

در یک سیستم پرشده از مایع، لوله مویین، لوله بوردون و حباب با یک مایع حساس به گرما پر می شود. در اکثر قریب به اتفاق این نوع ترمومترها تنها حباب ترمومتر با جسمی که قرار است دمای آن اندازه گیری شود در تماس قرار می گیرد.

حباب به عنوان مخزن، برای ذخیره سازی مایع حساس به دما عمل می نماید و بسیار شبیه به ترمومتر سیالی می باشد. هنگامی که دمای حباب افزایش می یابد، سیال انبساط یافته ،ولی چون سیستم پر از مایع است، از افزایش حجم آن جلوگیری به عمل می آید و در نتیجه باعث افزایش فشار در مایع می گردد. فشار حاصله از طریق لوله مویین به لوله بوردون انتقال می یابد که این امر به صورت تمایل به مستقیم کردن خم لوله ظاهر می گردد.

هرچه مایع درون ترمومتر خنک تر شود، فشار مایع موجود در لوله مویین افت کرده و لوله بوردون به حالت بدون فشار خود خم می گردد.

عملکرد لوله بوردون هنگام تغییر دما

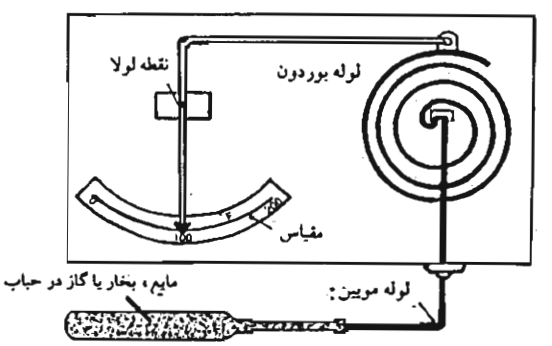


وقتی لوله بوردون مستقیم شده و یا خم می شود، اهرم بندی متصل به خود را حرکت می دهد. این اهرم بندی، عقربه ای را روی یک صفحه درجه بندی شده حرکت می دهد.

ترمومترهای پرشده از مایع علی رغم ترمومترهای سیالی، امکان خواندن دما را از دور بدلیل نوع طراحی لوله مویین آنها امکان پذیر می سازد. در بسیاری از کاربردهای صنعتی، امکان خواندن دما از دور بسیار مناسب تر از خواندن آن در محل پروسه می باشد. در خیلی از موارد سعی در خواندن دما در محل فرآیند یا بسیار مشکل است یا احتمال خطرناک بودن آن وجود دارد.

از سویی بسیار مفیدتر خواهد بود اگر بتوان دماهای اندازه گیری شده از نقاط مختلف را در یک محل مرکزی یا اتاق کنترل نظارت نماییم.

*ترمومترهای پرشده از بخار



ترمومترهای پرشده از بخار، ترکیبی از ترمومترهای پرشده از گاز و مایع می باشند.
این ترمومترها دارای اجزاء زیر هستند:

* یک حباب
* مایعی که به سرعت بخار می شود
* یک لوله بوردون
* یک نشانگر یا عقربه

وقتی جسمی از مایع به بخار تبدیل می شود، به نحوی انبساط می یابد که حجم ظرف خود را اشباع سازد. از آنجایی که سیستم پر بوده و منفذی هم در آن برای فرار بخار وجود ندارد، حجم آن ثابت می ماند. وقتی مایع درون لوله گرما می گیرد، قسمت عمده آن به بخار تبدیل شده و بنابراین فشار درون لوله بوردون افزایش می یابد. حرکت لوله بوردون باعث حرکت عقربه شده و دمای بالاتری را نشان می دهد. وقتی مایع خنک شود،لوله بوردون شروع به خم شدن می نماید،عقربه به سمت پایین برگشته و دمای پایین تری را نشان می دهد.

***ترمومترهای پرشده از گاز**

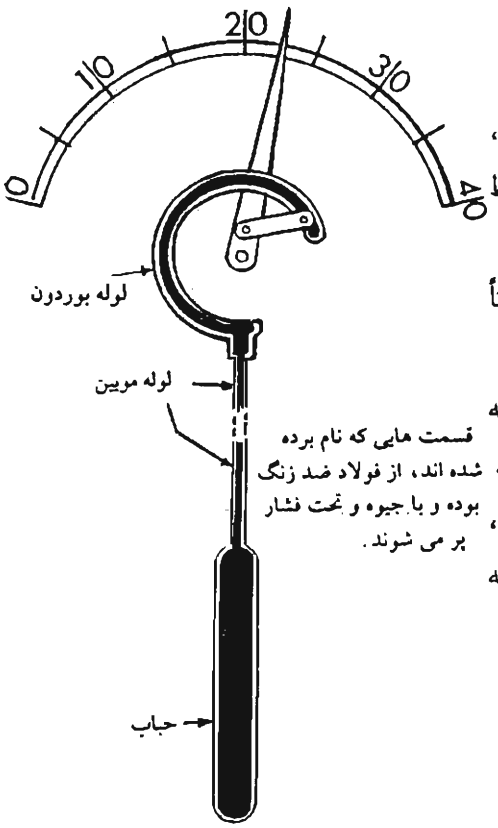
گازها نیز مشابه مایعات به تغییر دما پاسخ می دهند و بنابراین از آنها می توان برای اندازه گیری دما استفاده کرد. ترمومترهای پر شده از گاز با اصولی مشابه با انواع پرشده از بخار کارکرده و از نظر فیزیکی مشابه می باشند.

ترمومترهای پرشده از گاز متشکلند از:

*حبابی که گاز در آن ذخیره‌می گردد
* یک لوله بوردون

گاز هنگامی که گرم می شود تمایل به انبساط می یابد و بنابراین باعث افزایش فشار در ترمومتر و لوله بوردون می گردد.

این امر موجب می شود تا لوله به سمت مستقیم شدن حرکت کند و عقربه ای را که روی صفحه درجه بندی دما قرار دارد، حرکت دهد. وقتی دما کاهش یابد لوله ، خم شده و دمای جدیدی نشان داده خواهد شد.



*** ترمومترهای پرشده از جیوه**

این ترمومترها از انواعی هستند که حباب، لوله مویین و لوله بوردون آنها تماماً توسط مایع پرشده و سپس پلمپ می شوند.

این نوع ترمومترها با نرخ انبساطی نسبتاً زیاد مایع درون حباب (جیوه) کار می کنند.

با افزایش دمای درون حباب، لوله بوردون تمایل به مستقیم شدن پیدا می نماید. حرکت لوله بوردون توسط یک مکانیزم، بزرگ نمایی می شود که باعث حرکت عقربه شده و در نهایت دما را نشان می دهد.

استفاده از جیوه در ترمومترهای فولادی دارای مزایای زیر است:

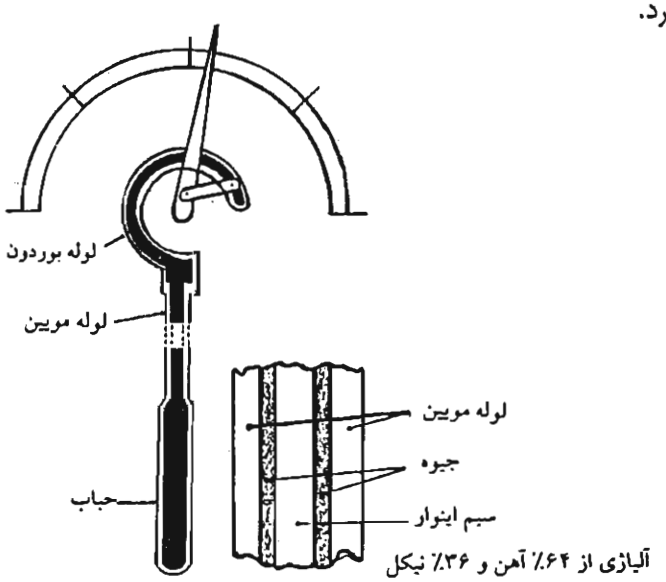
- ساختمان ساده و درعین حال غیرظریف
- طراحی کلی ارزان قیمت
- خودکار ـ بدون نیاز به منبع انرژی خارجی
- ارایه دما از راه دور
- حساسیت، دقت و زمان عکس العمل خوب

۲ ـ ۳ ـ خنثی کردن دمای محیط:

به دلیل نوع طراحی، ترمومترهای پرشده از سیال به صورت اجتناب ناپذیری تحت تاثیرخطای ناشی از تغییرات دمای محیط می باشند. در این نوع ترمومترها هرگونه تغییری در دمای محیط، در لوله بوردون یا در طول لوله مویین، باعث تغییر حجم کلی سیال درون آن

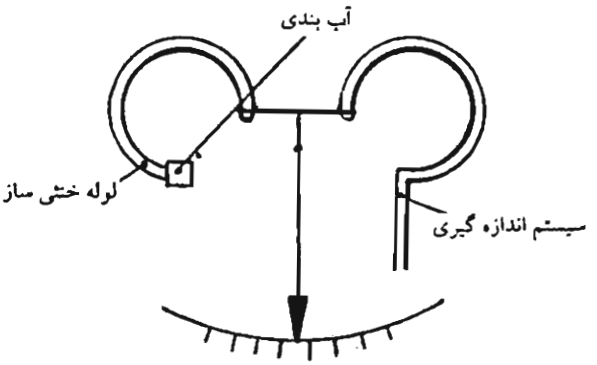
می گردد و همین امر باعث ایجاد خطا دراندازه گیری می شود،زیرا ترمومتر به تغییرحجم سیال درون خود درهرقسمت آن حساس است وتنها تحت تأثیر وقایع تغییر دمای حباب نمی باشد.

در ترمومترهای پرشده از جیوه خطای ناشی از دمای محیط را که باعث انبساط لوله مویین فلزی می گردد، می توان جبران نمود. این کار با وارد کردن یک سیم فلزی اینوار [۴] در امتداد تمام طول لوله مویین صورت می گیرد.هدف از بکارگیری سیم یادشده، جبران میزان انقباض یا انبساط جیوه در لوله مویین می باشد تا مقدار جیوه موجود را کم یا زیاد نماید و اثر آن این است که هرچه جیوه کمتری در لوله باشد، کمتر تحت تاثیر تغییرات دمایی محیط قرار می گیرد.

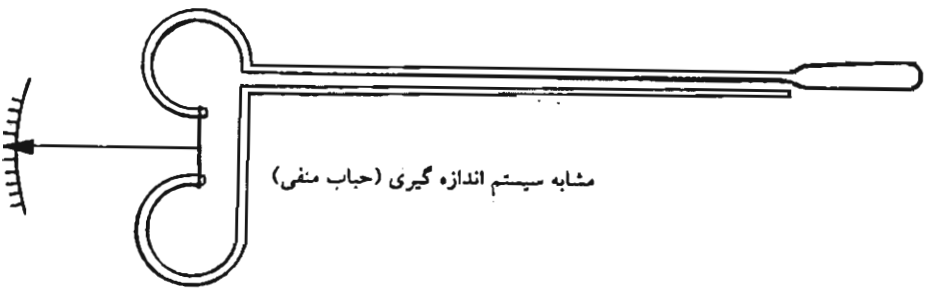


در ترمومترهای پرشده از سیال که دارای لوله های مویین نسبتاً کوتاهی هستند، خطای ناشی از تغییرات دمای محیط غالباً در ابزارهای حس کننده فشار آنها رخ می دهد. در این نوع ترمومترها معمولاً حجم سیال یا گاز داخل لوله مویین به حدی نیست که ترمومتر تأثیر عمده ای از تغییرات دمایی محیط را بپذیرد.

4 - Invar wire



ابزارهایی که معمولاً به منظور جبران اثر تغییرات دمای محیط روی اجزاء حس گر فشار به کار می روند، لوله های بوردون آب بندی شده و یا نوارهای دوفلزی می باشند.



روش دیگری که بکار برده می شود قرار دادن یک سیستم حرارتی ثانویه در عضو اندازه گیری دما و در امتداد لوله موبین می باشد تا دمای صحیح را با حذف خطای ناشی از تغییرات دمای محیط ارایه دهد.

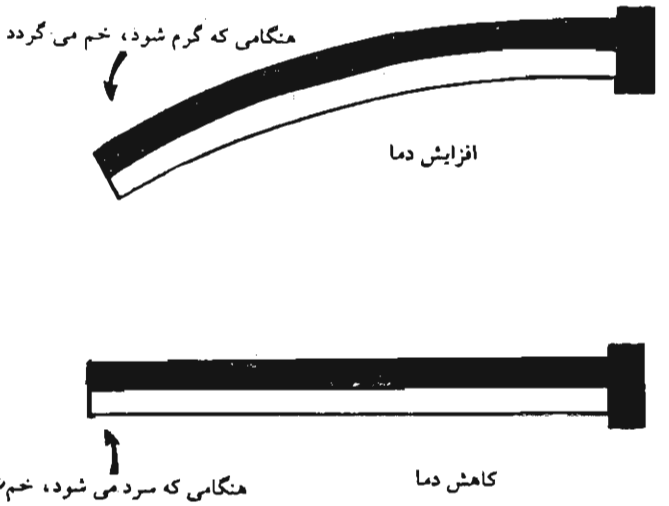
۲ ـ ۴ ـ ترمومترهای دوفلزی

همانطور که قبلاً شرح داده شده، مایعات و گازها نسبت به تغییر دما با انبساط یا انقباض پاسخ داده و همین خاصیت مبنای عملکرد ترمومترهای سیالی و یا ترمومترهای پرشده از سیال می باشد.

جامدات نیز با تغییر دما منبسط و منقبض می شوند و اصول عملکرد ترمومترهای دو فلزی نیز برمبنای انبساط و انقباض جامدات قرار دارد.

انواع المان های دو فلزی

یک نوار دو فلزی، متشکل از دو فلز غیریکسان است که کاملاً به یکدیگر متصل گردیده اند.



در شکل نشان داده شده، قسمت فوقانی نوار از فلزی تشکیل شده است که دارای ضریب انبساط بیشتری نسبت به نوار پایینی می باشد. هنگامی که مجموعه دو فلزی در معرض حرارت قرار می گیرد، نوار بالایی از نوار پایینی بیشتر منبسط شده و بنابراین مجموعه دو فلزی به سمت نشان داده شده خم می گردد. در هنگام سرد شدن نیز نوار فوقانی بیش از نوار پایینی منقبض شده و مجموعه دو فلزی در هنگام کاهش دما در جهت عکس تمایل به خم شدن پیدا می نماید.

المان های مارپیچ

نوارهای دو فلزی در ترمومترهای دو فلزی غالباً به صورت مارپیچ قرار می گیرند. اکثر ترمومترهای دو فلزی دارای نوارهایی هستند که هنگام حرارت دیدن باز می شوند. ولی در برخی نمونه ها، نوارمربوطه هنگام گرم شدن دارای خم بیشتری می گردد.

حرکت باز شونده المان مارپیچ، عقربه را به سمت ارایه دمای بالاتر حرکت می دهد.

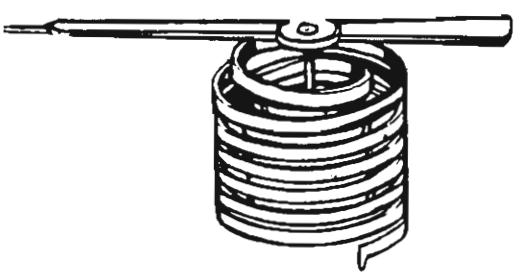
هنگامی که دما کاهش می یابد، مارپیچ خم بیشتری برداشته و عقربه دمای کمتری را نشان می دهد.

به این دلیل که المان های مارپیچ و حلزونی فضای کمتری را اشغال می کنند از آنها بجای المان مستقیم در ترمومترهای دو فلزی استفاده می گردد. همچنین مقدار حرکت عقربه بیشتر خواهد بود و این به معنای حساسیت بیشتر ترمومترنسبت به تغییرات دما می باشد.

گاهی المان های مارپیچ برای استفاده در کاربردهای صنعتی، بیش از حد حجیم می باشند. به عنوان مثال، برای اندازه گیری دمای سیالی در فرآیندی که در یک لوله بزرگ جریان دارد، المانی برای حس کردن دما لازم است که به اندازه کافی برای رسیدن به سیال طویل باشد. برای این نوع اندازه گیریهای دما، ترمومترهای دو فلزی با المان های مارپیچ طولانی تری نیاز می باشد.

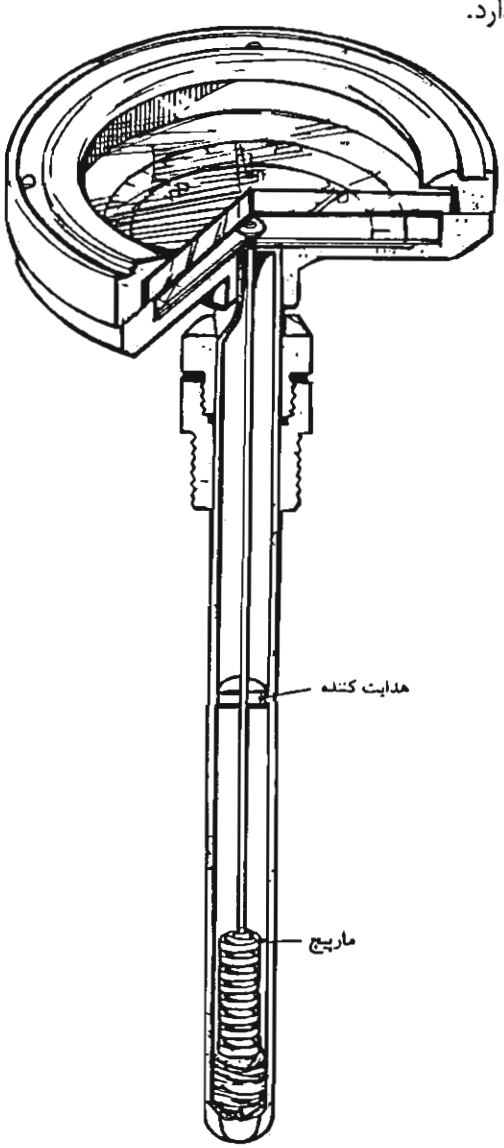
المان های حلزونی

المان های مارپیچ طولانی تر را اغلب المان های حلزونی می نامند. هنگامی که یک المان حلزونی حرارت می بیند با باز شدن از هم عکس العمل نشان می دهد. باز شدن نوار مارپیچ محوری را حرکت می دهد و آن نیز به نوبه خود عقربه را به سمت ارایه دمای بالاتر در صفحه مدرج حرکت می دهد. هنگامی که مارپیچ خنک می شود، دارای خم بیشتری شده و عقربه را وادار به ارایه دمای کمتری می نماید.



درشکل نمونه ای از یک ترمومتر دو فلزی نشان شده است که همانند ترمومترهای

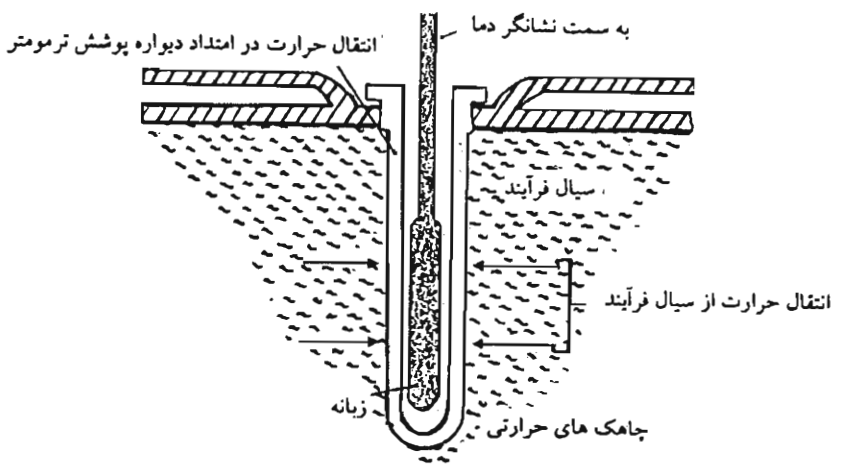
پرشده از سیال دارای یک عقربه و یک صفحه درجه بندی شده برای خواندن دما می باشد. لوله موجود در ترمومترهای دو فلزی وظیفه نگهدارنده قسمت دوکی شکل زیر عقربه و المان دو فلزی را به عهده دارد.



۲ - ۵ - چاهک های حرارتی

دقیق ترین روش اندازه گیری دمای یک فرآیند، قرار دادن ابزار حس گر دما به صورت مستقیم در داخل آن فرآیند می باشد، ولی این عمل مضرات خود را نیز به همراه دارد، به عنوان مثال، نگه داشتن وسیله در آن شرایط مشکل است، زیرا آن را نمی توان در حالی که فرآیند در حال اجراست از سیستم خارج کرد. از طرفی ممکن است فرآیند مزبور از نوع خورنده باشد و به ترمومترهای استاندارد که تنها از مواد خاصی باید ساخته شوند. آسیب وارد سازد. به منظور پیشگیری از این موارد ابزار حسگر دما را می توان در داخل لوله ای که چاهک حرارتی نامیده می شود، قرار داد.

بکارگیری این چاهک علاوه بر اینکه اندازه گیری دقیق دما راامکان پذیر می سازد، باعث حفاظت بیشتر ابزارحسگر شده و تعمیر و نگهداری آن رانیز امکان پذیر می سازد.



چاهک حرارتی به دیواره ظرف متصل می گردد و در مواردی که حسگر با چاهک در تماس قرار گیرد، حرارت به روش هدایت از فرآیند به ابزار حسگر انتقال می یابد. در سایر مکان ها حرارت به صورت تشعشع به ابزار حسگر انتقال می یابد.

طول چاهک حرارتی در میزان دقت دمای اندازه گیری شده بسیار موثر است و به عنوان یک قانون کلی طول چاهک، باید حداقل سه برابر طول ابزار حس گر باشد.

استفاده از چاهک، باعث می گردد سرعت عکس العمل وسیله حسگر دما به تغییرات دما کاهش یابد. ترمومتری که مستقیماً در فرآیند قرار می گیرد ظرف ۳۰ الی ۹۰ ثانیه به حالت تعادلی خود می رسد ولی وقتی داخل چاهک قرار داده شود چندین دقیقه نیاز است تا به نقطه مشابهی برسد. این اثر منفی در زمان عکس العمل را می توان با پرساختن چاهک از مایعی که انتقال دهنده خوب حرارت محسوب گردد مثلاً روغن سیلیکون، کاهش داد.

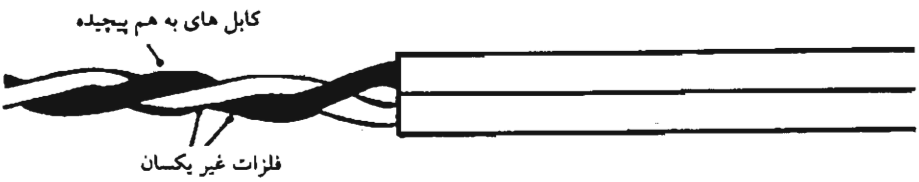
۳ـ ابزارهای اندازه گیری دما از نوع الکتریکی

انواع مختلفی از ابزارهای اندازه گیری دما در صنعت وجود دارد که بسیاری از آنها از الکتریسیته به عنوان مبنای اندازه گیری استفاده می کنند. رایج ترین حس گرهای الکتریکی دما که معمولاً به کار می روند انواع زیر می باشند:

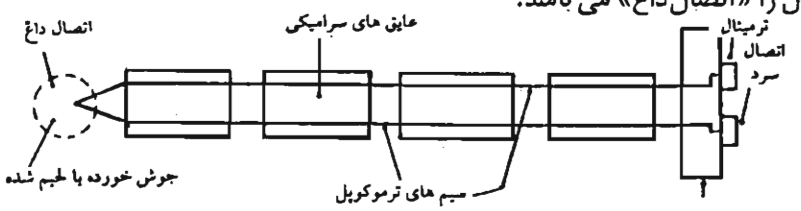
- ترموکوپل ها
- ترمومترهای مقاومتی

۳ ـ ۱ ـ ترموکوپل ها

ترموکوپل ها دما را به کمک پدیده ترموالکتریک نشان می دهند.

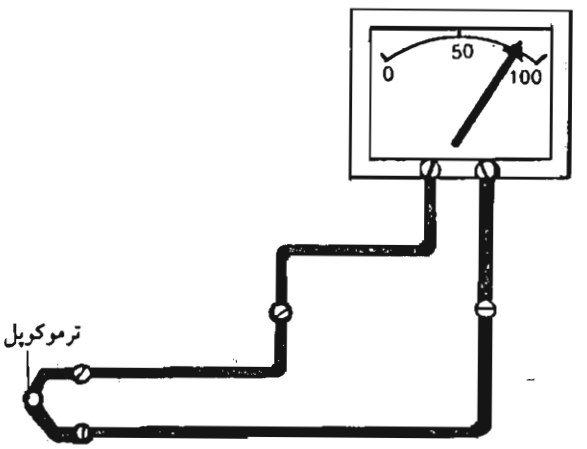


ترموکوپل، متشکل از دو سیم می باشد که از فلزات غیریکسان درست شده اند و به هم پیچانده شده یا جوش داده می شوند تا یکپارچه شده و یک اتصال را تشکیل دهند، این اتصال را «اتصال داغ» می نامند.



درترموکوپل های صنعتی، سیم های غیریکسان در رأس خود به وسیله جوش یا لحیم به یگدیگر متصل می گردند. انتهای غیرمتصل سیم ها به ترمینال (پایانه) و از خلال یک هد(سرک) چینی وصل می گردد که به اتصال سرد موسوم می باشد.

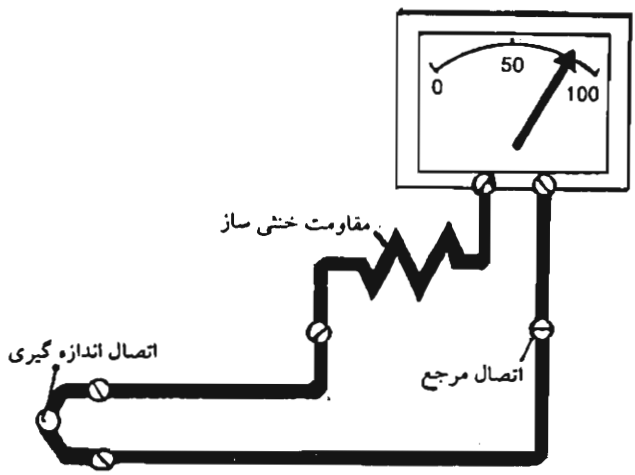
ترمینال های (پایانه های) موجود در هد (سر) عایق به وسیله اندازه گیری وصل می شوند که می توان به مقدار قابل توجهی از محل فرایند دورتر باشد. ترموکوپل توسط سرامیک و غلاف های فلزی عایق بندی و محافظت می گردد. هنگامی که اتصال داغ در معرض تغییرات دمایی واقع می گردد؛ ترموکوپل ، ولتاژی را بسته به دمای مورد نظر تولید می نماید.



هنگامی که ترموکوپل را به یک مدار الکتریکی متصل نماییم، ولتاژ تولیدی را می توان اندازه گیری نمود. ولتاژ خوانده شده را می توان توسط جدولی به دما تبدیل کرد. برخی از وسایل اندازه گیری ولتاژ دارای مقیاسی هستند که مستقیماً می توان دما را از روی آنها خواند.

تغییرات دمای محیط را باید خنثی نمود، زیرا تغییر دما در اتصال سرد، خطای اندازه گیری را افزایش می دهد.

این خطا را می توان با اضافه کردن یک مقاومت که به دما حساس است به مدار الکترونیکی اندازه گیری دما و یا با استفاده از یک نوار دو فلزی برای تنظیم صفر اندازه گیر جبران نمود.



اگر اتصال سرد در دمای ثابت نگه داشته شود و از سیم های مسی بجای سیم هایی که از جنس ترموکوپل هستند برای انتقال جریان به اندازه گیر استفاده شود، دیگر نیازی به جبران خطا نخواهد بود.

۳ ـ ۲ ـ انواع ترموکوپل ها

ترموکوپل هایی متشکل از چندین نوع فلز موجود می باشند که در عمل، نتایج رضایت بخشی را ارایه نموده اند. ترکیب فلزات بکار رفته محدوده کارکرد هر ترموکوپل را مشخص می کند. حرف هایی نیز برای مشخص کردن هر نوع درنظر گرفته شده است.

کدحرفی، نشان دهنده ترکیب فلزات استفاده شده در آن ترموکوپل خاص بوده و همچنین محدوده دمایی که عمل می کند را نشان می دهد.

.وقتی ترموکوپلی به یک مدار الکتریکی متصل می گردد، اگر قطب بندی سیمها رعایت نگردد، عملکرد صحیحی را نخواهد داشت. یکی از روشهای تعیین قطب بندی سیمهای

ترموکوپل، بازدید کدهای رنگی روی عایقها است.

در اکثر مواقع لازم است تا ازسیمهای اضافی در مدار ترموکوپل استفاده شود که عایق این سیم ها نیز دارای کدهای رنگی می باشد.

۳ ـ ۳ ـ کدبندی رنگی

کدهای رنگی

کدهای رنگی بین المللی برای عایق سازی ترموکوپل .

نوع ماده	کابل	انگلیسی	آمریکایی	آلمانی	فرانسه
K (سیم گسترش)	خارجی پایه + پایه -	قرمز قهوه ای آبی	زرد زرد قرمز	سبز قرمز سبز	زرد زرد قرمز
J (سیم گسترش)	خارجی پایه + پایه -	سیاه زرد آبی	سیاه سفید قرمز	آبی قرمز آبی	سیاه زرد سیاه
T (سیم گسترش)	خارجی پایه + پایه -	آبی سفید آبی	آبی آبی قرمز	قهوه ای قرمز قهوه ای	آبی زرد آبی
E (سیم گسترش)	خارجی پایه + پایه -	قهوه ای قهوه ای آبی	ارغوانی ارغوانی قرمز		
N (سیم گسترش)	خارجی پایه + پایه -	نارنجی نارنجی آبی	نارنجی نارنجی قرمز		
R+S (خنثی ساز)	خارجی پایه + پایه -	سبز سفید آبی	سبز سیاه قرمز	سفید قرمز سفید	سبز زرد سبز
B (خنثی ساز)			لازم نیست		
K (خنثی ساز)	خارجی پایه + پایه -	قرمز سفید آبی	قرمز قهوه ای قرمز	سبز قرمز آبی	قرمز زرد قهوه ای

۳ - ۴ - سیستم های سیم کشی

در شرایط عادی کار، معمولاً رسم نیست ابزار اندازه گیر دما را مستقیماً به ترموکوپل متصل نمایند، زیرا یا مستلزم نزدیکی بیش از حد ابزار اندازه گیری به نقطه ای است که دمای آن اندازه گیری می شود و یا ترموکوپل باید به حدی طویل باشد تا بتواند به صفحه کنترل برسد.

اتصالات خنثی ساز به سمت میلی ولت سنج و اتصال سرد

در عمل، اتصال سرد به وسیله کابل های رابط یا جبرانی به ابزار اندازه گیر متصل می گردد به منظور جبران از تغییر دمای محیط بر ابزار یاد شده، می توان از مقاومت های حساس به دما نیز استفاده نمود.

کابل های رابط

سیم های درون این کابل ها از جنس موادی است که مشابه با جنس خود ترموکوپل می باشد. این مسئله باعث می گردد که اتصالات ترموکوپلی بیشتری در محل اتصال، صورت نگیرد. این کابل ها می توانند بسیار گران قیمت باشند. خصوصاً اگر ترموکوپل از فلزات گران بهایی همچون پلاتینیوم ساخته شده باشد.

کابل های جبرانی

سیم های درون این کابل ها از موادی که بسیار ارزان تر از ترموکوپل می باشد، ساخته شده اند ولی دارای خواص ترموالکتریکی بسیار مشابهی با آنها در دمای محیط می باشند. این موضوع می تواند باعث بروز کمی خطا در اندازه گیری شود ولی در اغلب موارد مقدار آن قابل صرفنظر کردن است.

اگر به هر دلیل هرکدام از کابل های فوق الذکر مناسب تشخیص داده نشود، می توان از سیم های مسی بجای آنها استفاده کرد ولی باید توجه داشت، اتصال سرد که به ترموکوپل وصل است در دمای ثابتی نگه داشته شود.

۳ ـ ۵ ـ تست کردن ترموکوپل ها

معمولاً اتصالات ترموکوپل ها دچار لقی شده و باعث ایجاد خطا در ارایه دماهای اندازه گیری شده ،می گردد. اگر ترموکوپلی صحیح کار نکرد، اولین کاری که باید صورت گیرد بررسی اتصالات آن از نظر لقی است. بررسی را از اتصالات خود ترموکوپل و ثبت کننده شروع نمایید.

اگر تمامی اتصالات محکم هستند منبع خطا حتماً در محل دیگری قرار داد، یعنی در داخل ثبت کننده و یا داخل خود ترموکوپل می باشد.

ابتدا ضبط کننده را بررسی کنید، زیرا بسیار بیشتر از ترموکوپل دچار خرابی می شود. اگر شواهدی از خطا را در ثبت کننده مشاهده کردید به احتمال قوی عیب باید در ترموکوپل باشد. معمولاً وقتی ترموکوپل ها آسیب می بینند دیگر هیچ ولتاژی را از خود نشان نمی دهند و بنابراین در ثبت کننده نیز هیچ نوع علامت ثبت شده ای مشاهده نمی گردد.

نتیجه بررسی به عمل آمده، حکایت از وجود نقص در ترموکوپل دارد، در آن صورت آن را بازرسی نمایید.

این کار را باید با یک پتانسیومتر میلی ولتی انجام دهید.

معمولاً به یک سیم اضافی و یک ترمینال برای اتصال ترموکوپل به پتانسیومتر نیاز می باشد. باید دقت شود که در تمامی سیم کشی ها قطب بندی رعایت گردد.

وقتی ترموکوپل ها از طریق ترمینال اتصال یابند، ترموکوپل جدیدی ایجاد می گردد زیرا فلزات غیریکسانی در ترمینال ها وجود دارد. از آنجایی که اتصال ترموکوپل های ایجاد شده در دمای محیطی یکسان قرار دارند، ولتاژ یکسانی در هرکدام ایجاد شده و بنابراین ولتاژهای اتصالات یکدیگر را خنثی می نمایند.

اگر ترموکوپل به صورت صحیح به پتانسیومتر متصل گردد، ولتاژ خروجی را می توان تعیین نمود.

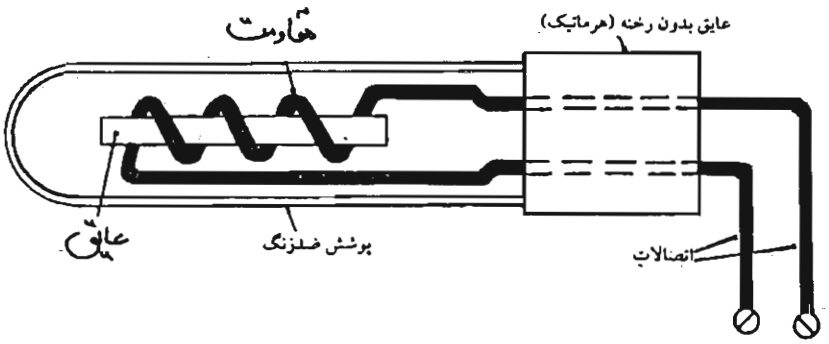
برای آنکه امکان خواندن ولتاژ وجود داشته باشد، کلیدانتخابگر پتانسیومتر را در قسمت خواندن «ترموکوپل» قرار می دهیم و پتانسیومتر طوری تنظیم می گردد که صفر را نشان دهد. پس از آن خروجی ترموکوپل را می توان با مقیاس میلی ولت خواند. تمامی مقیاس ها برحسب میلی ولت متر مدرج نمی گردند و در برخی وسایل، مقادیر مستقیم دما نشان داده می شود. وقتی مقیاس به صورت میلی ولت داده می شود، عدد مشاهده شده را می توان با جدول مقایسه ای یا با نمودار همراه ترموکوپل که توسط سازندگان آن تحویل داده می شود، به دما تبدیل کرد.

در برخی میلی ولت مترها تصحیحات مربوط به دما به صورت اتوماتیک صورت می گیرد ولی در برخی انواع دیگر باید آن را محاسبه کرد.

همواره مدنظر داشته باشید که اگر خود ترموکوپل دارای نقصی باشد اصولاً هیچ ولتاژی از آن بیرون داده نخواهد شد و بنابراین در صورت مشاهده عدد در سیستم می توان پی برد که به احتمال زیاد ترموکوپل سالم بوده و عیب را باید در محل دیگری جستجو کرد.

۳ ـ ۶ ـ ترمومترهای مقاومتی

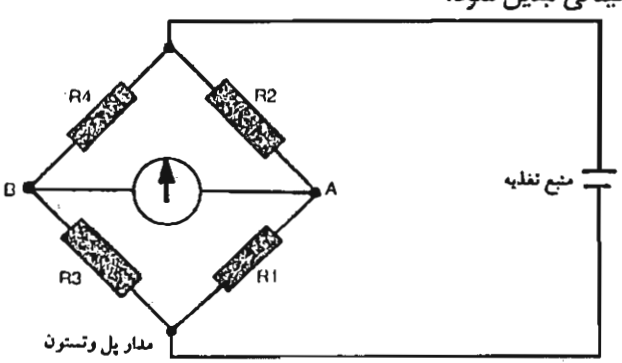
مقاومت فلز خالص با افزایش دما، افزایش می یابد. ترمومترهای مقاومتی برمبنای همین اصل کار می کنند. یکی از این نوع ترمومترها، تشخیص دهنده مقاومتی دما یا (RTD) نام دارد.



مقاومت، مهمترین قطعه الکتریکی یک RTD محسوب می شود و در واقع همین قطعه، المان حسگر محسوب می شود. مقاومت را می توان با پیچاندن سیمی حول یک هسته عایق ایجاد کرد (امروزه بیشتر از همین نوع استفاده می شود) و یا یک لایه نازک از پلاتین را روی یک قطعهٔ سرامیکی قرار داد.

کل المان برای حفاظت بیشتر در داخل یک پوشش ضدزنگ قرار می گیرد تا از صدمات فیزیکی در امان بماند. این پوشش همچنین کل مدار الکتریکی را از مایع فرآیند دور نگه می دارد و بنابراین ازاتصال کوتاه درمدار جلوگیری به عمل می آورد.

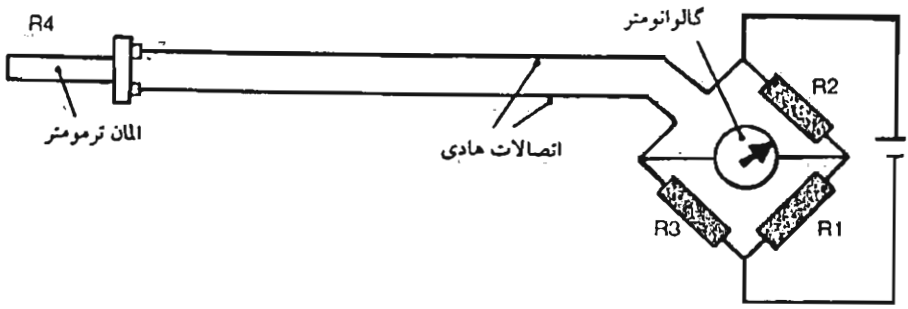
مقاومت ترمومتر اغلب توسط یک مدار الکتریکی که به پل وتستون معروف است اندازه گیری می شود. وقتی دما تغییر می یابد ، مقاومت المان نیز تغییر می کند و باعث به هم خوردن تعادل پل وتستون می گردد. تغییر مزبور را می توان اندازه گیری و به دمای معادل با یک نمایشگر دیجیتالی تبدیل نمود.



دیاگرام روبرو مدار پل وتستون را نشان می دهد. هنگامی که مدار در حال تعادل است،مقاومت های R1, R2, R3 و R4 به صورت زیر با یکدیگرمرتبط می باشند:

$$\frac{R1}{R2} = \frac{R3}{R4}$$

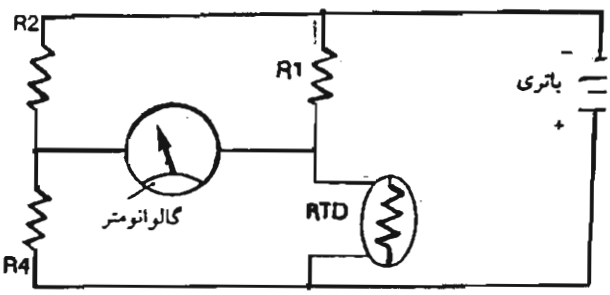
در این حالت R4 به عنوان آلان ترمومتر عمل می کند :



R1 , R2 و R3 معلوم هستند و هنگامی که دما تغییر می نماید، R4 نیز تغییر خواهد کرد. این تغییر را می توان در گالوانومتر ثبت نمود و آن را به نحوی درجه بندی کرد که مستقیماً بتوان دما را از روی آن خواند.

RTD هایی که برای اندازه گیری دما به کار می روند معمولاً در مدار الکتریکی مشابه شکل زیر قرار می گیرند.

RTD معمولاً جایی دور از بقیه مدار قرار می گیرد، زیرا در معرض دمای فرآیند واقع می گردد.

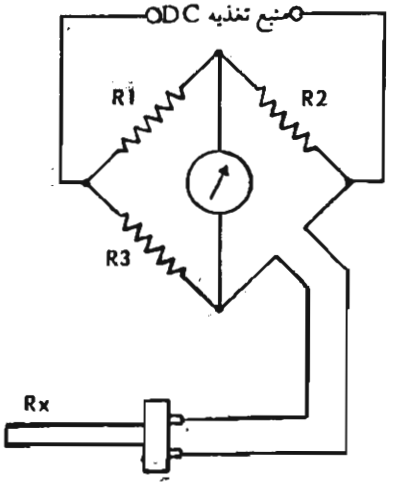


وقتی دمای RTD تغییر یافت، مقاومت RTD متناسب با آن تغییر می نماید. با تغییر مقاومت آن، پل دچار عدم تعادل الکتریکی شده و جریان الکتریکی از طریق مدار اندازه گیر به جریان می افتد. این جریان جدید با تغییر دمای حاصله متناسب است. دمای فرآیند را می توان مستقیماً از روی اندازه گیر خواند.

اغلب در صفحه اندازه گیر، مقدار مقاومت بجای اندازه دما نشان داده می شود. در این موارد از جدول های مخصوص برای تبدیل اهم به درجه استفاده می شود.

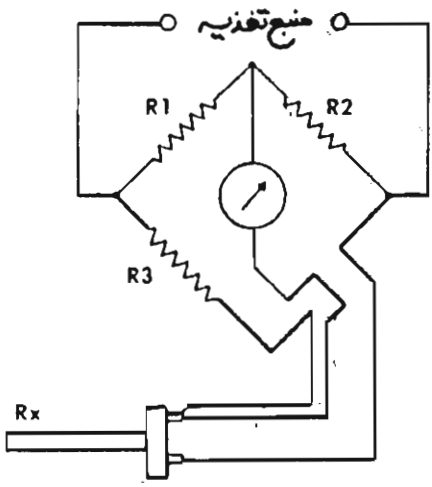
۳ ـ ۷ ـ مقاومت اتصالات

در عمل ترمومترهای مقاومتی اغلب در مسافت های نسبتاً دوری از ابزار اندازه گیری قرار می گیرند. در این حالت ابزارهایی که شامل اتصالات دوگانه هادی هستند، مقاومت مجاز اتصالات در هنگام نصب یا مدرج سازی وسیله باید مدنظر قرار گیرد. این کار معمولاً با استفاده از مقاومت های سرامیکی [5] صورت می گیرد. تغییرات دمای محیط باعث تغییر مقاومت این هادی های اتصالی می گردد و آن را تنها با بکارگیری سیستم های با سه یا چهار سیم می توان خنثی کرد. در این موارد استفاده از سیستم با سه سیم رایج تر می باشد و از سیستم چهار سیمه برای انجام کارهای بسیار دقیق آزمایشگاهی استفاده می شود.



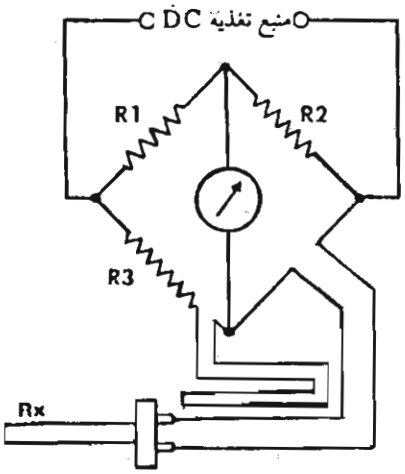
5 - ballast

هنگامی که از دو سیم برای اتصال ترمومتر مقاومتی به مدار پل استفاده می شود، تمام بار طول دو سیم، در یک سمت پل فشار آورده و خطای زیادی را باعث خواهد گردید.



در سیستم سه سیمه یکی از سیم های هادی به دو بازوی پل متصل می گردد و در این حالت می توان نشان داد که اگر تحت شرایط خاصی یعنی وقتی R3=Rx باشد اندازه گیری صورت گیرد، دمای اندازه گیری شده کاملاً مستقل از تغییرات دمای محیط خواهد بود و پلی که خود به خود متعادل می گردد. براساس اصل خنثی سازی (null) یعنی با تنظیم R3 مساوی با Rx کارمی کند و بنابراین از سیستم سه سیمی اغلب در این نوع ابزارها استفاده به عمل می آید و در محدوده کاری وسیله، نتایج خوبی را در جبران اثر تغییرات دمای محیط ارایه داده است.

در سیستم چهار سیمی می توان مشاهده نمود که سیم های هادی اتصالی در هر بازوی پل دارای طول های مشابهی هستند. ولی سیم های هادی الزاماً در معرض تغییرات دمای محیط قرار نمی گیرند. از این سیستم عمدتاً برای اندازه گیریهای دقیق آزمایشگاهی استفاده می شود.

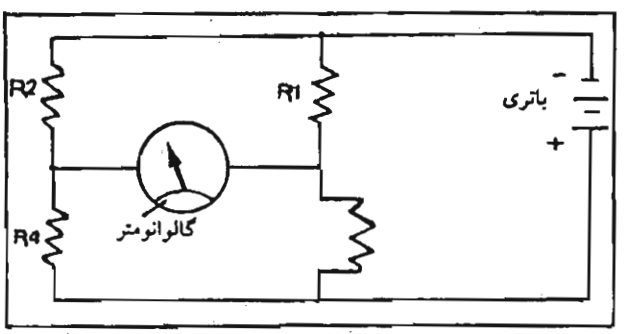


سیم های RTD دارای سیستم کدهای رنگی استانداردی مشابه با ترموکوپل ها نمی باشند، هرچند قطب بندی سیم ها را می توان با مطالعه دیاگرام های مربوط به RTD در حال استفاده، تعیین نمود.

در برخی نمونه ها ممکن است پایانه (ترمینال) دارای کدهای رنگی یا علامت (+) و (-) برای نمایش قطب بندی باشد.

۳-۸- ترمیستورها

ترمیستورها، از دیگر ابزارهای حسگر دما هستند که از مواد نیمه هادی ساخته می شوند. ترمیستورها از تغییر مقاومت به عنوان مبنای اندازه گیری استفاده می نمایند. با افزایش دمای اطراف ترمیستورها ،مقاومت کاهش و با کاهش دمای آن ،مقاومت افزایش می یابد. بدلیل تشابه بین RTDها و ترمیستورها، هر دو در موارد کاربردی مشابهی در صنعت مورد استفاده قرار می گیرند.



۳-۹- نمونه کاربرد

برخی از دلایلی که ازترمومترهای مقاومتی درصنعت استفاده می شود موارد زیرمی باشد:

محدوده وسیع کارکرد

محدوده وسیعی از ۲۲۰ـ درجه سانتیگراد تا ۹۰۰+ درجه سانتیگراد را می توان اندازه گیری کرد که این محدوده اندازه گیری دماهای بالا و پایین تراز دمای محیط را امکان پذیر می سازد.

دقت

ترمومترهای مقاومتی پلاتینیوم اگر به درستی مورد استفاده قرار گیرند می توانند اندازه های دقیقی از دماهای مورد نظر را ارایه دهند.

چندکاره بودن

المان های حسگر که مخصوص اندازه گیری موارد زیر می باشند نیز طراحی شده اند.

- دماهای بسیار جزیی
- دماهای میانگین
- تغییرات دمایی
- دمای سطح

عکس العمل سریع

بخش تأثیر پذیر المان های حسگر را می توان در ابعاد کوچکی ساخت و به این ترتیب ظرفیت حرارتی آنها را کوچک نمود.

اقتصادی

روش های الکتریکی ،بسیار اقتصادی ترند زیرا دمای نقاط مختلفی را می توان تنها با یک وسیله، اندازه گیری کرد.

از طرفی بسیار ارزان تر است که المان حسگر را تعویض نماییم تا آنکه به عنوان مثال، سیستم حرارتی مربوطه را که در سایر انواع ترمومترها لازم می گردد، تعویض کنیم.

مشاهده دما از راه دور

تمامی المان های حسگر را می توان از طریق کابل هایی ،به وسیله نهایی اندازه گیری و در یک اتاق مرکزی وصل نمود. کابل را می توان در حدکفایت محافظت کرد و خطر نشتِ مایع و آسیب دیدن سیستم را از بین برد.

این جنبه اخیر ،مزیتی است که این نوع ترمومترها نسبت به ترمومترهای حباب فلزی دارند.

عیوب

عبارتند از :

*اتصالات کثیف یا خورده شده که دماهای بیشتری را نشان می دهند.

* وجود رطوبت که مرغوبیت عایق بندی را کاهش داده و باعث می شود دمای پایین تری نشان داده شود.

۳ ـ ۱۰ ـ تشخیص دهنده های آزمایشی دما از نوع مقاومتی (RTD)

تشخیص دهنده های مقاومتی دما و ترمیستورها دارای طراحی و عملکرد یکسانی بوده و بنابراین از جنبه های مشابهی باید مورد نگهداری و تعمیر قرار گیرند.

قبل از آنکه بتوان یک (RTD) را تست کرد باید قطب بندی آن را مشخص نمود. در مورد (RTD) های دو سیمی این موضوع خیلی اهمیت ندارد ولی ، در مورد (RTD) های سه و چهار سیمی قطب بندی غیرصحیح باعث اتصالی (RTD) در مدار می گردد.

پس از مشخص شدن قطب بندی این نوع تشخیص گرها، باید سیم کشی از (RTD) به وسیله ای که برای اندازه گیری مقاومت طراحی شده، صورت گیرد.

این کار معمولاً با استفاده از وسیله ای که «پل دقیق مقاومتی» نامیده می شود صورت می گیرد. مدار الکتریکی این وسیله از نظر اصولی مشابه با مدارهای پلی بود که قبلاً بحث گردید.

سیم های مثبت و منفی به ترمینال های (پایانه های) مربوطه در ابزار آزمایش متصل می گردند.

پل سپس توسط تنظیم گرهای مقاومتی به تعادل درمی آید، به نحوی که تعادل سنج روی صفر قرار گیرد.

وقتی پل به حالت تعادل درآمد، مقاومت (RTD) را می توان از روی وسیله خواند و دمای مربوطه نیز از روی جدول تبدیل به دست می آید.

اگر دقت زیاد در اندازه گیری ضروری نباشد، می توان از یک مولتی متر برای اندازه گیری مقاومت استفاده کرده و سپس مطابق آنچه در بالا آمد مقاومت را به دما تبدیل نمود.

اگر یک (RTD) دچار نقص گردید باید تعویض گردد. تشخیص عیب را می توان با بررسی دو حالت زیر انجام داد:

۱) اتصال باز

۲) اتصال کوتاه

اتصال باز RTD ها را وقتی می توان تشخیص داد که مقاومتهای اندازه گیری شده بسیار بالا باشند.

اتصال کوتاه RTD ها وقتی مقاومتهای اندازه گیری شده بسیار کم باشند، مشخص می گردد.

تعویض RTD های داخل چاهک های حرارتی

این کار نسبتاً ساده است ولی باید به نکات زیر توجه داشت:

پوشش ترمینال (پایانه) را باید برداشت، ولی چون احتمال داردکه بسیار داغ باشد، باید مراقب سوختگی ناشی از آن بود و توصیه می شود از دستکش های مقاوم در برابر حرارت استفاده گردد.

سپس سیم ها را باید از ترمینال RTD جدا نموده و قطب بندی ترمینال ها را تعیین کرده و مدنظر داشت. مفید خواهد بود اگربرچسب هایی روی اتصالات زده شود تا در زمان اتصال مجدد RTD ها خطایی صورت نگیرد.

سپس (RTD) را می توان از چاهک حرارتی خارج ساخت. بایستی مجدداً مراقب سوختگی دست و آسیب دیدن وسیله باشید.

۴ـ ابزارهای اندازه گیری دما از نوع غیرتماسی

۴ ـ ۱ ـ پیرومترهای نوری و تشعشعی

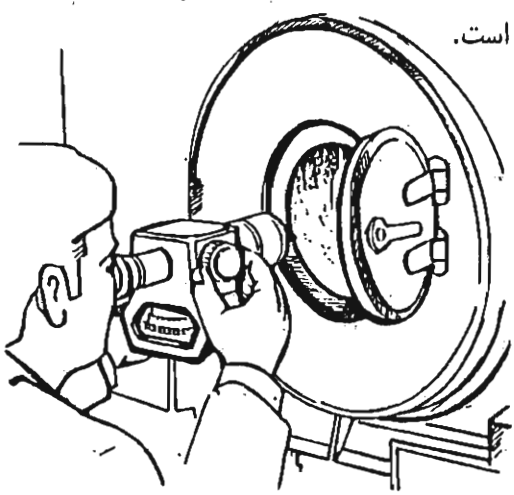
بحث کلی:

تا اینجا تمامی انواع وسایل اندازه گیری دما که مطرح گردید برمبنای تماس فیزیکی با فرآیند عمل می کردند. در برخی موارد داشتن وسیله اندازه گیری دما که با منبع حرارت تماس فیزیکی داشته باشد یا مطلوب نیست و یا غیرممکن است. در این موارد به روش اندازه گیری دیگری نیاز می باشد.

پیرومترهای نوری و تشعشعی برمبنای قابلیت «مشاهده» فرآیند به جای تماس با آن طراحی شده اند. این وسایل در جایی مورد استفاده قرار می گیرند که ترمومترها بخاطر احتمال ایجاد عیب مکانیکی در آنها مستقیماً نبایستی تحت تأثیر منبع حرارت قرار گیرند. از این نوع ابزارها می توان برای اندازه گیری دماهای بین ۵۰°C ـ تا ۴۰۰۰°C+ استفاده کرد و اغلب به عنوان اندازه گیرهای قابل حمل مورد استفاده قرار می گیرند.

پیرومتر با فیلامانهای ناپدید شدنی

یک نوع پیرومتر نوری، پیرومتر با فیلامانهای ناپدیدشدنی نام دارد. این ابزار قابلیت اندازه گیری دماهای بین ۶۰۰°C تا ۱۵۰۰°C را داشته و به کمک یک صفحه جذبی حتی تا ۳۰۰۰ °C را نیز دارا است.



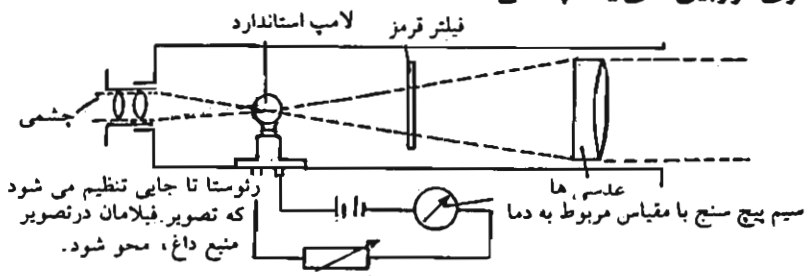
از این ابزار به منظور ثبت و یا کنترل یک فرآیند استفاده نمی شود، بلکه از دقت خوب آن اغلب برای مدرج سازی پیرومترهای تشعشعی استفاده به می گردد.

پیرومتر با فیلامان های ناپدید شدنی، شدت نور یک منبع حرارتی را با شدت نور یک لامپ استاندارد مقایسه می نماید. در آنها از یک فیلتر قرمز استفاده می گردد تا امکان مقایسه شدت نورها در نوار باریکی از نور وجود داشته باشد.

عمدتاً دو مدل از آنها وجود دارد:

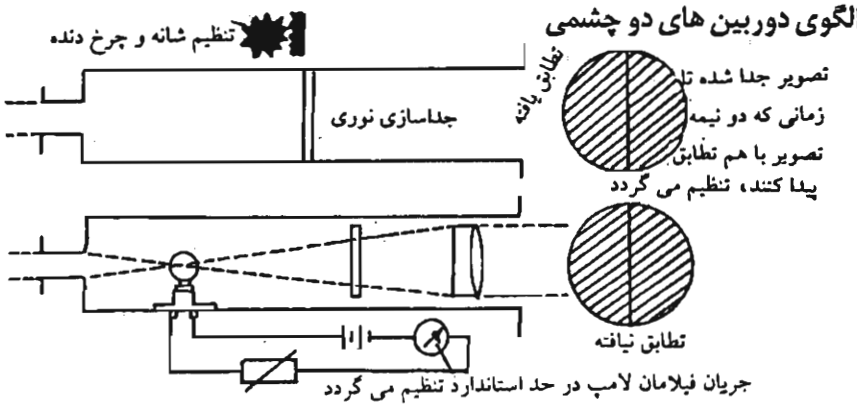
* با الگوی دوربین های یک چشمی
* با الگوی دوربین های دو چشمی

با الگوی دوربین های یک چشمی



در مدل با الگوی دوربین های یک چشمی جریان لامپ تا جایی تغییر و تنظیم می یابد که تصویر فیلامان لامپ در تصویر منبع حرارتی، محو گردد. در آن صورت جریان اندازه گیری شده، دمای منبع را نشان خواهد داد.

با الگوی دوربین های دو چشمی

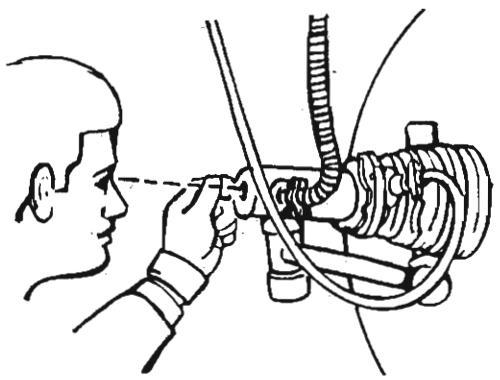


در مدل دوچشمی، جریان لامپ تا مقدار استانداردی تنظیم می گردد و گوه نوری مخصوص تا جایی که دو نیم دایره تصویر مشاهده شده، یکسان دیده شوند، حرکت داده می شود. در آن صورت مقدار حرکت گوه به عنوان شاخصی برای تعیین دما مورد استفاده قرار می گیرد.

یکی از مضرات این پیرومترها این است که به دلیل تفسیرهای مختلف اپراتورها، ممکن است اعداد متفاوتی به دست آید.

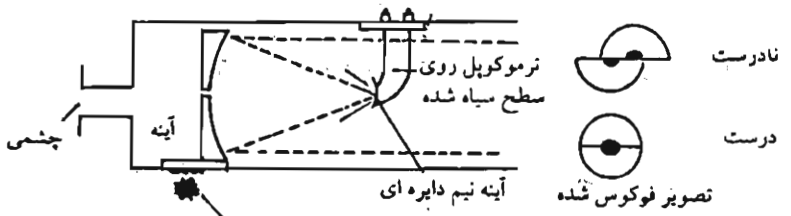
پیرومترهای تمام تشعشعی

این ابزارها معمولاً در کوره ها برای اندازه گیری دما در ناحیه کارکرد جاسازی می شوند. پیرومترهای تشعشعی برمبنای اصول ترمومترهای مقاومت الکتریکی یا پیرومترهای ترموالکتریک عمل می کنند.



پیرومتر تماماً تشعشعی

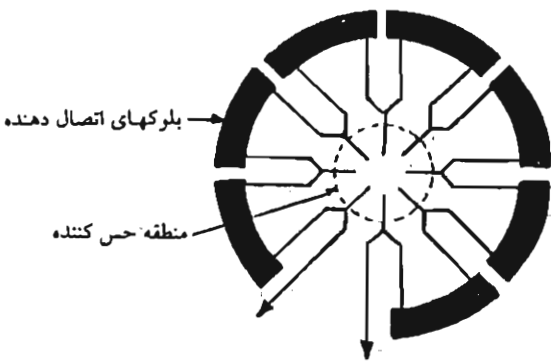
در این حالت، تشعشع از منبع داغ توسط آینه ها انعکاس یافته و روی اتصال داغ یک ترموکوپل کوچک تمرکز داده می شود. خروجی ترموکوپل در وسیله ای که برای خواندن دما درجه بندی شده نشان داده و یا ثبت می شود.



مکانیزم، چرخ دنده شانه ای را تا فوکوس کردن دوئیمه تصویری که توسط دو آینهٔ نیم دایره ای تشکیل شده، حرکت می دهد

در مواقعی که از اصل پیرومترهای ترموالکتریکی استفاده می شود تعدادی ترموکوپل به صورت سری به یکدیگر متصل می شوند تا ولتاژ خروجی را افزایش دهند، این مجموعه «ترموپیل» نامیده می شود.

آرایش تصویری ترموپیل هشت جفتی



اگرچه هنوز در صنعت از این نوع پیرومترها استفاده می گردد ولی تدریجاً در حال جایگزین کردن آنها با ابزارهای دقیق تری هستند که از اندازه گیرهای مادون قرمز استفاده می نمایند و نمایشگر دیجیتالی دارند.

۴ ـ ۲ ـ ترمومترهای مادون قرمز

استفاده از ترمومترهای مادون قرمز در حال حاضر در کاربردهای خاصی از صنایع معمول گردیده است، زیرا آنها امن تر بوده و از مدل های دیگر کارآترند.

از ترمومترهای مادون قرمز می توان برای تشخیص نقاط داغ یک سیستم نیز استفاده کرد. داغی بیش از حد در اغلب سیستم های صنعتی نشانه ای از وجود نقص یا خطر می باشد.

به عنوان مثال، ترمومتر مادون قرمز می تواند منطقه داغ یک مدار چاپی را بدون قطع کردن برق آن و یا بدون نیاز به انجام کار در نزدیکی قطعات الکتریکی مشخص نماید.

از آنها همچنین می توان برای تشخیص اینکه آیا یاتاقان های یک ماشین دچار داغی شده اند یا خیر نیز استفاده نمود.

دو نوع عمده از ترمومترهای مادون قرمز وجود دارد:

- انواع قابل حمل
- انواع ثابت

ترمومترهای قابل حمل

این نوع ترمومترها به خاطر شکل ظاهریشان به تفنگ های مادون قرمز موسوم گشته اند.

این نوع ترمومترهای مادون قرمز قابل حمل بوده و بنابراین از آنها می توان به راحتی و بدون نیاز به نصب و باز کردن مجدد، در مواردی که لازم است دمای فرآیندهای مختلفی اندازه گیری شود، استفاده کرد.

ترمومترهای مادون قرمز، نیازی به المان های حسگری همچون حباب ترمومترها که مستقیماً در معرض دمای فرآیند قرار می گرفتند، ندارند و بنابراین از آنها می توان برای اندازه گیری دمای اجسام بدون تماس با آنها استفاده کرد.

ترمومترهای مادون قرمز باعث کاهش دما و یا تأثیرگذاری در دمای محصول یا فرآیند نمی گردند.

ترمومترهای مادون قرمز می توانند به دقت دماهایی تا ۳۰۰۰ °C را اندازه گیری نمایند که بسیار بیش از مقداری است که سایر ترمومترها توانایی اندازه گیری آن را دارند.

انواع ثابت

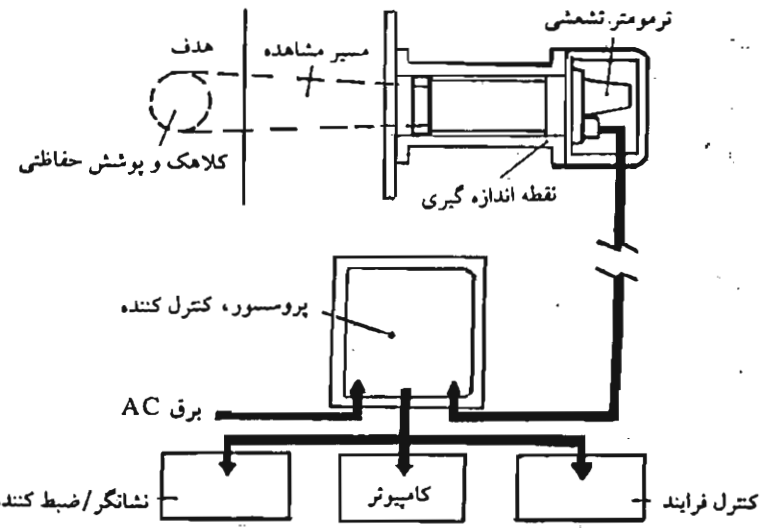
از این نوع ترمومترهای مادون قرمز در مواردی استفاده می شود که لازم است مقادیر دمای اندازه گیری شده مرتباً بررسی و یا تحت نظر قرار گیرند. این وسیله به نحوی طراحی شده که می توان آن را در بهترین مکان ممکن برای اندازه گیری دقیق جای داد.

موارد استفاده آنها در صنایع فلزی، شیشه سازی، سرامیک و مواد معدنی می باشد.

در فرایندهایی همچون پختن سیمان، کوره های دمشی و آسیاب های غلتکی مشکلاتی به دلیل گردوخاک و یا بخار حاصله در اندازه گیری پیش می آید.

این مشکلات را می توان با استفاده از نوعی ژاکت های حفاظتی ترمومتر که بتوان آنها را با هوا یا آب خنک نمود، به حداقل رساند. در مواردی خاص به کارگیری ترمومترهای تناسبی نتایج بهتری را ارایه خواهد داد، زیرا خروجی آنها تحت تأثیر تیزه شدن محیط قرار نمی گیرد.

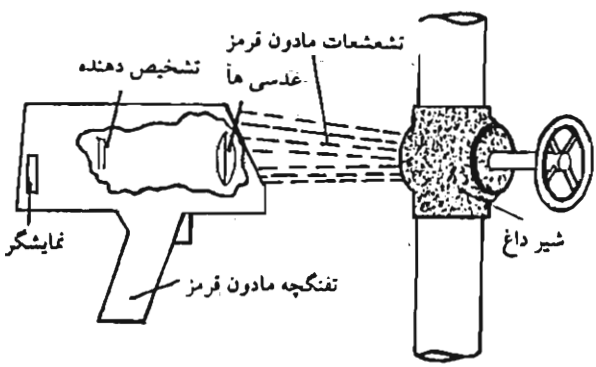
در محل هایی که قابل دسترس نیستند از سیستم های فیبر نوری می توان استفاده کرد.



از انواع ثابت ترمومترهای مادون قرمز که توانایی ثبت محدوده وسیعی از دماها را دارند می توان استفاده کرده و می توان آنها را به تجهیزات کامپیوتری وصل نمود. اعداد حاصل شده ازاندازه گیری دماها رانیزمی توان تا نزدیک به یک کیلومتر دورتر از ترمومتر هم خواند.

۴ - ۳ - اجزاء ترمومترهای مادون قرمز

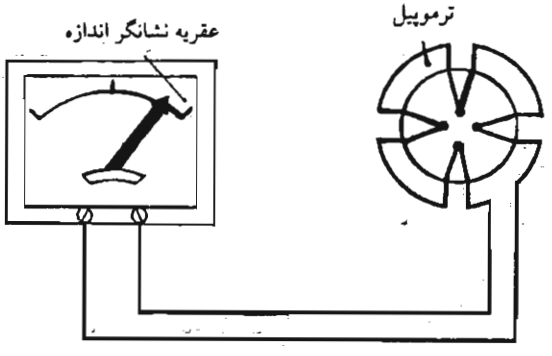
در شکل زیر ترمومتر مادون قرمز و یک جسم داغ نشان داده شده است.



قسمت های اصلی ترمومترهای مادون قرمز از قرار زیرند:

* یک عدسی
* یک تشخیص دهنده
* یک نمایشگر دما

اشعه مادون قرمزی که از جسم داغ ساطع می گردد توسط عدسی جمع آوری شده و روی تشخیص دهنده متمرکز می شود. قسمت تشخیص دهنده ترمومتر مادون قرمز می تواند از مواد نیمه هادی، ترموکوپل و یا یک ترموپیل تشکیل شود.



تشخیص دهنده های ترموپیلی عمدتاً از گروهی ترموکوپل تشکیل می گردند که به صورت سری به یکدیگر متصل شده اند.

هنگامی که تشخیص دهنده یک حسگر مادون قرمز دما در معرض حرارت قرار می گیرد (اگر از نوع ترموکوپلی و یا ترموپیلی باشد) ولتاژی تولید می شود و (اگر از نوع نیمه هادی باشد) مقاومت آن تغییر خواهد نمود.

ولتاژ یا تغییر مقاومت ایجاد شده به دما تبدیل می گردد و روی صفحه نمایشگر مشاهده می شود. اگر دمای جسم کاهش یابد، اشعه مادون قرمز کمتری ارسال شده و تغییر مقاومت یا تغییر ولتاژ ارسالی توسط تشخیص گر تشخیص داده می شود و به صورت کاهش دما نشان داده خواهد شد.

برخی ترمومترهای مادون قرمز دارای یک کلید دو وضعیتی می باشند. اولین وضعیت به

منظور اشعه برداری از سطحی که دارای چندین دمای متفاوت است به کار می رود. در این وضعیت، اعداد نشان داده شده در صفحه نمایشگر با تشخیص دماهای مختلف تغییر می یابد. وضعیت دوم برای تشخیص بالاترین دمای جسمی که اندازه گیری می شود، استفاده می گردد.

در این وضعیت، وقتی بالاترین دما مشخص شد، اعداد موجود روی صفحه نمایشگر دیگر تغییر نخواهند کرد.

پراکنش

قسمت دیگری که در قسمت ترمومترهای مادون قرمز وجود دارد، کلید پراکنش می باشد.

این کلید تشعشع های مادون قرمز که دقت دستگاه را تحت تاثیر قرار می دهند را حذف می نماید. اجسام، تشعشع های ساطع شده از اجسام دیگر را انعکاس داده و در عین حال از خود نیز اشعه های مادون قرمز ساطع می نمایند. اشعه مادون قرمز انعکاس یافته در تعیین دمای جسم توسط دستگاه اثر گذاشته و باعث خطا می گردد، زیرا تشخیص دهنده مادون قرمز نمی تواند بین تشعشعات مادون قرمزی که مستقیماً از جسم ساطع شده با آنهایی که انعکاس یافته اند، تفاوتی قایل شود مگر آنکه کلید پراکنش برای جسم خاصی که دمای آن در حال اندازه گیری است، تنظیم گردد. اغلب سازندگان این دستگاهها جدولی را که در آن اعداد مربوط به تنظیم دستگاه برای سطوح خاص قید شده، ارایه می نمایند.

۴ - ۴ - تصویرسازی حرارتی

تصویر سازی حرارتی حالت پیشرفته اندازه گیری دما به روش تشعشعی است و به صورت گسترده ای در صنایع مختلف زیر مورد استفاده قرار می گیرد:

* صنایع تولید و انتقال برق
* صنایع آهن و فولاد
* صنایع الکترونیک

* مدیریت انرژی
* نقشه برداری حرارتی
* عملیات نجات
* کنترل نظارتی
* خدمات پزشکی و دامپزشکی
* صنایع غذایی

سیستم های تصویرسازی حرارتی به عنوان ابزار کمکی در موارد زیر مورد استفاده قرار می گیرند:

* نگهداری از نوع پیشگرانه و یا پیش بینی کننده
* کنترل شرایط
* بازرسی یکپارچگی سازه ها
* کنترل کیفیت
* تحقیقات و توسعه

محدوده دمایی که از این روش برای اندازه گیری آن استفاده می گردد از 20- درجه سانتیگراد تا 1200+ درجه سانتیگراد می باشد.

۵- مدرج سازی ابزارهای اندازه گیری دما

مدرج سازی ابزارهای اندازه گیری دما باید به نحوی صورت گیرد که با مقیاسهای عملی دما (مقیاس بین المللی دما) مطابقت داشته باشند.

معمولاً ضرورتی ندارد که وسیله اندازه گیری را دقیقاً مطابق استاندارد مدرج بسازیم و مناسبتر آن است که به جای آن از یک ابزاری که با مقیاس بین المللی دما مدرج شده، به عنوان ابزار مرجع استفاده گردد.

بنابراین ابزارهایی که مورد استفاده قرار می گیرند حتماً لازم نیست که ابزارهایی باشند که مقیاسها را نشان می دهند. از ترمومترهای جیوه ای اغلب برای اندازه گیری دماهای پایین و از لامپ های نوارتنگستن برای مدرج سازی پیرومترهای نوری استفاده می گردد،

ولی هیچکدام از آنها برمبنای مقیاس بین المللی دما مورد استفاده قرار نمی گیرند.

۵ ـ ۱ ـ حمام های تست(آزمایش)

نیاز اصلی در روشهای مقایسه ای تست، تهیه و تدارک ظرف مسدودی است که دمای یکنواختی داشته باشد تا بتوان المانهای حساس را مستقیماً در فرآیند وارد ساخته و یا به عنوان مرجعی برای مقایسه پیرومترهای تشعشعی از آن استفاده نمود.

ابزارهایی که به صورت مستقیم در فرآیند وارد می شوند، باید دارای ظرف مسدودی باشند که به اندازه کافی طویل باشد، به نحوی که افت های انتقال حرارت به روش هدایتی را در طول سیمها و غلاف ابزارها، قابل صرف نظر سازد یعنی تمامی اجزای اندازه گیری در دمای یکسانی قرار گیرند.

روشهای مختلفی برای دست یابی به این نتیجه وجود دارد:

- استفاده از مایعات
- استفاده از ذرات
- استفاده از آجرهای نسوز
- استفاده از کوره های الکتریکی

شاید رضایت بخش ترین روش ، استفاده از حمام سیالی باشد که مرتباً سیال آن به هم زده می شود.چنین حمامی می تواند بدون بروز مشکل عدیده ای در 150- درجه سانتیگراد تا 630+ درجه سانتیگراد مورد استفاده قرار گیرد.

در دماهای بالاتر از این مقدار، به حمام نمک های سمی یا بسیار خورنده نیاز است که به دلیل خطراتی که دربردارد، معمولاً از کوره های الکتریکی لوله ای به جای آن استفاده می شود.

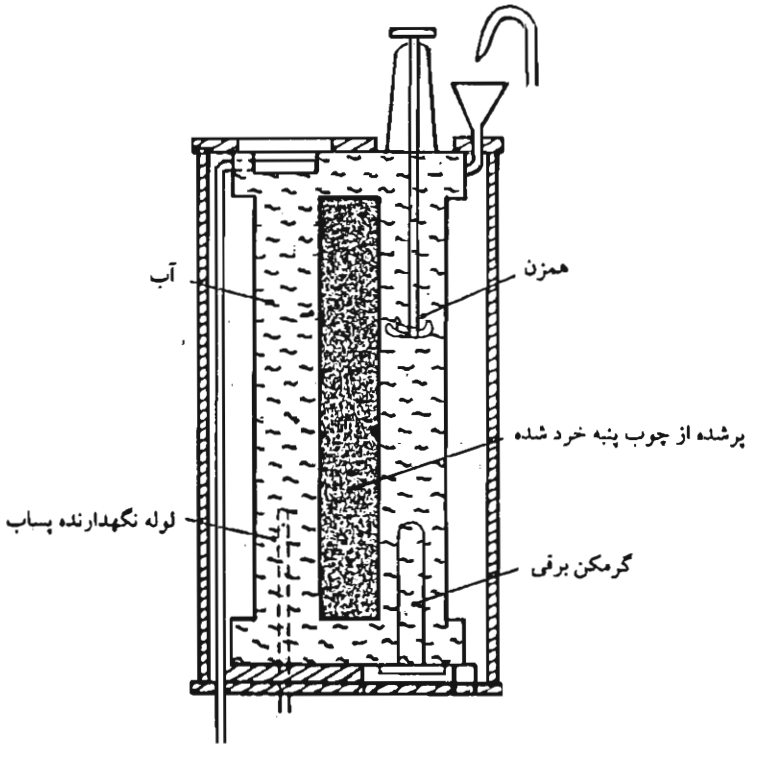
حمام های مایع

حمام های مایع معمولاً به یکی از دو روش زیر ساخته می شوند:

- **لوله های هم مرکز**

* لوله های موازی

مسئله مهم و اساسی در هر دو روش این است که گرمایش (یا سرمایش) در محفظه ای که از فضای کارکرد جدا است، محاسبه می شود و مایع مربوطه، مسافتی طولانی را پس از عبور از مبدل حرارتی و قبل از ورود به فضای کارکرد، طی می کند. به عنوان مثال، در روش لوله های موازی لوله گرمکن در عمق قرار گرفته و همزن به نحوی عمل می نماید که آب را به سمت بالای لوله گرمکن و بنابراین به داخل فضای کارکرد براند.



محدوده دمایی

از 150- درجه سانتیگراد تا 0 درجه سانتیگراد: پایین ترین دمایی که می توان با مایعی که در دمای محیط نیز مایع باشد اندازه گیری نمود 150- درجه سانتیگراد است که به کمک **ایزوپنتان به دست می آید.**

از ۱ درجه سانتیگراد تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد: انتقال حرارت بسیار مطلوبی را می توان با قرار دادن ترمومتر در حمام آبی که به خوبی هم زده شود، به دست آورد.

از ۸۰ درجه سانتیگراد تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد: برای دماهای بالاتر از حمام آب، از روغنها تا دمای ۳۰۰ درجه سانتیگراد به عنوان یک محیط مناسب می توان استفاده کرد.

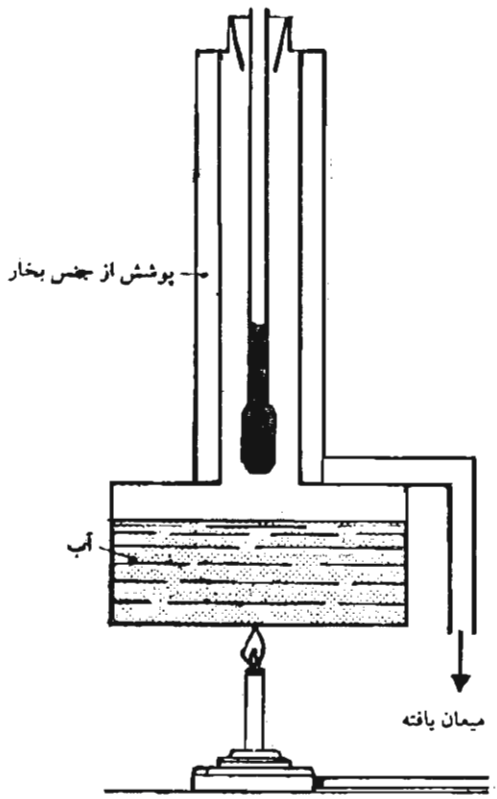
از ۲۰۰ درجه سانتیگراد تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد: در دماهای بیش از ۳۰۰ درجه سانتیگراد نمی توان از روغن استفاده نمود و باید محیط را با مخلوطی از نمکهای مذاب جایگزین کرد. در دماهای بیش از ۶۰۰ درجه سانتیگراد معمولاً از کوره های الکتریکی لوله ای استفاده می گردد.

حمامهای سیالی

یکی دیگر از انواع حمامهای تست که معمولاً برای مقایسه دماها به کار می رود، حمامهای سیالی می باشد. حمام سیال، یک ظرف استوانه ای است که حاوی ذرات شن مانند ریزی است. این ذرات اغلب از نوع اکسید نقره و یا اکسید آلومینیوم می باشند. اگرچه ذرات موجود در حمامهای سیال در واقع ذرات جامد هستند، ولی اگر در معرض جریان منظم هوا قرار گیرند، مشابه با سیال در حال جوشیدن عمل می نمایند. این نوع ذرات برای روشهای مقایسه ای دماها مناسب می باشند، زیرا وارد کردن حباب یک ترمومتر در یک جسم شبیه به سیال بسیار راحت تر از ورود آن به یک جسم جامد می باشد.

ذرات جامد موجود در حمام دارای خاصیت و مزیت یکپارچگی دما نیز می باشند (تمامی ذرات به سرعت به دمای یکسانی رسیده و آن را حفظ می کنند) و از طرفی از آنجایی که این ذرات جامد هستند، می توان آنها را تا دمای بسیار بالا حرارت داد، بدون آنکه خطر تبخیر آنها وجود داشته باشد.

هیپسومتر



از هیپسومتر برای تست دمای نقطه جوش آب استفاده می شود. پوشش بخار آن به پایدار نگهداشتن دما در لوله مرکزی کمک می نماید.

تذکر:

نقطه جوش با فشار اتمسفر تغییر می یابد.

نکات ایمنی:

در تمام مدتی که با حمام های تست کار می کنید، باید کاملاً مراقب باشید تا از حادثه و سوختگی جلوگیری به عمل آید. همواره از پوشش های حفاظتی شامل عینک، دستکش و ابزارهایی که برای عملیات در حال انجام کار مناسب است، استفاده کنید.

۵ ـ ۲ ـ کوره های الکتریکی لوله ای

چون خطر کار با حمام های مایعی که دارای همزن می باشد در دماهای بیش از ۶۰۰ درجه سانتیگراد بسیار بالاست، معمولاً از کوره های الکتریکی لوله ای در دماهای بیش ازاین مقدار استفاده می شود.

از این نوع کوره ها در دماهای پایین تر نیز می توان استفاده کرد، ولی دقت و صحت نتایج بسیار کمتر از حمامهای مایع خواهد بود، خصوصاً در مواقعی که دما به حدی پایین باشد که انتقال حرارت بیشتر به صورت هدایت صورت گیرد تا تشعشع. برای آنکه یکنواختی دما در حد رضایت بخشی محفوظ بماند، باید نسبت طول به قطر لوله حداقل بیست به یک درنظر گرفته شود.

محدوده دمایی

از ۱۰۰ درجه سانتیگراد تا ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد: در این محدوده دمایی جنس لوله گرمکن از نیکل ـ کرم به نسبت ۸۰ به ۲۰ می باشد. در این محدوده دمایی، از کوره برای مدرج سازی ترموکوپلهای فلزی استفاده می شود.

از ۱۰۰ درجه سانتیگراد تا ۱۶۰۰ درجه سانتیگراد:از کوره هایی با پوشش پلاتین برای مدرج سازی ترموکوپل های پلاتینی و پیرومترهای نوری استفاده می شود.

از ۱۶۰۰ درجه سانتیگراد به بالا: کوره های کوچک با پوشش رادیوم برای هواهایی تا حدود ۱۸۵۰ درجه سانتیگراد استفاده می شود، ولی عمر مفید این کوره ها بسیار محدود است.برای دماهای بالاتر، از فلزات مقاومی همچون تنگستن و مالیبدنیوم استفاده می شود، ولی از این فلزات باید یا در خلاء و یا در هوای ساکن استفاده شود.

کوره های جسم سیاه

این نوع کوره ها از نوع کوره های استوانه ای یا کره ای توخالی می باشند که برای مدرج سازی پیرومترهای تشعشعی استفاده می شوند. اصلی که این نوع کوره ها برمبنای آن عمل می کنند این است که اگر دمای یک جسم مسدود توخالی که جنس آن از ماده ای است

که دارای خاصیت انعکاس پراکنده تشعشعات است، یکنواخت گردد، تشعشعات فرار جسم مسدود از روزنه ای که در پوسته جسم قرار دارد، بسیار نزدیک به جسم سیاه(که ضریب پراکنش آن یک می باشد) عمل می کند.

به دلیل اندازه محدود روزنه، پراکنش جسم مسدود همواره کمی کمتر از یک خواهد بود. توصیه می شود به منظور مدرج سازی پیرومترهای تشعشعی، حفره ها دارای ضریب پراکنش کمتر از ۷٪ نباشند و سطوح داخلی باید استوانه ای و یا کره ای باشند.

۵ ـ ۳ ـ مدرج سازی و تست ترمومترها

ترمومترهای شیشه ای حاوی مایع

از روش های مقایسه ای که از حمام های مایع به همراه همزن استفاده می کنند، عمدتاً برای مدرج سازی و تست کردن ترمومترهای شیشه ای حاوی مایع استفاده می گردد.

ترمومتری که باید تست شود را در حمام وارد کرده و با دو ترمومتر استاندارد دیگر مقایسه می نمایند. دو ترمومتر استاندارد به منظور پرهیز از خطاهای احتمالی در خواندن و به منظور کمک در تشخیص تغییرات حاصله در محیط مدرج سازی، مورد استفاده قرار می گیرند. قبل از آنکه مقایسه بین ترمومترها را آغاز کنیم، باید از عدم وجود نقایص زیر مطمئن گردیم:

- خطاهای موجود در نشانه گذاری و تقسیم مقیاس
- باقی ماندن جیوه در قسمت بالای ساقه که معمولاً به راحتی می توان آن را به ستون اصلی جیوه ها قبل از شروع آزمایش باز گرداند.
- آزاد کردن گاز محبوس در جیوه که معمولاً می توان با خنک کردن تمام جیوه در حباب ترمومتر، آن را در بالای جیوه قرار داد.
- کثیف یا نمناک شدن جیوه که باعث می شود ترمومتر در عمل، قابل اطمینان نبوده و غیرقابل مصرف گردد.

تست مقیاسها، در حمام مقایسه ای، با مشاهده ترمومتر هنگامی که دمای حمام کمی افزایش داده می شود، صورت می گیرد تا بهترین تنظیم ممکن برای عملکرد ترمومتر به دست آید.

معمولاً رسم است که بیش از یک ترمومتر را در یک زمان تست نمایند و ترمومترها در حمام به نحوی قرار گیرند که در انتهای هر ردیف ترمومتر، یک ترمومتر استاندارد قرار گیرد.

ترتیب مشاهده ترمومترها به شرح زیر می باشد:

اولین ترمومتر استاندارد خوانده می شود، سپس ترمومترهای آزمایشی و سپس دومین ترمومتر استاندارد را می خوانیم. روال کار به صورت برعکس ادامه می یابد، دومین ترمومتر استاندارد، ترمومترهای آزمایشی و در نهایت ترمومتر استاندارد اول خوانده می شود.

برای دستیابی به بهترین دقت ممکن، تمام مراحل به نحوی تکرار می شود که چهار بار به صورت کامل حمام آزمایش مرور گردد.

مقدار متوسط مشاهده شده در هر ترمومتر را درنظر گرفته و پس از اعمال تصحیحات مناسب با ترمومترهای استاندارد مقایسه می گردد.

درهنگام خواندن ترمومترهای جیوه ای باید دقت نمود تا ازخطای زاویه دید نادرست پرهیز گردد. اغلب از ابزارهای یک چشمی و دوچشمی به منظور کمک در بهتر خواندن ترمومترها استفاده می گردد.

ترمومترهای استانداردی که استفاده می شوند،معمولاً از نوع ترمومترهای شیشه ای محتوی جیوه هستند که دارای کیفیت مشابه ویا بهتر از ترمومترهای تحت آزمایش می باشند. اگر ترمومترهای استاندارد از انواع رایج و یکسان باشند، دارای این مزیت خواهند بود که در عمل رفتار یکسانی خواهند داشت. از ترمومترهای استاندارد مختلف دیگر از قبیل ترمومترهای مقاومتی پلاتینی یا ترموکوپل نیز می توان استفاده نمود.

ترمومترهای تداخل کامل

گاهی ترمومترهای جیوه ای به صورت تداخل کامل مورد استفاده قرار می گیرند، به این معنا که تمامی ستون جیوه در دمایی که قرار است اندازه گیری شود، قرار می گیرد. وقتی یک ترمومتر تداخل کامل را آزمایش می نماییم، بخش کوچکی از ستون جیوه برای مشاهده بیرون قرار می گیرد . این مقدار باید به حدی کوچک باشد که خطای ناشی از آن در عمل قابل صرف نظر باشد.

ترمومترهای پرشده از سیال

ترمومترهای پرشده از سیال شامل ترمومترهای پرشده از مایع، ترمومترهای پرشده از گاز و ترمومترهای فشار بخار می باشند که از نظر ظاهری، ساختمانی و عملکرد دارای شباهت هایی می باشند.

این نوع ترمومترها را می توان مطابق مدلهای شیشه ای حاوی جیوه مدرج نمود، ولی برخی تستهای اضافه نیز به خاطر خنثی سازی پدیده های زیر باید انجام گیرد:

* اثر هد هیدرواستاتیک سیال در لوله مویین در مواقعی که بین حباب و صفحه مدرج اندازه گیری اختلاف سطح وجود دارد.
* اثر تغییر دمای لوله مویین یا لوله بوردون و یا هر دو.
* اثر تغییر در فشار جو که ناشی از تغییرات روزانه و یا تغییر ارتفاع می باشد.

مدلهای پرشده از مایع

دراین نوع ترمومترها، حباب لوله مویین و لوله بوردون کاملاً پر از مایع می گردند و برمبنای اصل انبساط سیال با دما عمل می کنند.

برای تغییر خم لوله های بوردون نیروهای بسیار زیادی لازم است و بنابراین اثر هد هیدرواستاتیکی هم ناچیز خواهد بود، ولی در هر حال در مواردی که اختلاف سطحی بین حباب و صفحه مدرج وجود دارد، باید تستهای خطاسنجی صورت گیرد.

اثر تغییرات دما دراین مدلها بسیار متغییر است، ولی خنثی سازی اثر دما که قبلاً توضیح داده شد، در این مدلها معمولاً اجرا می شود، اگرچه ضرورت دارد تا خنثی سازی نیز به دقت بررسی گردد. این مشکل در مایعات معمولی بیش از جیوه می باشد، زیرا ضریب انبساط مایعات بیشتر است.

اثرات ناشی از تغییر فشار جو اهمیت چندانی ندارد، زیرا این مجموعه تحت فشارهای بالایی عمل می نماید.

مدلهای گازی با حجم ثابت

این نوع ترمومترها برمبنای اصل تغییر فشار گاز با تغییر دما در حجم تقریباً ثابت عمل می نمایند و چون دانسیته حجمی گاز کم است، اثر هد ناشی از اختلاف سطح بین حباب و صفحه مدرج قابل صرف نظر می باشد.

در این مدل نیز از خنثی کننده اثر دما استفاده می شود، ولی تستهایی باید برای خنثی نمودن اثر دمای محیط صورت گیرد. تستهایی نیز باید برای خنثی سازی اثر تغییرات فشار چو صورت گیرد، زیرا سیستم در فشارهای نسبتاً پایینی عمل می نماید. تغییر ارتفاع می تواندبه میزان قابل ملاحظه ای در اندازه گیری دما تاثیر گذاشته و اغلب توصیه می شود که قبل از شروع اندازه گیری، عقربه صفحه مدرج اندازه گیری روی صفر تنظیم گردد.

مدلهای فشار بخار

در این مدل ترمومترها، تغییر فشار ناشی از تغییر دما در شرایطی که به صورت هم زمان مایع و بخار وجود دارد، برای اندازه گیری دما مورد استفاده قرار می گیرد.

فشار از طریق لوله موبین که یا از مایع یا از بخار پرشده، بسته به اینکه دمای حباب از لوله موبین کمتر یا بیشتر باشد، به لوله بوردون منتقل می گردد.

در مدلهایی که محدوده کارکرد ترمومتر شامل دماهای بالاتر و پایین تر از محیط می گردد، در دماهای نزدیک به دمای محیط، هنگامی که مایع در حال انتقال از حباب به لوله موبین و یا برعکس می باشد، مقدار دمایی که نشان داده می شود، ناپایدار خواهد بود.

این مشکل را می توان با پرکردن لوله موبین و بوردون، با یک سیال غیرحساس که دارای فشار بخار ناچیزی باشد، از بین برد.

اثر هد هیدرواستاتیکی باید در مواردی که اختلاف سطح قابل ملاحظه ای بین حباب و صفحه مدرج وجود دارد، بررسی گردد. این مشکل وقتی لوله موبین از مایع پرشده باشد، جدی تر خواهد بود.

اثر تغییر دمای محیط در ترمومترهای فشار بخار، قابل صرف نظر می باشد. این نوع ترمومترها به اختلاف ارتفاع حساس بوده و از این نظر باید تست شوند.

۵- ۴ - ترموکوپلهای پایه فلزی

مقایسه دماسنج ها در دماهای 150- درجه سانتیگراد تا 600+ درجه سانتیگراد به سهولت در حمامهای مایع دارای همزن که اکنون بحث گردید، صورت می پذیرد. در دماهای بالاتر از کوره های لوله ای استفاده می گردد.

تست ترموکوپلهایی که در غلاف های خیلی سنگین جای دارند،به دلیل اندازه کوره های مورد نیاز برای یکنواخت نگهداشتن دما، بسیار مشکل می باشد.

به همین دلیل معمولاً مرسوم است که غلاف های سنگین را جدا کرده و غلاف های سبک تری را برای تست حمام بخارجایگزین می نمایند و از اتصالات بدون پوشش برای بررسی مقایسه ای در کوره ها، استفاده می شود .

۵- ۵ - ترمومترهای مقاومتی

دو دماسنج اتصال دار با سیم پیچ های مقاومتی از جنس پلاتین یا نیکل معمولاً به روش مقایسه ای مشابه با دماسنج های شیشه ای حاوی مایع یا ترموکوپلهای فلز اصلی ، مدرج می گردند. باید از این نکته اطمینان حاصل نمود که مقاومت اتصال در مقایسه با مقاومت المان مقاومتی بسیار کوچک باشد به نحوی که خطای اندازه گیری ناشی از آن ناچیز باشد.

۵- ۶ - پیرومترهای تشعشعی

دو روش کلی برای مدرج سازی پیرومترهای تشعشعی وجود دارد:

* مدرج سازی را می توان با جای دادن پیرومتر روی یک جسم سیاه مسدود که دمای آن با دماسنجی که داخل آن قرار گرفته اندازه گیری می شود، انجام داد.

* پیرومتر آزمایشی را می توان با یک پیرومتر تشعشعی استاندارد مقایسه نمود زمانیکه هر دو را بر روی یک منبع تشعشی که الزاماً نباید به یک جسم سیاه نزدیک باشد قرار داد .

در عمل عموماً از لامپ های نوار منیزیمی به عنوان منبع تشعشع جهت مدرج سازی پیرومترهای مشاهده ای یا فتوالکتریک در دماهای بالا استفاده می شود. توصیه می شود قبل ازشروع اندازه گیری،لامپ رابرای مدتی روشن نگه داریم تا به تعادل دمایی لازم برسد.

۵ ـ ۷ نمودار اندازه گیری دما

۶ـ اندازه گیری وزن

۶ ـ ۱ ـ رابطه بین نیرو و وزن

ابزارهای دقیق، انواع شرایط فیزیکی را که در عملکرد یک طرح صنعتی تاثیر گذار هستند اندازه گیری می نمایند. از بارزترین این شرایط می توان فشار، دما و جریان را نام برد. اگر چه عدد حاصله در مورد یک وسیله خاص، ممکن است برحسب شرایط فیزیکی ویژه ای همچون درجه سانتیگراد، پوند براینچ مربع و گالن بر دقیقه بیان شود ولی ابزار مربوطه کمیتی از نیرو را نشان می دهد.

نیرو طبق تعریف، توانایی تولید حرکت و یا تغییر در حرکت می باشد.

جرم، خاصیتی از ماده است که در مقابل حرکت از سکون و یا تغییر حرکت ناشی از نیرو، مقاومت می نماید. یک خودروی سنگین نیاز به نیروی رانشی بزرگی جهت شروع به حرکت و همین طور نیروی رانشی قوی دیگر به منظور ایستادن مجدد آن خواهد داشت.

وزن، نیرویی است که ازجاذبه زمین به جرم وارد می آید و متناسب با جرم جسم می باشد. جرم جسم ثابت است ولی وزن آن بستگی به شدت جاذبه، در محل استقرار جسم دارد. در سطح زمین وزن جسم در قطب های شمال یا جنوب حدود نیم درصد سنگین تر از وزن آن در استوا می باشد.

۶ ـ ۲ ـ اندازه گیری وزن

اندازه گیری دقیق وزن در بسیاری از صنایع ضروری است. اندازه گیری وزن به دلایل زیر لازم می باشد:

* اطمینان حاصل گردد که مقدار مشخص و صحیحی از ماده در یک پروسه وارد شده تا کیفیت مطلوب حفظ گردد.
* بتوان مقدار دقیق مواد وارد شده و به کار رفته در ساخت را ثبت کرد تا هزینه ها و راندمان را مشخص نمود.
* اطلاعاتی به دست آید تا بتوان مقدار مواد ذخیره شده را مشخص کرد.

* امکان پاسخ گویی به مراجع قانونی، جهت تعیین مالیات وجود داشته باشد.
* اطمینان حاصل گردد که بار کارکرد، از حد مجازبالاتر نرفته باشد.

سیستم اندازه گیری که در هر صنعتی به کار می رود، بسته به پروسه ای که وجود دارد و موادی که باید وزن شوند، متفاوت است.

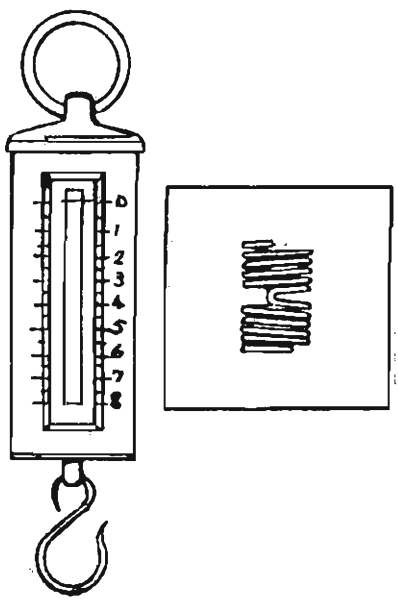
ابزارهای صنعتی اندازه گیری وزن را می توان به سه دسته تقسیم کرد:

* ابزارهای قابل حمل و نقل اندازه گیری وزن
* ابزارهای ثابت (غیرمتحرک) اندازه گیری وزن
* ابزارهای مخصوص اندازه گیری در فرآیندهای در حال حرکت.

۶ - ۳ - ترازوهای فنری

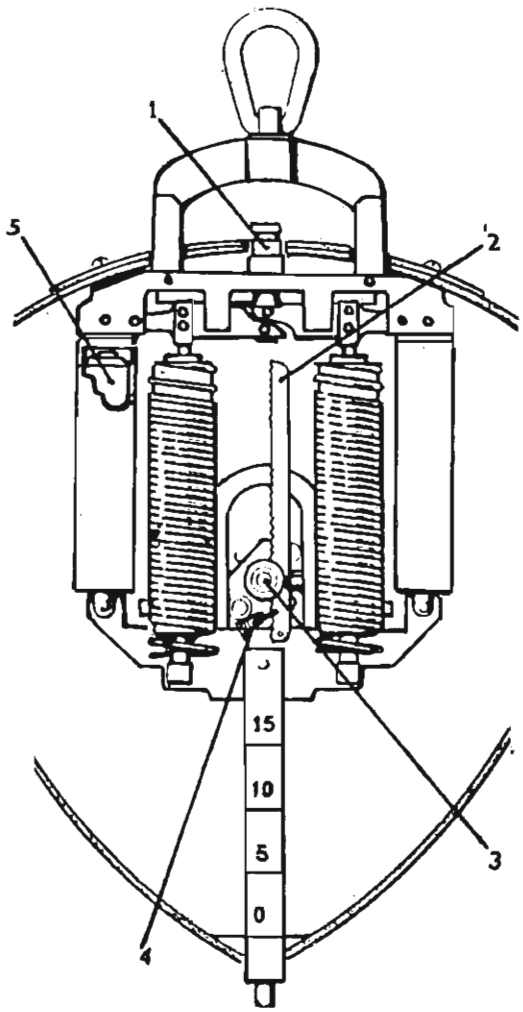
به جای مقایسه جرمها، وزن یک جسم را می توان با مقدار کشش یا فشاری که در یک فنر ایجاد می نماید، اندازه گیری نمود.

در ساده ترین نوع ترازوی فنری، فنر در داخل محفظه ای که روی آن درجه بندی شده قرار می گیرد. قلابی به انتهای فنر برای اتصال اجسام به آن تعبیه گردیده است و حلقه ای نیز بالای آن جهت نگهداشتن ترازوی فنری در هنگام وزن نمودن اجسام وجود دارد. هنگامی که بار اعمال می گردد، نشانگر متصل به فنر روی صفحه مدرج حرکت می کند. برای اندازه گیری وزن اجسام سنگین تر، معمولاً از سیستم های چند فنره که اغلب تعداد آنها زوج است، استفاده می گردد.



ترازوهای فنری در محدوده بسیار وسیعی از اوزان، از چند گرم گرفته تا حدود ۱۰۰ تن مورد استفاده قرار می گیرند.

نوع فنر معلق ساده ای که در شکل نشان داده شده است خیلی دقیق نیست ولی هنوز هم استفاده می شود. به منظور خنثی کردن اثر از هم باز شدن حلقه های فنر به هنگام کشش، در ترازوهای فنری مرغوب تر معمولاً از فنری استفاده می کنند که در آنها هر نیمه فنر در جهت مخالف نیمه دیگر پیچ داشته باشد (مطابق شکل).



برای آنکه دقت ترازوی فنری بیشتر شود، از نمونه ای که در شکل دوم ارایه شده است استفاده می گردد.

در این مدل از دو فنر مستقل استفاده می شود که یک تنظیم کننده صفر مشترک دارند

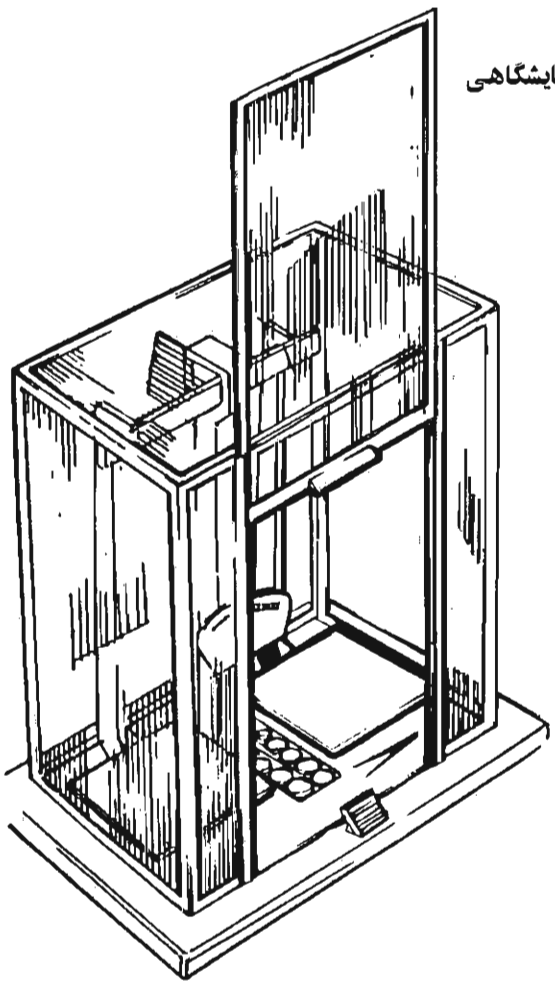
(۱).بخش شانه ای شکل (۲)با کشیده شدن فنرحرکت نموده و پینیون را می چرخاند (۳)آنها توسط فنر با یکدیگر در تماس نزدیک نگهداشته می شوند (۴).

پینیون، حامل یک عقربه نشانگر است و روی یک صفحه مدرج دایره ای حرکت می کند که به عنوان مثال، هرپنج پوند را در یک دور خود نشان می دهد.

به علاوه میله نیز خود با تقسیمات پنج پوندی مدرج شده است. عدد نهایی از جمع عدد روی میله اصلی مدرج و عددی که عقربه روی صفحه گردنشان می دهد به دست خواهد آمد.

ضربه گیر پیستونی (۵) به منظور جلوگیری از ارتعاش نیز اضافه شده است.

۶ - ۴ - ترازوی آزمایشگاهی



اجزا اصلی ترازوی آزمایشگاهی، شامل موارد زیر است:

* میله ای که در مرکز خود در یکی از تیغه ها لولا دارد.
* سینی ها که روی لبه میله در دو انتهای آن قرار می گیرد.
* مکانیزمی برای بالا بردن و پایین آوردن میله.
* عقربه ای بلند و صفحه درجه بندی شده.

این نوع ترازوها اغلب در داخل یک محفظه شیشه ای قرار داده می شوند و یک درب کشویی نیز دارند که از ورود گرد و خاک و ناخالصی و اثرگذاری روی اندازه گیری وزن، جلوگیری به عمل می آورند. قبل از هربار اندازه گیری وزن، ترازو دقیقاً تراز شده و به کمک وزنه های کوچک موجود در انتهای هرمیله، روی صفر قرار داده می شود. سپس مکانیزم میله را در حالت پایین قرار داده و جسمی را که قرار است وزن آن اندازه گیری شود در یک سینی ترازو قرار داده و در سینی دیگر به صورت تخمینی وزنه هایی معادل وزن و به کمک پنسی که به همین منظور تعبیه شده، قرار داده می شود. سپس مکانیزم میله را به سمت بالا حرکت داده و میزان عدم تعادل احتمالی را مورد نظر قرار می دهیم، آنقدر وزنه کم یا زیاد می شود تا تعادل برقرار گردد. وزنه ها وقتی باید تعویض گردندکه مکانیزم، میله را پایین آورده باشد. این وسیله دارای دقت بالایی بوده و توانایی اندازه گیری اجسامی تا ۰/۰۰۵ گرم را نیز دارد.

این روش اندازه گیری پیشرفت کرده و ابزارهای اندازه گیری دقیق تر دیجیتالی الکترونیکی مورد استفاده قرار می گیرد که قادرند اجسامی تا ۰/۰۰۰۱ گرم را نیز اندازه گیری نمایند. برخی از مدلها دارای خروجی های الکترونیکی می باشند که امکان ثبت اندازه گیری انجام شده را نیز دارند.

وسایل لازم جهت نصب ترازو:

* میز یا قفسه محکم و استوار
* برق (در مدلهای الکترونیکی)
* متعادل کردن دقیق ترازو

عوامل خطاهای احتمالی:

* کثیف یا لب پرشدن تیغه های میله یا سطوح یاتاقان ها
* آسیب دیدن یا به هم خوردن مکانیزم
* وزنه های آلوده شده به عنوان مثال اگر با دست لمس شوند.
* تغییر شکل سینی ها به خاطر الکتریسیته ساکن (فقط در ترازوهای حساس)
* عیب قطعات الکترونیکی
* نوسانات برق

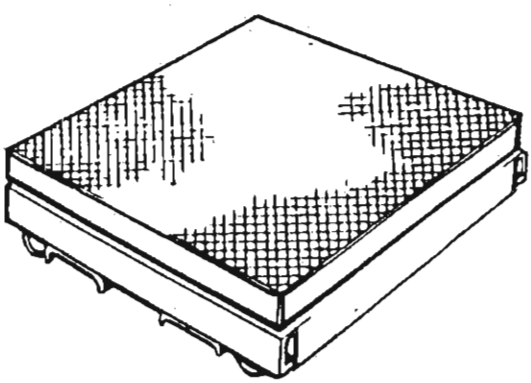
۶ ـ ۵ ـ ماشینهای توزین

از دو نوع ماشین توزین که دارای صفحات فولادی است، معمولاً در صنایع استفاده می شود:

* انواع قابل حمل
* انواع ساکن

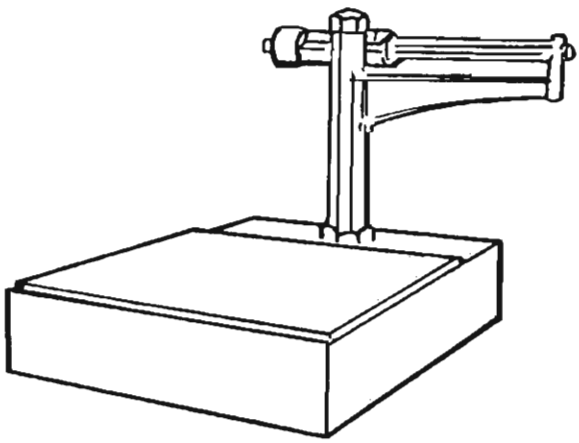
در هر دو مدل، از سیستم اهرم بندی درجه یک استفاده می شود.

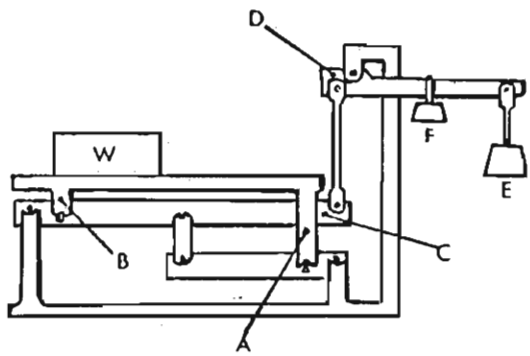
انواع قابل حمل



ماشینهای توزینی که از نوع قابل حمل می باشند روی چرخ قرار می گیرند، به نحوی که سکوی محل قرار گرفتن جسم حدود ۲۰۰ میلیمتر بالاتر از کف زمین قرار گیرد.

انواع ساکن





سکوی قرار دادن باز معمولاً هم سطح کف زمین می باشد. مدلهای ساکن کوچک معمولاً کمی توانایی بالا آمدن از سطح زمین را نیزدارند.

از آنجایی که موقعیت استقرار بار روی سکوی ماشین توزین، لزوماً در هربار اندازه گیری وزن یکسان نخواهد بود، مجموعه ای از اهرم بندیهای پیچیده در آن به کار می رود تا هرگونه خطای احتمالی از توزین غیریکنواخت بار روی سکو، حداقل گردد.

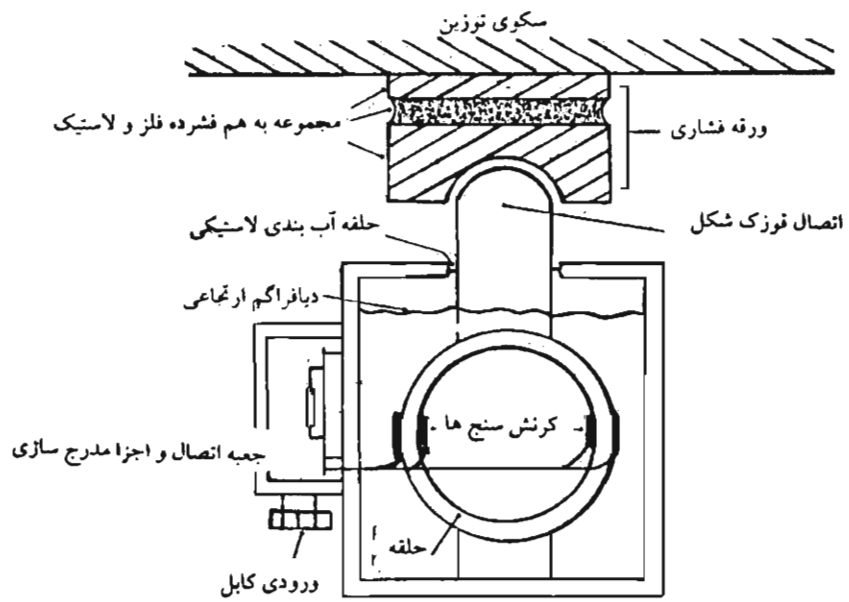
نیروی وارده بر A به علاوه نیروی وارده بر B ، همواره مساوی وزن W خواهد بود،به نحوی که هر گاه وزنه W قرار داده شود، کشش در اهرم C-D یکسان خواهد بود.

با تنظیم وزنه در E و تنظیم مکان F ، برای متعادل ساختن میله فولادی، وزن W تعیین

می شود. به منظور حفظ دقت ماشین توزین، ممکن است لازم گردد تا تیغه های سخت فولادی آن گاهگاهی تعویض گردند.

۶ ـ ۶ ـ سلولهای باری

استفاده از سلولهای باری در سیستمهای صنعتی توزین اکنون کاملاً رایج گردیده است. آنها دارای حجم کلی بوده که اگر به درستی مورد استفاده قرار گیرند، دقیق و قابل اطمینان می باشند.



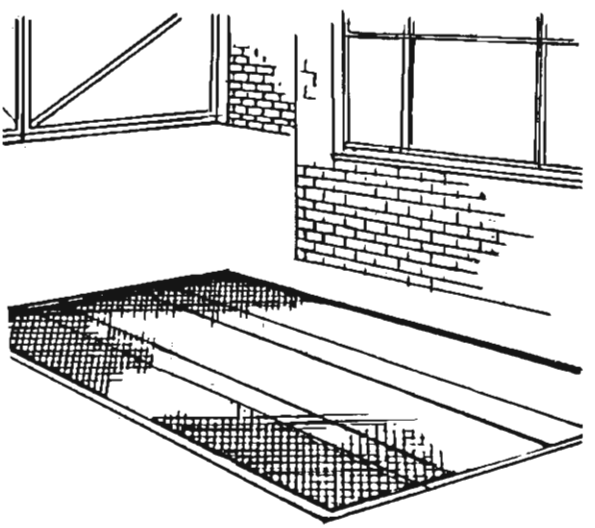
اتصال بار به سلول مستلزم دقت زیادی می باشد و درنمونه نشان داده شده در شکل یک ورقه فشاری که شامل مجموعه ای از فلز و لاستیک می باشد، برای انتقال بار به قسمت قوزک شکل بالای سلول به کار می رود. این مکانیزم به حذف خطاهای ناشی از انحراف های کوچک و خطاهای ناشی از بارهای ضربه ای کمک می نماید.

یک دیافراگم قابل انعطاف از ورود هواوگرد و خاک به سلول جلوگیری به عمل می آورد. امروزه از انواع ماشینهای توزین از یک نشانگر دیجیتالی یا عقربه ای به جای یک

مقیاس حکاکی شده روی بازوی سکوی فولادی استفاده می کنند.

۶ ـ ۷ ـ باسکول ها

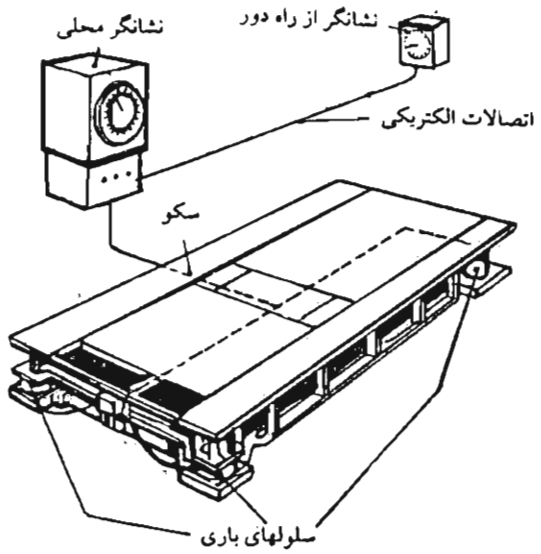
این نوع ماشینهای توزین از نوع ساکن و برای بارهای سنگین می باشند که از اهرم بندی های مرکب یا سلولها ی باری استفاده می کنند.



باسکول ها، برای توزین وسایل نقلیه سنگین پر از بار یا خالی از بار جاده ای و ریلی مورد استفاده قرار می گیرند. آنها به گونه ای طراحی می گردند که وسیله نقلیه بتواند روی باسکول آن قرار گرفته و پس از توزین بار به جاده و مسیر اصلی خود وارد شود. وزن آنها یا روی صفحات مدرج یا به صورت نشانگرهای رقمی یا روی میله های فولادی نشان داده می شود.

اصول عملکرد ماشینهای توزین مکانیکی با سلولهای دارای اهرم بندی مرکب، کاملاً مشابهت دارد که دقت عمل آنها به خاطر نوع اهرم بندی به کار رفته است که ، بستگی به نحوه توزیع بار روی سکو ندارد.

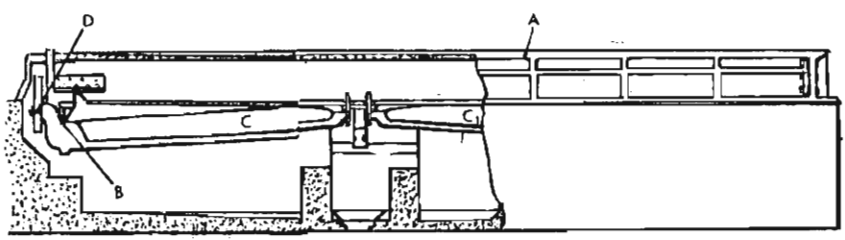
روش کرنش سنجی



از سلولهای باری متشکل از کرنش سنج ها درحال حاضردراغلب باسکولها استفاده می شود.

به منظور حفظ دقت سلولها، بار اعمال شده نباید هیچ تنش افقی در آنها ایجاد نماید.

از میله های محکم و ثابت برای جلوگیری از حرکت جانبی استفاده می شود و هر از چندگاهی باید از ثابت ماندن آنها اطمینان حاصل نمود.



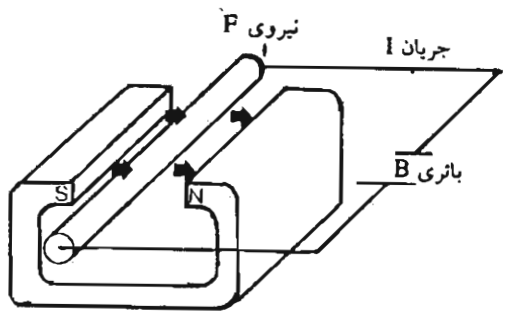
مقطع مقطع قسمتی از اهرم بندی

سکوی A به همراه بار روی آن در هر گوشه، مطابق قسمت (B) نگه داشته می شود. دو اهرم بار (C1 , C) وجود دارد که در نمای برشی مقطعی، به شکل Y هستند و دارای چهار شاهین مطابق آنچه در (D) است، می باشند. مجموعه اهرم های غول پیکر و سکوهای

سنگین وزن، معمولاً روی سیستم های تیغه ای شکل قرار می گیرند. با این نوع باسکول ها که به ظاهر بسیار زمخت می باشند، بایستی همواره با ملاحظه و دقت زیادی کار نمود. هر نوع آسیبی که به تیغه ها وارد آید به عنوان مثال ناشی از شوکهای مکانیکی یا فرآیندهای شیمیایی، باعث کاهش حساسیت باسکول خواهد گردید.

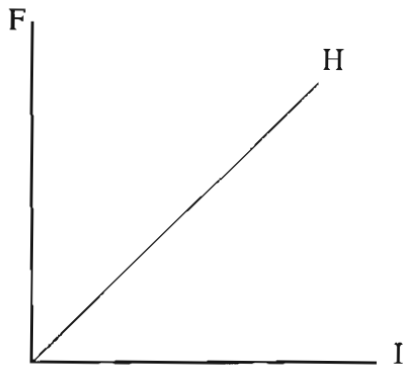
۶ ـ ۸ ـ سیستم های توزین الکترومغناطیس

از نیروی الکترومغناطیسی می توان در ماشینهای توزین استفاده نمود ، اصل فیزیکی زیر، مبنای مکانیزم ترازوی خنثی ساز الکترومغناطیسی می باشد.



درسیستم نشان داده شده درشکل،سیمی را بین دو قطب یک آهن ربای دایم قرار می دهیم. هنگامی که باتری (B) جریان (I) را در داخل سیم ایجاد می نماید، یک نیروی (F) تولید می گردد که در زاویه ای عمود بر خطوط نیرو و جهت جریان ایجاد می شود و باعث حرکت سیم به سمت خارج، مطابق آنچه در شکل نشان داده شده، می گردد.

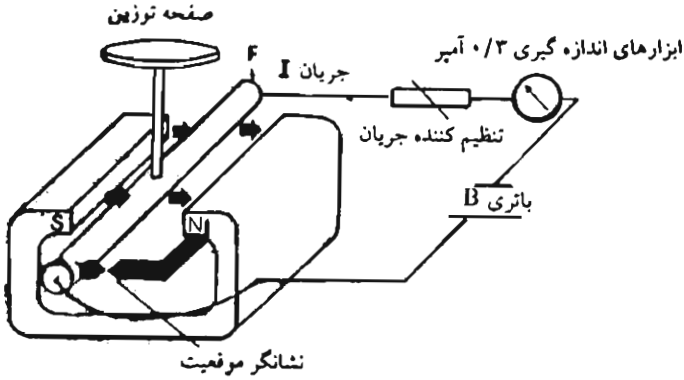
موتورهای الکتریکی و بلندگوها برمبنای اصلی مشابه با همین اصل، کار می کنند.



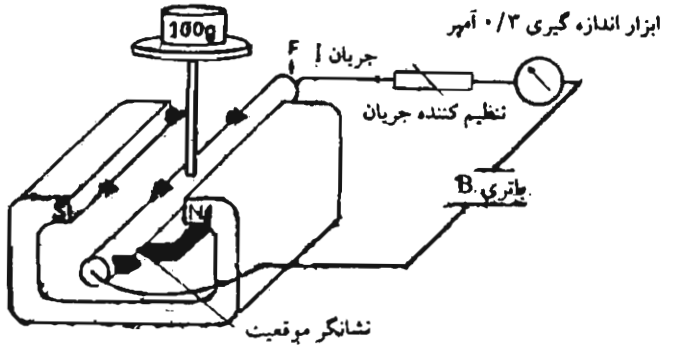
این پدیده باعث ایجاد نیروی (F) متناسب با جریان (I) خواهد گردید تا زمانی که شدت میدان مغناطیسی و طول سیم در میدان مغناطیسی ثابت بماند.

اگر نیروی (F) برابر وزن سیم باشد سیم در میدان مغناطیسی به صورت شناور در می آید. اگر جریان (I) بیشتری از سیم عبور کند، نیروی بیشتری ایجاد خواهد شد. به منظور به کارگیری این اصل در ساخت یک ترازوی عملی قطعات اضافه دیگری لازم خواهد بود که عبارتند از : یک سینی مخصوص قرار دادن اجسامی که قرار است وزن شوند و یک نشانگر موقعیت که به کمک آن بتوان موقعیت سیم را در میدان مغناطیسی، بررسی نمود. علاوه بر موارد فوق نیاز به یک تنظیم کننده ابزار اندازه گیری جریان نیز وجود خواهد داشت.

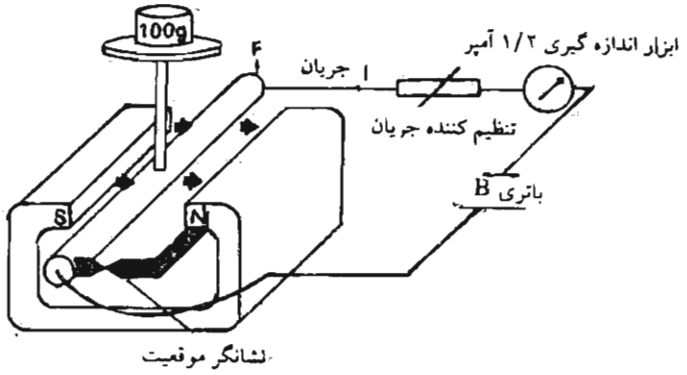
با استفاده از وسایل فوق می توان وزن یک جسم را اندازه گیری نمود.



به کمک تنظیم کننده جریان تا جایی که هر دو نشانگر موقعیت در یک سطح قرار گیرند، جریان در سیم اضافه می گردد. پس از آنکه نشانگرها تراز شدند، جریانی که ابزار اندازه گیری جریان نشان می دهد مربوط به موقعیت صفر ترازو خواهد بود.



هنگامی که مثلاً وزنه ای ۱۰۰ گرمی روی سینی قرار داده شود،سیستم اندازه گیری به پایین فشرده می گردد، تغییر ایجاد شده در موقعیت به وسیله نشانگر با خارج شدن از تراز مشخص می شود.



به کمک تنظیم کننده، جریان تا حدی افزایش می یابد تا وزن جسم صد گرمی خنثی شده و نشانگر موقعیت مجدداً به صورت تراز درآید.

اختلاف حاصله بین مقدار جریان ترازو با بار و بدون بار، متناسب با وزن جسم توزین شده خواهد بود.

به عنوان مثال:

جریان در سیستم هنگامی که جسم ۱۰۰ گرمی در سینی است =۱/۳ آمپر

جریان در سیستم هنگامی که جسمی در سینی وجود ندارد =۰/۳ آمپر

اختلاف جریان به ازای هر ۱۰۰ گرم =۱ آمپر =۱۰۰ گرم

اکنون می توان ابزار اندازه گیری را برحسب گرم و به ازای هر آمپر معادل ۱۰۰ گرم مدرج ساخت. اگر قرار است از این وسیله با تقسیمات ۱۰۰۰ تایی استفاده شود، می توانیم اجسامی را از ۱۰۰ گرم و با دقت ۰/۱ گرم وزن نماییم.

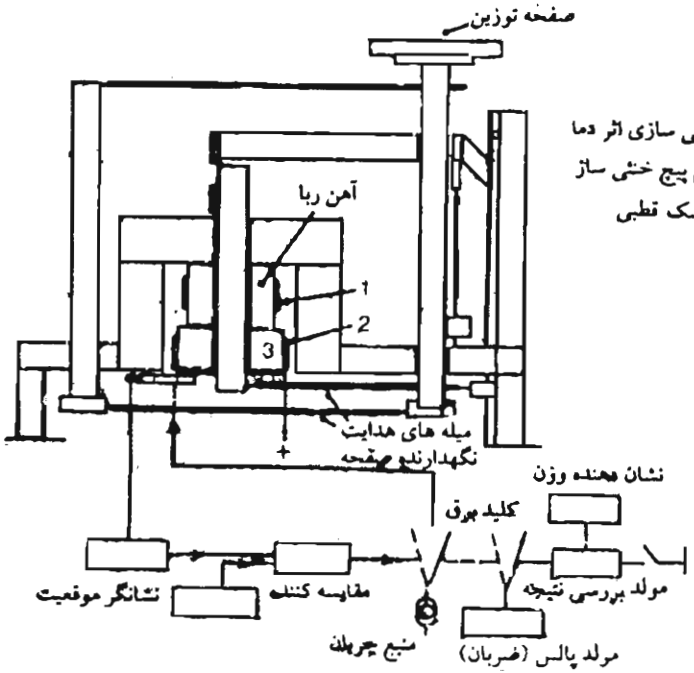
$$\text{تقسیمات ۰/۱ گرمی} = \frac{\text{۱۰۰ گرم}}{\text{تقسیمات ۱۰۰۰ تایی}}$$

دقت سیستمی که شرح داده شد به دقت اجزاء تشکیل دهنده آن از جمله ابزار اندازه گیری جریان و نشانگر موقعیت، بستگی دارد.

۶ ـ ۹ ـ اصول کارکرد ترازوی الکترونیکی

در شکل زیراصول عملکرد یک ترازوی دقیق و جدید از نوع خنثی کننده وزن که در آن روال بیان شده فوق به صورت خودکار انجام می پذیرد، تشریح گردیده است.

نشانگر موقعیت، تغییرات عمودی موقعیت نسبی راپس از بارگذاری روی سینی، نشان می دهد. این اطلاعات در اختیار رگلاتور (تنظیم کننده) قرار می گیرد تا جریان لازم را در سیم پیچ خنثی کننده (۲) ایجاد کرده و سیستم را به موقعیت صفر باز گرداند.



این جریان به مقدار بار بستگی دارد و به یک عدد دیجیتالی تبدیل می گردد که بعداً پردازش شده و به صورت وزن نمایش داده می شود.

دقت این نوع دستگاهها بسیار بالا رفته و امکان توزین یک واحد در ۳۰۰۰۰۰۰ را نیز دارا می باشند.

۶ ـ ۱۰ ـ مزایای توزین الکترونیکی

وزن اندازه گیری شده را می توان به صورت علایم (سیگنال های) الکترونیکی دریافت داشته و به کمک اجزا پیشرفته الکترونیکی، کارآیی های بیشتری از قبیل موارد زیر را فراهم ساخت:

کنترل یک المانی

تنها با فشار یک دگمه، ترازو روشن می شود، صفحه نمایشگر روی صفر قرار می گیرد و تصحیحات لازم برای اندازه گیری وزن خالص اجسام، برای وزن کشی های پی در پی، صورت می پذیرد.

خروجی داده ها

ترازو های الکترونیکی امکان بیرون فرستادن اطلاعات را به صورت اختیاری و یا استاندارد خواهند داشت. بدین ترتیب نتایج وزن کشی صورت گرفته را می توان مستقیماً به یک پرینتر، کامپیوتر یا دیگر ابزارهای ذخیره سازی یا تکثیر اطلاعات ارسال نمود.

مصارف دیگر

با اتصال تجهیزات اضافی به بخش خروجی داده ها، از ترازوهای الکترونیکی می توان برای مصارف زیر نیز استفاده کرد:

* شمارش قطعات
* تقسیم بندی اجسام برحسب وزن
* تعیین وزن کل مجموعه
* تعیین تغییرات وزن برحسب درصد یا گرم
* محاسبات خودکار اعداد مربوطه که برای کنترل کیفیت آماری محصولات بسته بندی شده لازم است.

۶ - ۱۱ - اندازه گیری وزن در فرآیندها

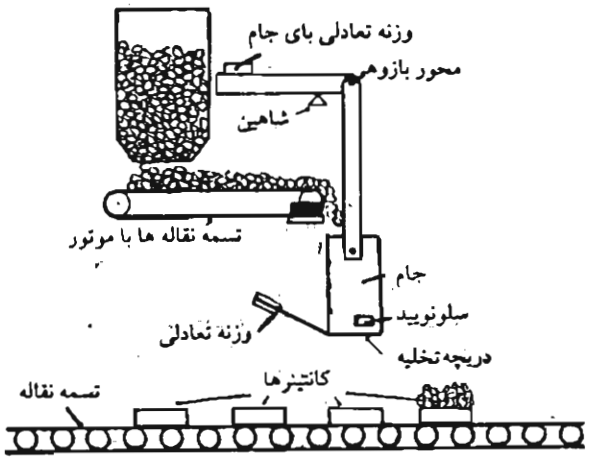
در برخی صنایع لازم است مواد را در حال حرکت وزن نماییم. این نوع اندازه گیری وزن، می تواند به منظور بررسی میزان مواد وارد یا خارج شده از فرآیند و در مدت زمان مشخص صورت گیرد. این اطلاعات برای تعیین راندمان فرآیند نیز می تواند مفید واقع گردد.

دو نوع رایج آن عبارتند از:

* سیستم های توزین ریزشی (DRAFT)
* سیستم های توزین پیوسته

سیستم های توزین ریزشی

در این نوع سیستم ها، از وزن مواد،به منظور کنترل مراحل خاصی در فرآیند استفاده می گردد.



اجزا اصلی سیستم های توزین ریزشی از قرار زیر می باشند:

* قیف بزرگی که عمده مواد در آن نگهداری می شود.
* تسمه نقاله ای که مواد را از قیف تحویل گرفته و حمل می کند.
* جامی که مواد را از تسمه نقاله تحویل می گیرد.
* دریچه تخلیه در پایین جام

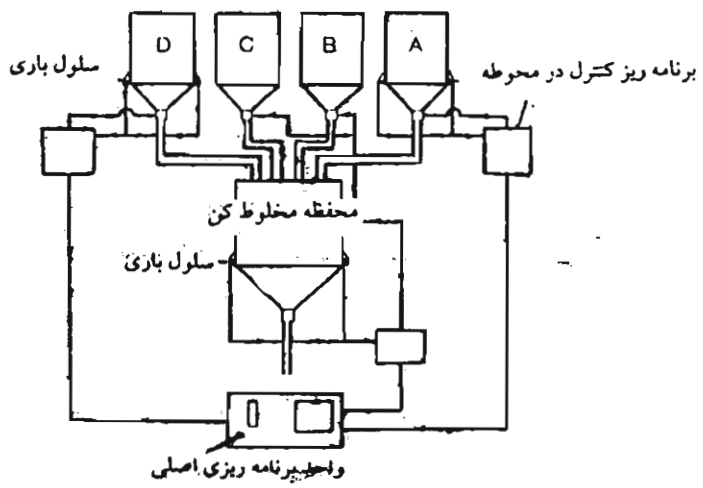
* یک روزنه تعادلی که وقتی جام خالی است، توسط شلونوییدی آن را در جای خود ثابت نگه می دارد.

.* کانتینرهایی که روی یک تسمه نقاله نصب شده و از طریق جام پر می شوند.

وسیله توزین در این سیستم ها از نوع تیرک های تعادلی است، یکی از بازوها لولا دار شده و به عنوان تیرک عمل می کند و در سمت دیگر از وزنه ای ثابت به عنوان وزن معلوم استفاده می شود.

وزن نامعلوم، وزن موادی است که به هنگام کارکرد سیستم داخل جام ریخته می شوند. در زمان کارکرد سیستم، مواد در داخل جام جمع شده و رفته رفته جام را از وزنه ثابت سنگین تر می نماید و باعث می گردد جام به سمت پایین حرکت کرده و بازوی لولا دار کج گردد. پس از آنکه وزن مشخصی از مواد وارد جام گردید، دریچه زیر جام باز شده و جام در داخل کانتینری که روی تسمه نقاله قرار دارد، تخلیه می شود.

سیستم شرح داده شده به نحوی طراحی گردیده است که یک سری کانتینر را با مقدار ثابتی از مواد پرنماید. مقدار موادی که در هر کانتینر تخلیه می گردد به صورت خودکار توسط وزن مواد داخل جام کنترل می شود.

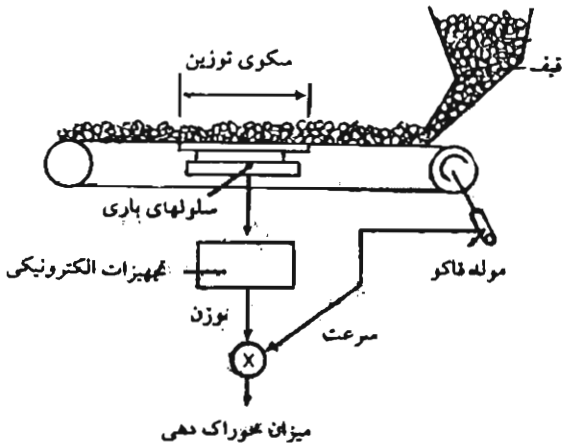


توزین گروه گروه

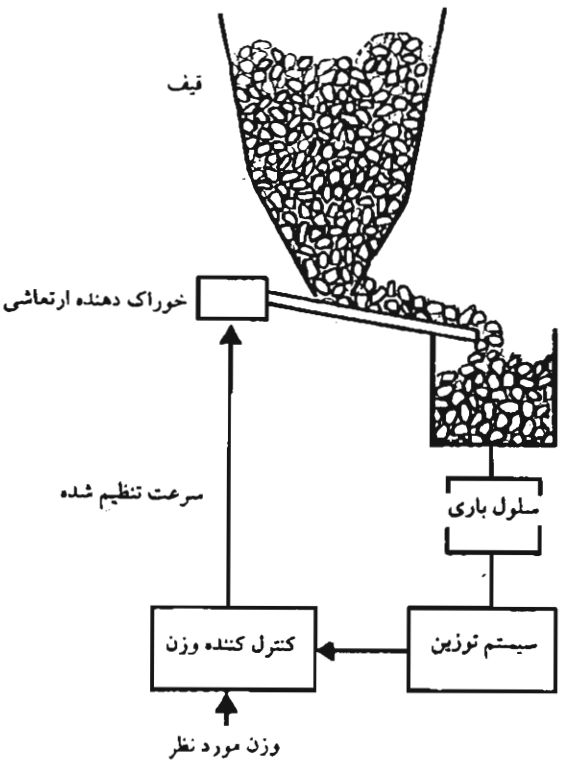
توزین گروه گروه به مفهوم کنترل مواد اولیه ورودی به یک فرایند (بچ) از روی وزن آنها می باشد. اگر کیفیت محصول نهایی مدنظر باشد به این مفهوم خواهد بود که وزن مواد اولیه هریک به صورت جداگانه، باید کنترل گردد. در شکل نمونه ای از سیستم توزین گروهی (بچ) تشریح گردیده که از سلولهای باری، در دو تانک جداگانه مواد اولیه (A و D) و در ظرف مخلوط کن، استفاده شده است.

توزین پیوسته

سیستمهای توزین پیوسته جریان جرم (وزن بر واحد زمان) مواد در حال حرکت را اندازه گیری می نمایند. سرعت حرکت مواد در سیستم توزین به وسیله ابزارهای مکانیکی یا الکتریکی کنترل می گردد. در مثال نشان داده شده از یک مولد تاکو استفاده شده است. وزن اندازه گیری شده در حالت کلی برحسب نرخ جریان مواد و به عنوان مثال پوند یا کیلو در دقیقه یا به صورت تن در ساعت بیان می گردد.



سیستم خوراک دهی گروهی



سیستمهای توزین پیوسته مختلفی مورد استفاده قرار می گیرد که از انواع ساده مکانیکی تا سلولهای باری الکتریکی را شامل می گردد. نمایش وزن مواد یا به صورت دیجیتالی صورت می گیرد و یا تبدیل به ولتاژی خروجی می گردد که می توان آن را ثبت نمود و یا به منظور کنترل وسایلی که هدفشان، تنظیم نرخ جریان جرم مواد ورودی به فرآیند می باشد، مورد استفاده قرار می گیرد.

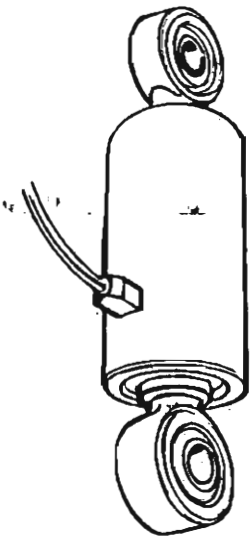
۶ - ۱۲ - سلولهای باری

ابزارهای اندازه گیری وزن که از نوع تیرکهای تعادلی می باشند، در عمل به منظور

توزین برخی مواد مناسب نیستند. به عنوان مثال در مورد کانتینرهای حاوی موادو یا هنگامی که لازم است وزن مواد در محلی دورتر از محل توزین، نشان داده شود از سلولهای باری برای اندازه گیری وزن استفاده می گردد .

سلول باری وسیله ای کم حجم و مقاوم جهت اندازه گیری نیرو می باشد.

سلولهای باری در انواع و اندازه های مختلفی تولید شده و توانایی اندازه گیری بارهای فشاری یا کششی را از چند کیلوگرم تا چندین هزار تن دارند.



سلول باری مخصوص فشار

سلولهای باری کششی

در شکل نمونه ای از سلول باری کششی نشان داده شده است. از این نوع سلول ها به عنوان مثال در مواردی که بار از آن آویزان می گردد، استفاده می گردد .

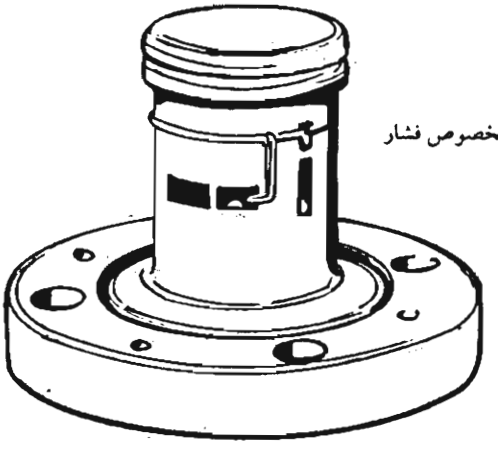
سلولهای باری فشاری

سلولهای باری فشاری از رایج ترین انواع موجود می باشند و اغلب در آرایش های مختلف چندگانه و در تکیه گاه های تانک‌های ذخیره سازی، باسکول ها و یا قیف های بزرگ خوراک دهنده مواد به داخل پروسه های تولیدی، مورد استفاده قرار می گیرند. سلولهای باری یا از نوع هیدرولیکی می باشند که در آنها ترانسدیوسرها، نیرو را به فشار تبدیل می‌نمایند و یا از نوع کرنش سنجی * هستند که در آنها نیرو به ولتاژ تبدیل می گردد.

ولتاژ خروجی از یک سلول باری کرنش سنجی، به منظور استفاده در سیستمهای کنترل اتوماتیک، بسیار مفید می باشد.

---

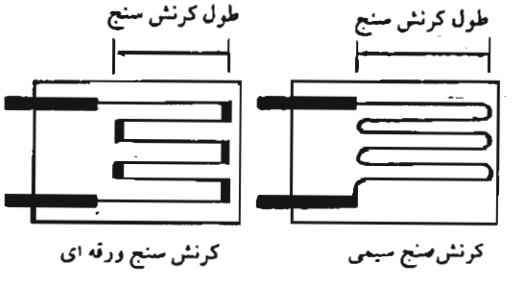
* Straingauge



سلول باری مخصوص فشار

۶ - ۱۳ - کرنش سنج ها

کرنش طبق تعریف ،میزان تغییر شکل مکانیکی ایجاد شده در جسم، ناشی از عملکرد یک بار می باشد. کرنش با استفاده از کرنش سنج هایی که در جهت اندازه گیری تغییر شکل قرار می گیرند،اندازه گیری می شود. کرنش سنج های مقاومت الکتریکی، در سال ۱۹۳۰ اختراع گردید و انواع اولیه آنها شامل سیمی بود که به جسم تحت آزمایش، چسبانده می شد. تغییرات ایجاد شده در طول (کرنش) جسم تحت آزمایش، به سیم منتقل و تغییراتی را در مقاومت سیم باعث می گردید. تغییرات حاصله در مقاومت، با استفاده از یک مدار پل وتستون به دقت اندازه گیری می گردید.



کرنش سنجهای سیمی و ورقه ای

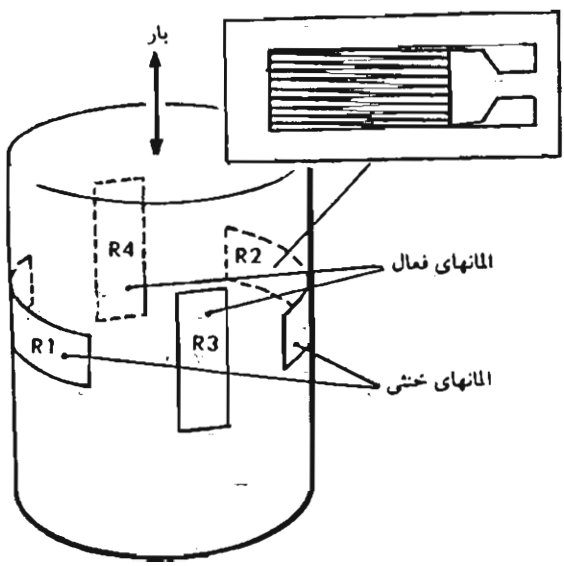
کرنش سنج های کنونی را می توان از ورقه های باریک فلزی لحیم شده به جای سیم ساخت ولی اصول کارکرد آنها مشابه انواع اولیه می باشد.

در سالهای اخیر، کرنش سنج هایی از جنس نیمه هادیها تولید گشته که بسیار حساس تر از انواع سیمی یا ورقه فلزی می باشند.

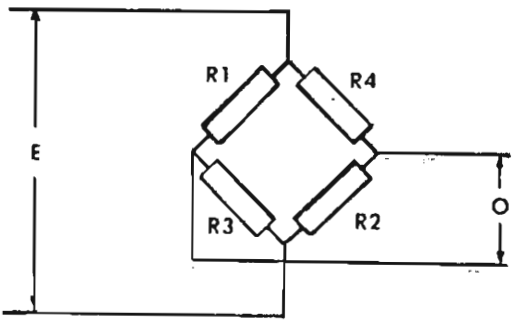
کرنش سنج ها ی نیمه هادی، شامل ورقه ای از مواد نیمه هادی همچون سیلیکون یا ژرمانیوم می باشند که با مقدار حساب شده ای ناخالصی مخلوط گردیده تا مشخصه های مطلوب را به دست آورند. حساسیت این نوع اندازه گیرها بسیار بالاست و تولید آنها ارزانتر تمام می شود.

کرنش سنج های نیمه هادی به تغییر دما حساس بوده و عموماً از انواع سیمی و ورقه ای ظریف تر هستند.

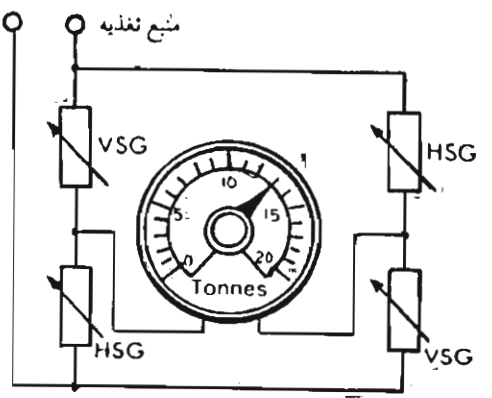
۶ ـ ۱۴ ـ سلولهای باری کرنش سنجی



نمونه ای از سلولهای باری فشاری که در زیر وزنه ای که قرار است اندازه گیری شود، واقع می گردند، شامل یک شمش فولادی با قابلیت تنش بالا است که به آن چهار کرنش سنج به صورت کاملاً محکم متصل گردیده است.



چهار کرنش سنج، به شکلی به هم متصل می گردند که تشکیل یک مدار پل وتستون را داده و هر یک از شاخه های آن، شامل یک کرنش سنج باشد. هنگامی که بار روی سلول تغییر می نماید، شمش فولادی به صورت الاستیکی تغییر شکل داده و مقاومت کرنش سنج ها تغییر می نماید. بدین ترتیب مقاومت پل از تعادل خارج می گردد که توسط آمپلی فایری تشخیص داده شده و اندازه گیری آن امکان پذیر خواهد بود.



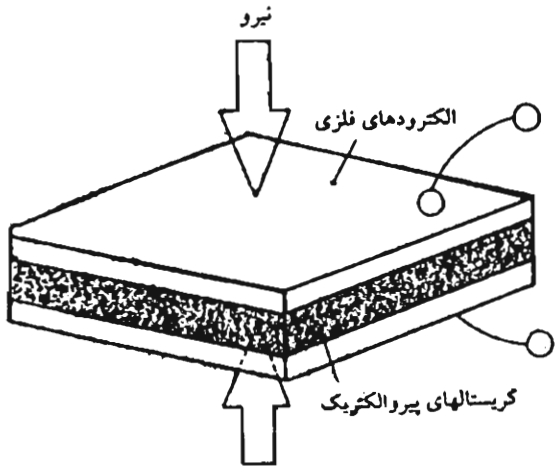
مدار پل با استفاده از چهار کرنش سنج

مدار پل با استفاده از چهار کرنش سنج

ابزار نشان دهنده وزن، تغییر ولتاژ ایجاد شده در خروجی پل را نتیجه تغییر مقاومت کرنش سنج در نظر گرفته و آن را به صورت وزن نمایش می دهند.

۶ ـ ۱۵ ـ ترانسدیوسرهای پیزوالکتریکی

مواد پیزوالکتریک نوع خاصی از کریستالهای عایق الکتریکی هستند که وقتی روی یک وجه و در امتداد یکی از محورهایشان تحت فشار قرار گیرند، در وجه مقابل خود بارهای الکترواستاتیکی تولید می نمایند. مواد پیزوالکتریک می توانند از نوع کوارتزی، نمک راشل و یا سرامیک های مصنوعی همچون زیرکونیت تیتانیت باشند.

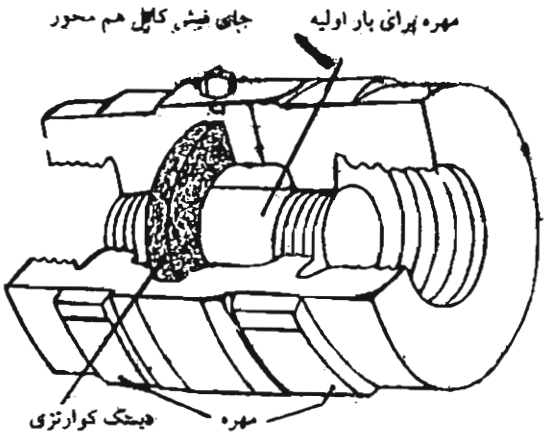


نیروی فشاری معمولاً به الکترودهای فلزی اعمال می گردد که آنها وظیفه توزیع بار روی کل ماده و فراهم نمودن اتصال الکتریکی را دارند.

ترانسدیوسر پیزوالکتریکی را می توان یک نوع خازن خاص در نظر گرفت که با اعمال نیروی فشاری بر آن، تخلیه می گردد. ورودی به آن نیرو و خروجی از آن بار الکتریکی می باشد که می توان آن را به کمک آمپلی فایری اندازه گیری نمود.

۶ - ۱۶ - سلول باری پیزوالکتریکی

در شکل نمونه ای از میله انتقال نیروی پیزوالکتریکی را مشاهده می نمایید.



کریستال پیزوالکتریکی به صورت دیسکهای کوارتزی می باشد که در بدنه میله انتقالی در تماس با فیش کابل هم محور مینیاتوری می باشد.

دیسکهای کوارتزی با پیچاندن مهره های واقع در پیچ مخصوص بارگذاری اولیه، فشرده شده و از پیش بارگذاری می گردند. به این ترتیب میله انتقال نیرو را می توان به منظور اندازه گیری نیروهای کششی و فشاری، استفاده نمود ، زیرا نیروی کششی اعمالی به صورت کاهش در نیروی بارگذاری اولیه نیز تشخیص داده خواهد شد.

سلولهای باری پیزوالکتریکی بسیار کم حجم می باشند و از آنها می توان به منظور اندازه گیری نیروهای کاملاً کوچک و با دقت خوب استفاده کرد. این نوع سلولها برای اندازه گیری نیروهای دینامیکی ایده آل هستند، زیرا دارای اینرسی بسیار ناچیزی می باشند ولی به کمک این ابزارها نیروهای استاتیکی را تنها در فواصل زمانی کوتاهی می توان اندازه گیری نمود.

۷ـ کاربرد سلولهای باری

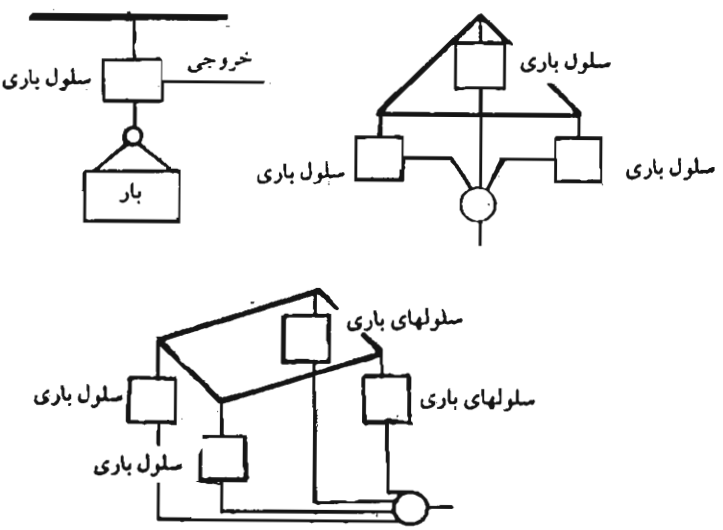
۷ ـ ۱ ـ روشهای نصب محفظه ها روی سلولهای باری

تعداد سلولهای باری که برای نگهداری یک محفظه لازم است، به عوامل چندی از جمله نوع فرآیند بستگی دارد. اولاً، از آنجایی که سلول باری با سیستم نگهداری محفظه به صورت یکپارچه متصل می گردد، بسیار اهمیت دارد تا کل مجموعه از لحاظ مکانیکی پایدار باشد.

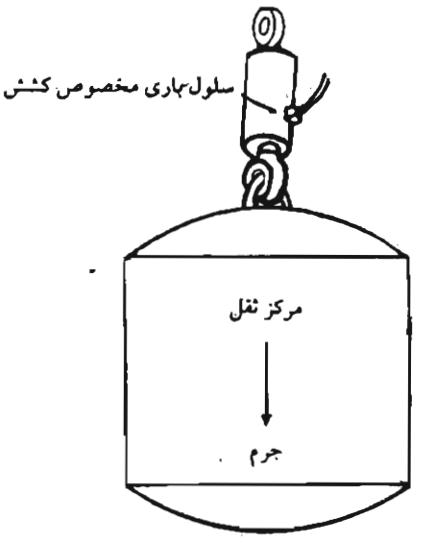
ثانیاً سلولهای باری می بایست به صورت مساوی بارگذاری گردند. رعایت ترکیبی از دو اصل فوق حالتهای ممکن زیر را با مزایا و مضرات خاص خود نتیجه خواهد داد.

سه روش اصلی برای نصب محفظه ها روی سلولهای باری وجود دارد:

* تکیه گاه تک نقطه ای
* تکیه گاه سه نقطه ای
* تکیه گاه چهار نقطه ای



اگرچه امکان بکارگیری بیش از چهار سلول باری نیز وجود دارد، در عمل و به دلیل مسایل اقتصادی، کمتر چنین امری پیش خواهد آمد.



آویزان نمودن از یک سلول باری کششی

استفاده از یک سلول باری، باعث کم هزینه شدن نصب خواهد شد و چون محفظه به طور کامل نگهداشته می شود، دقت اندازه گیری بسیار بالا خواهد بود.

یکی از مشکلات این سیستم، تاب خوردن محفظه و خروج آن از حالت عمودی می باشد.

یکی از راه حل های مرسوم برای حل این مشکل، استفاده از میله های افقی محکم کننده است که البته مقداری برمیزان دقت اثر منفی دارد. پیش بینی هایی نیز باید به هنگام جداسازی سلول باری از محفظه، پس از توزین آن، صورت گیرد و اهرم بندی های ایمنی، بازرسی گردند. به همین دلایل معمولاً از این روش در عمل استفاده نمی شود.

نگهداری به وسیله سه یا چهار سلول باری

این روش، رایج ترین و موثرترین روشی است که در عمل استفاده می شود. برای محفظه های گرد، سلولهای باری به سمت مرکز محفظه قرار می گیرند. آرایش شعاعی سلولها، شامل پایه هایی است که تیر دایره ای شکل سلول باری را به وسیله یک گیره دو تکه و دو پیچ نگه می دارد. بار از طریق U شکل به سلول انتقال می یابد. یوغ به راحتی در امتداد محور سلول باری حرکت می نماید تا خود را با انبساط حرارتی محفظه وفق دهد. همچنین امکان دوران یافتن و خوابیدن در مواردی که تغییر شکلهایی در محفظه پیش

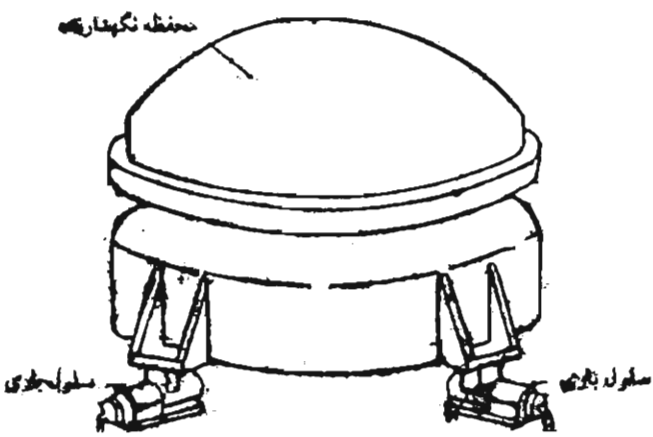
می آید، نیز وجود دارد .

از سه یا چهار سلول باری، می توان بدون آنکه نیاز به چیدن آنها با فواصل مساوی در کنار یکدیگر باشد استفاده نمود.

در مواردی که سلولها به صورت نامتقارن قرار می گیرند، دقت زیادی لازم است تا از بار گذاری بیش از حد بر بعضی سلولها جلوگیری به عمل آید.

بکارگیری سه سلول، هزینه کمتری را داشته و به دلیل هندسه طبیعی حاصله ساده ترین روش نصب میسر می گردد.

استفاده از چهار سلول، نیاز به دقت در نصب محفظه داشته تا از بارگذاری یکسان و یکنواخت روی سلولها اطمینان حاصل گردد.نتیجه نهایی توزین از هر روش خصوصاً هنگامی که از سلولهای مشابهی در هر روش استفاده گردد، یکسان خواهد بود. دلایلی وجود داردکه بیشترین دقت حاصله را در بکارگیری سه سلول ذکر نموده اند. اگر چه تعداد سلولهایی که به کار می رود به شکل و اندازه محفظه و چهارچوب فلزی نگهدارنده آن نیز بستگی دارد.

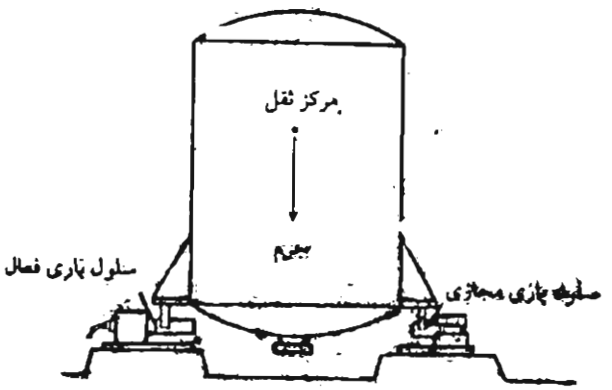


یوغ‌های جاسازی شده، محفظه را هنگامی که انبساط ناشی از حرارت اتفاق می افتد، نگه می دارند.

استفاده بیش از چهار سلول در عمل به دلیل مشکلات تقسیم مساوی بار بر روی آنها رایج نمی باشد.

سلولهای باری را می توان زیرپایه ها و یا دستگیره های دیواره ای محفظه قرار داد.

مجدداً به دلیل نیاز به پایداری جسم، توصیه می شود سلولها تا حد امکان نزدیک یا بالای مرکز ثقل محفظه قرار گیرند.



روش دیگری جهت نگهداری محفظه ها، به کمک یک یا دو سلول باری و تکیه گاه های موقتی اضافی نیز وجود دارد.

از این روش به منظور صرفه جویی در هزینه استفاده می شود و تنها بخشی از محفظه به وسیله سلولهای باری واقعی نگهداشته می شود.

این روش توزین اصولی نمی باشد، زیرا تنها بخشی از کل نیرو توسط ترانسدیوسر قابل تشخیص بوده و به دلیل فاصله افقی موجود بین مرکز ثقل و محل سلول باری، می بایست تصحیحاتی در اندازه گیری صورت گرفته به عمل آید.

هر تغییری که در موقعیت افقی صورت گیرد، در وزن اندازه گیری شده، تغییر ایجاد می کند، از جمله موارد زیر:

- تکان خوردن
- توزین اجسامی که تراز نمی شوند

- محفظه هایی با سطح مقطع های غیریکنواخت
- محفظه های غیرعمودی

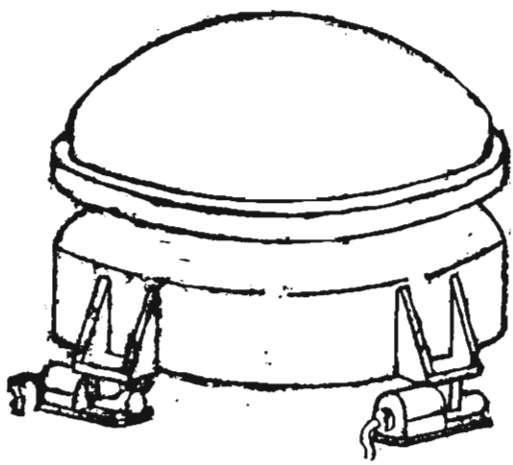
این روش عمدتاً در توزین استاتیکی مایعات، جهت کنترل سطح مایع به کار می رود.

روش نگهداری محفظه ها به شیوه فوق، در مقابل نیروهای افقی همچون باد و یا انبساط حرارتی که در لوله ها اتفاق می افتد، حساس می باشد.

در سیستم های نگهداری سه سلولی از یک سلول باری به همراه دو سلول غیرکاری و در سیستم های چهار سلولی از دو سلول باری و دو سلول غیرکاری استفاده می شود.

سلولهای غیرکاری کاملاً شبیه سلولهای واقعی ساخته می شوند تا در صورتی که در عمل نیاز به تعویض آنها با سلولهای واقعی به منظور افزایش دقت لازم گردید، مشکلی به وجود نیاید.

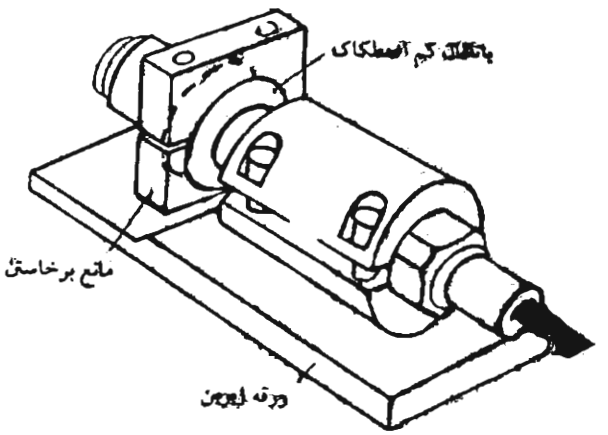
جاسازی مماسی



درمواردی که فضای کافی وجود نداشته و یا چهارچوب فلزی موجود اقتضا نماید، سلولهای باری به نحوی که محورطویل آنها مماس برمحفظه قرار گیرد،آرایش داده می شوند.

در این روش نیز انبساط حرارتی و تغییر شکلهای ساختمانی در نصب افقی محفظه، باید درنظر گرفته شود.

ابزارهای مانع برخاستن

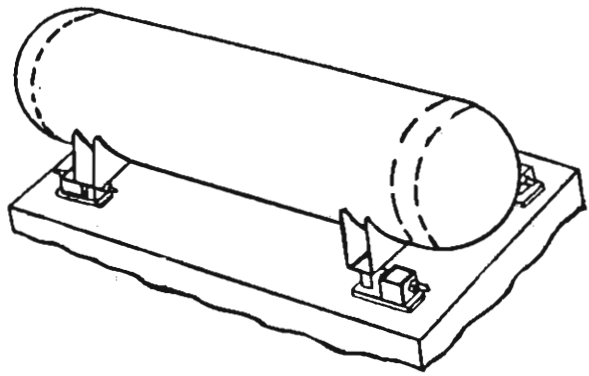


در این روش استاندارد، محفظه به نحوی قرار می گیرد که در همه جهات به جز به صورت عمودی واقع گردد. در مکانهای غیر سرپوشیده استفاده از حفاظ های مانع برخاستن جسم، به منظور پیشگیری از بلند شدن محفظه به دلیل نیروهای ناشی از باد و یا نیروهای اتفاقی مفید خواهد بود.

محفظه های افقی طویل

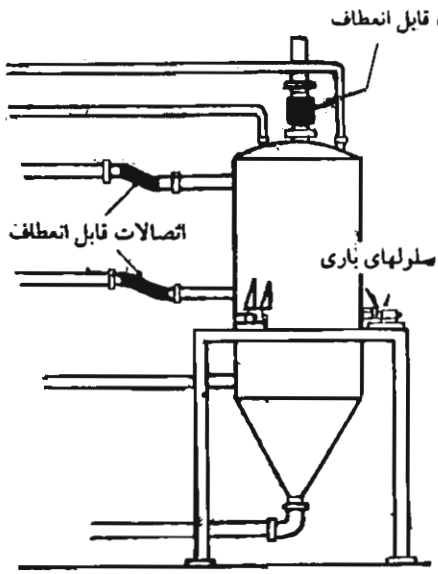
جهت دادن به سلولهای باری به منظور درنظر گرفتن انبساط حرارتی محفظه ها، مسایل مختلفی را در مورد کار با این محفظه ها ایجاد خواهد کرد.

محفظه های ذخیره سازی مایعات که طویل هستند، نمونه ای از این نوع می باشند که قسمت عمده انبساط حرارتی تنها در یک محور اتفاق می افتد.



در این موارد سلولهای باری به صورت موازی قرار داده می شوند و لازم است تا یک انتهای محفظه روی سلول باری جای داده شده و به آن محکم گردد. این عمل باعث می گردد تا از حرکت محفظه در امتداد سلول باری، جلوگیری به عمل آید.

۷ ـ ۲ ـ شبکه لوله ها



سلولهای باری به نحوی طراحی گردیده اند که اکثر خطاهای ناشی از تغییر شکلهای ساختاری و حرکت محفظه ها را که ناشی از انبساط، ارتعاش و تکان خوردن و غیره می باشد، خنثی سازند. هر چند انواعی از منابع مکانیکی خطا، وجود دارد که در طراحی سلولهای باری نمی توان آنها را حذف کرد و از آن جمله بارهایی هستند که به دلیل عدم نصب صحیح لوله ها و یا طراحی ناصحیح تکیه گاه ها در سلول ایجاد خواهند شد.

بکارگیری اتصالات قابل انعطاف در شبکه

لوله ها به کاهش این مشکل کمک می کند. در مواردی که از اتصالات قابل انعطاف به هر دلیلی نتوان استفاده نمود، لوله ها بهتر است که در جهت های عمودی و از انواع قابل انعطاف باشند. این کار را به این ترتیب می توان انجام داد که لوله ها را در مسیر افقی شان بدون بست و تاحدی که حالت انعطاف پذیری قابل قبولی داشته باشند، نصب نماییم.

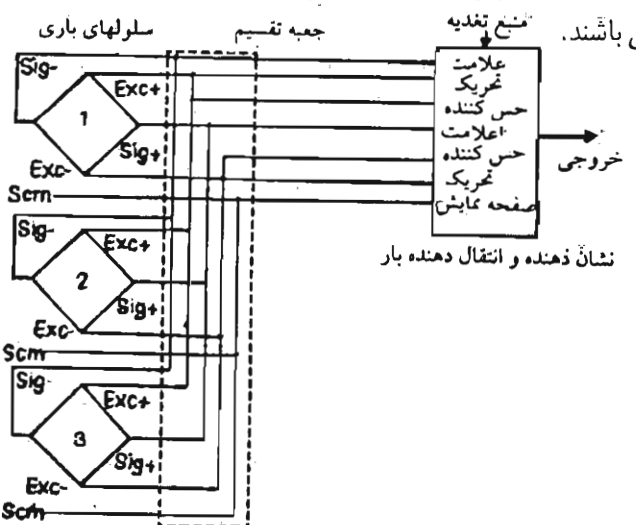
۷ ـ ۳ ـ اثرات ناشی از دمای محیط

محفظه هایی که در فضای بدون سقف قرار داده می شوند، در معرض شرایط متفاوت محیطی از قبیل باد، باران،برف و تغییرات دمایی می باشند. این شرایط می توانند به مقدار قابل ملاحظه ای در دقت اندازه گیری وزن اثر گذارند . بنابراین باید در طراحی، انتخاب و ساخت ابزارهایی که در پروسه های عملی به کار می روند، مدنظر قرار گیرند.

۷ ـ ۴ ـ اتصالات الکتریکی سلولهای باری چندگانه

هنگامی که بیش از یک سلول باری به منظور توزین یک محفظه استفاده گردد،سلولهای باری را می توان به صورت موازی به یکدیگر متصل نمود.

از جعبه تقسیم مجموعه سلولهای باری، بدین منظور می توان استفاده کرد، که دارای این مزیت نیز می باشند که به عنوان یک پایانه محلی، برای کابل های متصل شونده به ابزار نیز قابل استفاده می باشند.



متصل سازی موازی سلولهای باری، میانگین ولتاژ خارج شده از هر سلول را ارایه خواهد داد به نحوی که خروجی نهایی، مبین حاصلضرب مقدار میانگین حاصل در تعداد سلولهای باری است که مساوی با بار کل تشخیص داده شده، توسط تمامی سلولها می‌باشد. اکثر سلولهای باری به نحوی تنظیم می گردند که خروجی آنها با تولرانس بسیار کم، نزدیک به میانگین مزبور باشد.

معمولاً برق تأمینی برای کارکرد پل سلولهای باری، پایدار می شود ولی عوامل متعددی می تواند تغییراتی در این ولتاژ به وجود آورده و سیگنال خروجی که نشان دهنده وزن باشد را دچار خطا نماید.

در سلول های باری یکی از عوامل اصلی تغییر ولتاژ به مقاومت کابلهای اتصال برق به سلول مربوط می شود. این کابل در عمل معمولاً بسیار طویل بوده و بنابراین مقاومتی را ایجاد می نماید که با دما تغییر خواهد نمود. به منظور جبران این خطا، دو هسته اضافی که به سیمهای حسی موسومند به کابل سلول باری متصل می گردند تا ولتاژ واقعی نزدیک به سلول باری را اندازه گیری نمایند. آنها یک بار خوزد را به منظور تنظیم ولتاژ ورودی و یا به جای آن افزایشی را در آمپلی فایر ابزار اندازه گیر ایجاد می کنند تا هر نوع تغییر در ولتاژ ورودی را به صورت مداوم جبران نمایند.

معمولاً از کابل های شش رشته ای استفاده شده و توری هایی نیز تعبیه می شود تا در مقابل سیگنالهای سطح پایین که از نوسانات الکتریکی ناشی می شود حفاظت به عمل آید. همچنین می توان آنها را از نظر فیزیکی نیز با غلاف محافظت نمود.

کابلهای اتصال سلولهای باری، معمولاً مستقیماً به انتقال دهنده یا نشانگر وزن به وسیله پایانه های پیچی و یا پریز و دو شاخه های یکپارچه متصل می گردند. سیم اتصال زمین توریهای کابل بایستی به یک نقطه مرکزی وصل گردد تا از چرخش جریان در توری جلوگیری به عمل آید. بنابراین توریها نه به بدنه سلول باری وصل شده و نه در جعبه تقسیم، اتصال به زمین می یابند.

۷ ـ ۵ ـ ایمنی لازم

استفاده از سیستم های توزین سلولهای باردار در مناطقی که احتمال خطر اشتغال و یا انفجار وجود دارد، مشکلات جدیدی را پیش می آورد.

بطور کلی سه مرحله احتمال خطر برای ابزارهای الکتریکی در محلهایی که محیط آماده اشتغال وجود دارد، شناسایی شده است.

ـ اولین مرحله از خطر مربوط به محل هایی است که احتمال آن وجود دارد ابتدا مناطقی که در آنها مراحل مختلفی از احتمال خطر وجود دارد مشخص شده. مناطق مربوط به گروههای عدد صفر، ۱ و ۲ طراحی شده اند که در این میان عدد صفر خطرناک ترین منطقه درنظر گرفته شده است.

ـ خطر مرحله دوم، احتمال احتراق ناشی از جرقه است. میزان انرژی جرقه ای که باعث مشکل خواهد شد، بستگی به گازها یا بخارهای موجود در محیط خواهد داشت. بر همین اساس محیطهای اطراف طبقه بندی شده به گروههای ۱ و A و B و C در موارد معمولی استفاده می شوند که در این میان حرف C خطرناک ترین یا قابل احتراق ترین نوع آن درنظر گرفته شود.

ـ خطر مرحله سوم، مربوط به احتمال جرقه توسط سطوحی است که با عبور جریان الکتریکی داغ می شوند. این مشکل بستگی به خواص خود مواد دارد و از نظر دما به گروههای مختلفی تقسیم می شود . این ،سایل ازلحاظ دما به گروههای T1 تا T6دسته بندی می شوند که T1 خطرناک ترین یا قابل احتراق ترین آنها درنظر گرفته می شود.

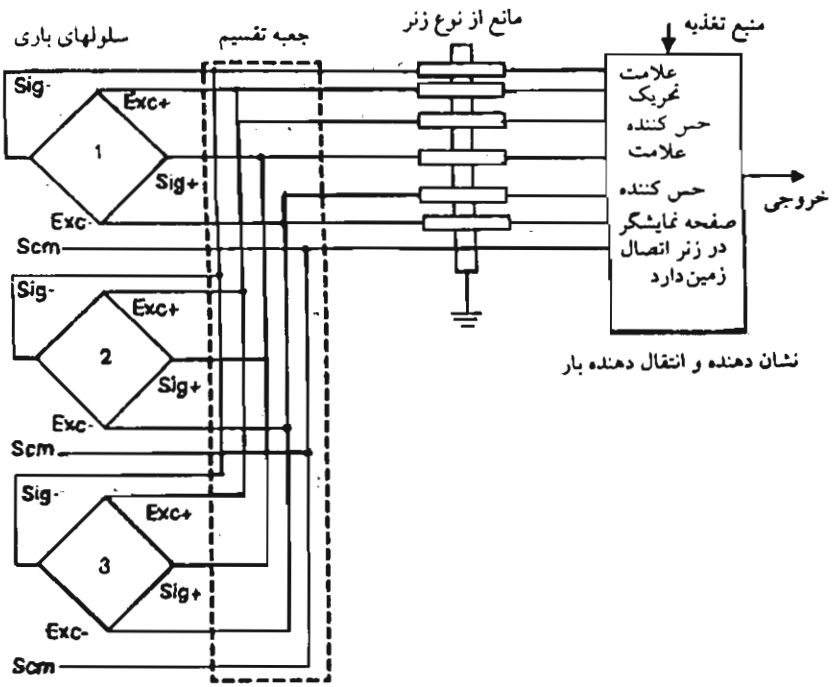
روشهای متعددی برای ساخت سلولهای باردار به منظور حذف هر نوع احتمال خطر در کار با آنها استفاده می شود که یکی از رایج ترین آنها، روش ایمنی ذاتی است.

این روش بر مبنای محدود کردن انرژی الکتریکی که از محیط قابل اشتعال عبور می‌نماید، قرار دارد و معمولاً توسط یک حفاظ ایمنی زینر صورت می گیرد. استفاده از این روش، ولتاژ تحریک ماکزیممی را که بر سلولهای باری وارد می شود، محدود ساخته و بنابراین سطح علایم بازگشتی را نیز محدود می سازد. به این خاطر، حداکثر دقت سیستم‌های توزین کمی کاهش می یابد ولی با استفاده از ابزارهای مناسبی، می توان دقتی

در حد یک واحد در ۳۰۰۰ را کماکان حفظ نمود که برای اکثر پروسه های عملی، کافی می باشد.

ابزارهای اندازه گیری متعددی در حال حاضر به منظور استفاده در محیط های خطرناک ساخته شده است که از روشهای ایمنی ذاتی در آنها استفاده می گردد. از جمله، ابزارهای اندازه گیری کنترل و داده وارده (Data-Entry).

در مکانهایی که استفاده از ابزارهای ایمنی ذاتی امکان پذیر نباشد، از روشهای حفاظتی دیگری همچون محفظه های مسدود، ضداحتراق و انفجار، تحت فشار استفاده به عمل می آید.



۸ـ مدرج سازی ابزارهای اندازه گیری وزن

تمامی ابزارهای اندازه گیری وزن، نیاز به بازرسی و مدرج سازی متناوب دارند. در مکانهایی که اجناس توزین شده و به فروش می رسند، دقت ابزارهای اندازه گیری مورد

استفاده ،توسط شرکتهای دولتی بررسی و کنترل می شود و در مواردی که خطاهایی وجود داشته باشد، مسئولیت های سنگینی متوجه شرکتهای سازنده خواهد گردید.

بنابراین همواره یک نیاز قانونی به مدرج سازی صحیح ابزارهای توزین، وجود دارد و می بایستی مجوز و تأییدیه ای همواره برای استفاده از این ابزارها وجود داشته باشد.

۸ - ۱ - روشهای مدرج سازی

روشهای متعددی به منظور مدرج سازی ابزارهای اندازه گیری وزن وجود دارد که چند نمونه آنها از قرار زیرند:

- استفاده از وزنه هایی که مورد تأیید وزارتخانه مربوطه است.
- استفاده از جریان سنج هایی که به دقت درجه بندی شده اند .
- استفاده از شبیه ساز سلولهای باری با سیگنال های میلی ولت بر ولت (mV/V).
- انواع مدرج سازی مقاومتی یا mV/V که در خود وسیله تعبیه شده است.
- مدرج سازی مقاومت خارجی یا استفاده از یک مقاومت موجود داخلی و یا نمونه موجود در یک جعبه تقسیم.

روش عملی که استفاده خواهد گردید، بستگی به نوع وسیله ای دارد که قرار است مدرج گردد.

۸ - ۲ - مدرج سازی و نگهداری از ماشینهای توزین و باسکول ها

بسیاری از مصرف کنندگان ماشینهای توزین و باسکول ها، ترجیح می دهند که نگهداری و مدرج سازی ابزارهای آنها به صورت قراردادی صورت گیرد. این عمل می تواند توسط سازنده اصلی وسیله و یا توسط شرکتهایی که در این کار تخصص دارند، صورت گیرد.

در هرصورت شرکتهای یاد شده، مهندسین ابزار دقیق متخصصی را به این منظور در اختیار دارند، اگرچه بررسی و کنترل ماشینها توسط مصرف کننده نیز کاملاً ساده و امکان پذیرمی باشد.

در صورت اطمینان از اینکه ماشین توزین در شرایط خوب کاری قرار دارد و سکوهای حمل کننده بار دچار مشکل ارایه وزن بیش از حد نمی باشند، می توان صفر آنها را به راحتی تنظیم نمود. فقط باید در هنگام تنظیم صفر، دقت زیادی به عمل آید.

پس از آنکه صفر دستگاه تنظیم گردید ، دقت آن را می توان با وزنه های استاندارد مناسبی که روی سکوی توزین قرار داده می شود، بررسی نمود.

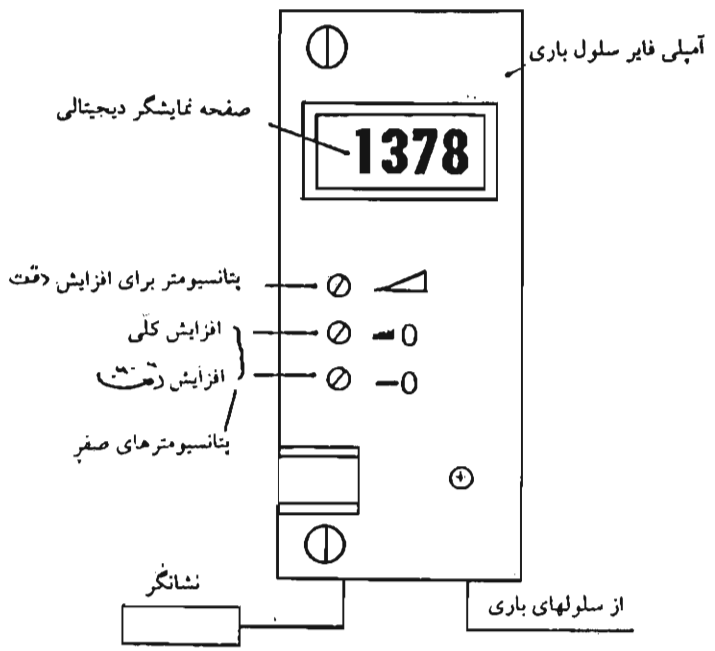
اگر اعداد نشان داده شده با وزن وزنه های استاندارد تطابق نداشته باشند ، دستگاه بایستی جهت تنظیم مکانیزمهای داخلی باز شود.

مشکلی که اغلب در ماشینهای توزین با اهرم بندیهای مرکب پیش می آید این است که در آنها لبه تیغه ها و سطوح حمل کننده بار، دچار خوردگی یا لب پریدن می گردند. در ماشینهای توزین الکتریکی و الکترونیکی نیزمعمولاً اشکالات ناشی از رطوبت کابل ها و کرنش سنج ها در انواع سلولهای باری پیش می آید.

۸ ـ ۳ ـ نمونه ای از روش مدرج سازی سیستمهای توزین سلول باری.

در این روش مدرج سازی، فرض بر این است که سیستم الکترونیکی که شامل مقاومتها و اتصالات داخلی است به دقت تهیه گردیده اند.

روال اندازه گیری برای ابزارهای کوچک



مراحل زیر بایستی به منظور حصول اطمینان از صحت مدرج سازی دستگاه انجام پذیرد:

* دستگاه را روشن نموده و اجازه دهید که قطعات الکترونیکی تا حدود بیست دقیقه گرم شوند.

* از نظر ظاهری دستگاه را بررسی کنید و از خالی بودن آن اطمینان حاصل نمایید (توجه داشته باشید که مواد آتش زا، قابل احتراق یا سمی در آن وجود نداشته باشد).

* اعداد نمایشگر وزن را بررسی و صفر آن را با استفاده از پتانسیومتر تنظیم نمایید.

* از وزنه های استاندارد تأیید شده استفاده کنید.

* ابزار اندازه گیری را به میزان ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد ظرفیت وزن کشی دستگاه، بارگذاری نمایید.

* اگر مثلاً در ۵۰٪ محدوده مجاز توزین دستگاه، تشخیص دادید که دستگاه صحیح عمل نمی نماید، پتانسیومتر را تنظیم کنید تا روی عدد مربوطه قرار گیرد.

* مجدداً مدرج سازی را چک نمایید و اطمینان حاصل کنید که دقت لازم به دست آمده است.

* برای آخرین بار نیز مدرج سازی را در تمام محدوده وزن کشی دستگاه، از پایین به بالا و از بالا به پایین با برداشتن وزنه ها و ثبت وزنهای ارایه شده بررسی نمایید.

* درصورتی که دستگاه به دقت مدرج گردیده است، قسمت کنترل کننده مدرج سازی را مهر و موم کنید.

توجه: دربرخی ازآمپلی فایرهای سلولهای باری، نشانگر دیجیتالی در داخل خود دستگاه قرار دارد، (مطابق شکل). این امکان نیز وجود دارد که صفحه نمایشگر در واحد جداگانه ای و نزدیک به آمپلی فایر قرار گیرد، در هر صورت روند مدرج سازی یکسان خواهد بود.

مدرج سازی ابزارهای بزرگ

در مواردی که ابزارهایی که بایستی مدرج گردند بزرگ باشند، معمولاً استفاده از وزنه های استانداردنه امکان پذیر بوده و نه امن می باشد. دراین موارد در عمل ازجریان سنج FLOWMETER به جای وزنه استفاده می گردد. روال مدرج سازی، شبیه به مدرج سازی **ابزارهای کوچک می باشد.**

۸ ـ ۴ ـ نمودار اندازه گیری وزن

۹ـ اندازه گیری سرعت

نکات ایمنی ـ اندازه گیری سرعت در کنار قطعات متحرک ماشین آلات می تواند خطرزا باشد.

همواره مکان امنی را برای اندازه گیری انتخاب نمایید. از پوشیدن البسه گشاد اجتناب کنید، زیرا احتمال گیر کردن آنها در ماشین های متحرک وجود دارد.

همواره از تمامی قطعات متحرک به اندازه کافی فاصله بگیرید.

کنترل بسیاری از فرآیندها به مقدار قابل توجهی به اطلاعاتی که در خصوص قطعات متحرک آن می توان به دست آورد، بستگی دارد.

به عنوان مثال،اندازه گیری هایی که نشان می دهند تا چه اندازه یک شیر باز شده است ، می توانند برای محاسبه میزان جریان سیال موجود در خطوط لوله نیز به کار برده شوند. از این اطلاعات می توان جهت تعیین شرایط ماشین آلات دورانی نیز استفاده نمود.

حرکتهای دورانی معمولاً در محور پمپ ها و موتورهای دورانی وجود دارند.

سرعت دورانی محور را می توان با ابزارهای قابل حمل و یا ابزارهایی که در سیستم نصب می شوند، اندازه گیری نمود.

سرعت دورانی که باید اندازه گیری شود با تعداد دور کاملی که یک محور در زمان مشخصی طی می نماید، بیان می شود. یکی از واحدهای معروف اندازه گیری سرعت دورانی، دور در دقیقه یا (RPM) می باشد.

بسیاری از ابزارهای دورانی به نحوی طراحی گردیده اند که با سرعت خاصی و یا در یک محدوده خاص سرعت دوران نمایند. سرعتی را که محورها در آن باید تحت شرایط عادی عملکرد خود دوران نمایند، معمولاً در پلاک های مشخصات آنها قید می گردد.

سرعت محور برخی از ابزارهای دورانی راباید به دقت کنترل نمود، زیرا در صورتی که به مقدار قابل ملاحظه ای از سرعت طراحی شده انحراف ایجاد گردد، مشکلاتی می تواند بروز نماید.

ابزارهایی که وظیفه اندازه گیری سرعتهای دورانی را دارند، تاکومتر نامیده می شوند.تعدادی از انواع مختلف آنها از قرار زیر می باشند:

* مکانیکی
* الکتریکی/الکترونیکی
* استروبوسکوپی

۹ ـ ۱ ـ تاکومترهای مکانیکی

لغت تاکومترازلغت یونانی "TAkhos" به معنی سرعت گرفته شده است. از تاکومترها به منظور تبدیل سرعت، به یک خروجی قابل مشاهده و یا قابل ثبت که از شمارش دورهای یک شمارشگر چرخ دنده ای حاصل می گردد ، استفاده می شود.

نقش نیروی گریز از مرکزی

نیروی گریز از مرکزی که به جسمی که در حال دوران در یک مسیر دایره ای است وارد می آید، به صورت زیر است:

$$\text{نیروی گریز از مرکز (سانتریفوژ)} = \frac{MV2}{r}$$

که m= جرم جسم

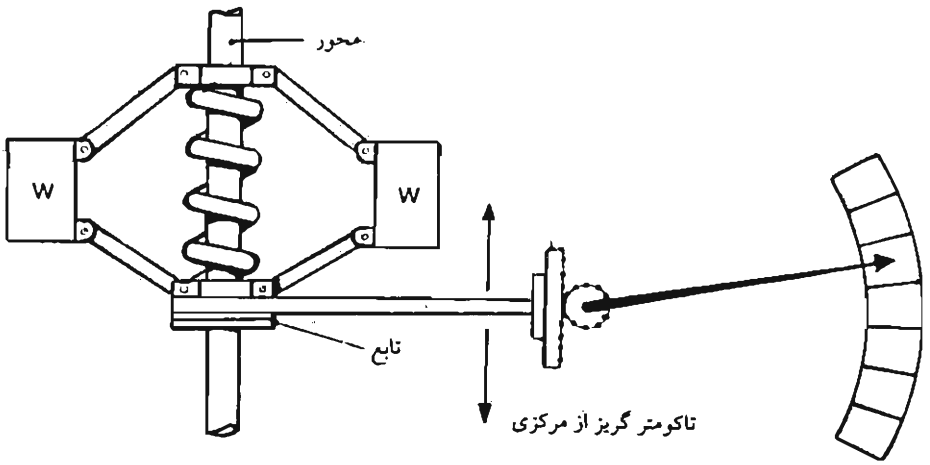
v= سرعت زاویه ای برحسب رادیان بر ثانیه

r= شعاع حرکت

این نیرو که تمایل به بیرون راندن جرم از مدار خود دارد، متناسب با مربع سرعت زاویه ای بوده و بر همین اساس قادر خواهیم بود سرعت دورانی را اندازه گیری نماییم.

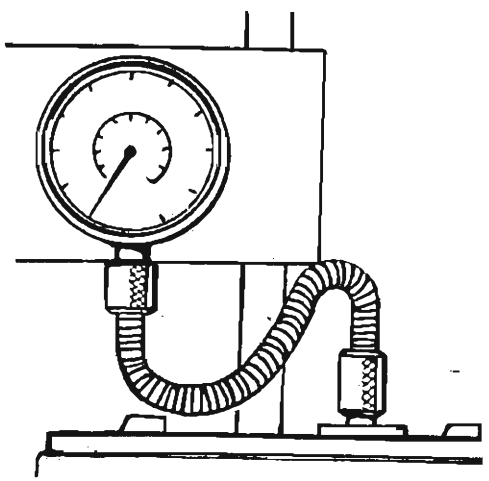
اجزا تشکیل دهنده در شکل صفحه بعد آمده است:

محور عمودی و دو وزنه (W) توسط محور دورانی که سرعت آن قرار است اندازه گیری شود، به حرکت در می آیند. مکانیزم تابع آنها که به راحتی قادر است در جهت عمودی به سمت بالا و پایین روی محور اصلی با تغییر سرعت حرکت نماید، یک چرخ دنده شانه و پینیون رابه نوبه خود حرکت داده و عقربه ای را روی صفحه مدرج به حرکت درمی آورد.

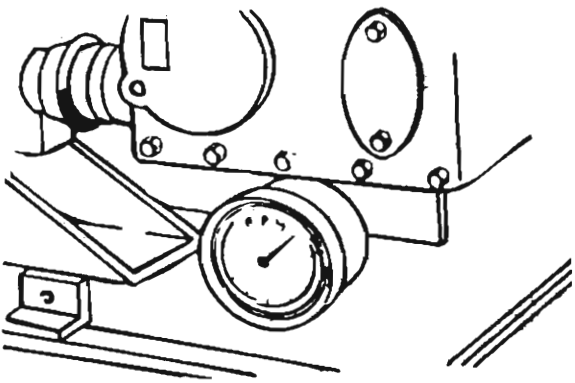


با افزایش سرعت، نیروی اعمالی بر وزنه ها افزایش یافته و آنها را به سمت بیرون حرکت می دهد. در نتیجه مکانیزم تابع، از محور بالا رفته و نشانگر عقربه ای را به حرکت در می آورد.

هنگامی که سرعت کاهش می یابد، نیروی اعمالی بر وزنه ها کاهش یافته و وزنه ها به سمت مرکز میله باز می گردند. با پایین آمدن اهرم بندی تابع، نشانگر عقربه ای نیز به سمت پایین باز می گردد.

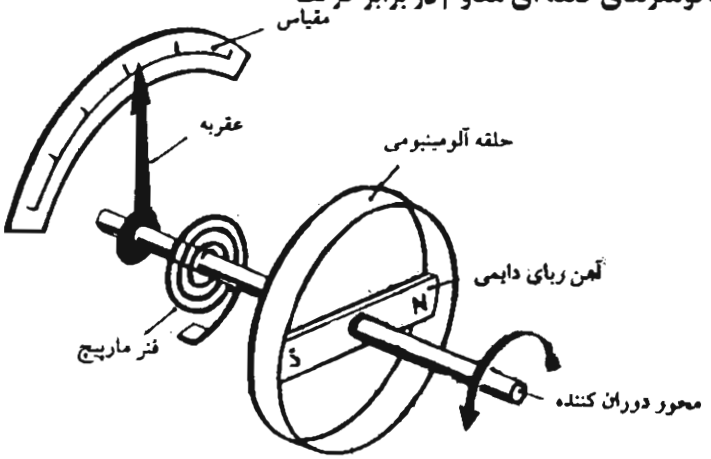


تاکومتری که بر این اساس عمل می نماید، معمولاً کوچک بوده و یک بخش محرک قابل انعطاف نیز به همراه آن استفاده می گردد. یک نشانگر عقربه ای و صفحه مدرجی که با واحدهای مناسب تقسیم شده، وسیله را کامل می سازد.



مکانیزم مشابهی راکه از قطعات قوی تر و مقاوم تری ساخته شده است و معمولاً با وزنه های تعادلی کروی دوران می نماید می توان به عنوان گاورنر به منظور کنترل سرعت ماشین استفاده نمود. به عنوان مثال موتورهای بخار ثابت معمولاً از این نوع گاورنر استفاده می نمایند.

۹ ـ ۲ ـ تاکومترهای حلقه ای مقاوم در برابر حرکت



تاکومترهای مزبور شامل یک آهن ربای دایمی هستند که داخل یک کلاهک آلومینیومی دوران می نمایند. محوری که سرعت آن بایستی اندازه گیری شود، آهن ربا را به چرخش درمی آورد. با دوران آهن ربا، در داخل کلاهک آلومینیومی، جریان فوکو یا گردابی (eddy) در آن ایجاد می گردد.

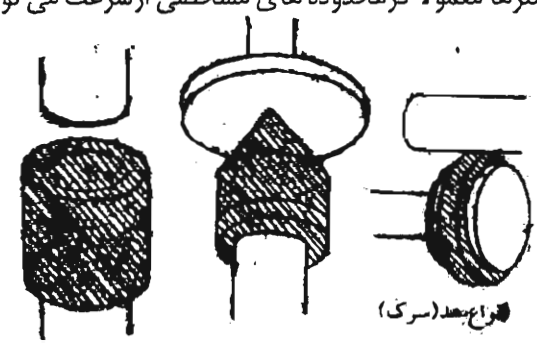
این جریانهای فوکو به نوبه خود یک میدان مغناطیسی را ایجاد می نمایند که خود توسط آهن ربای دوران کننده جذب می شود ، به گونه ای که کلاهک آلومینیومی به دلیل گشتاور مغناطیسی ایجاد شده تمایل به دوران پیدا نموده و گشتاوری متناسب با جریان فوکو خواهد داشت و بنابراین متناسب با سرعت آهن ربا نیز خواهد بود.

حلقه آلومینیومی نیز به نوبه خود به بخش دوک مانندی متصل است و در حالی که به یک فنر پیچشی وصل است به راحتی می تواند دوران نماید و فنر مربوطه نیز به عنوان یک «ترازوی فنری» عمل می نماید و گشتاور ایجاد شده را اندازه گیری می کند. تغییر اندازه ایجاد شده در فنر، متناسب با سرعتی خواهد بود که قرار است اندازه گیری شود.

۹ ـ ۳ ـ تاکومترهای دستی

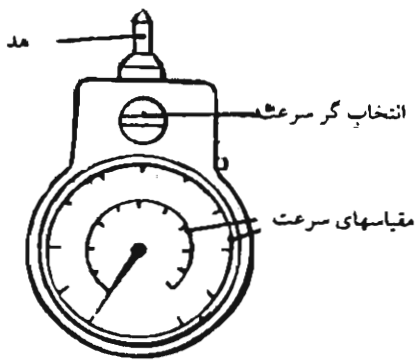
از تاکومترهای دستی در مکان هایی استفاده خواهد شد که امکان دسترسی به محور دوران کننده بوده و با ایمنی کافی می توان از تاکومتر استفاده نمود.

سر دوکی شکل تاکومتر در سوراخ مرکزی محور دوران کننده و یا روی سطح محیطی محور دوران کننده، هرکدام که مناسب تر بود، قرار می گیرد. قسمت دوکی شکل، یک تاکومتر حلقه ای مقاوم در برابر حرکت را به دوران وادار می سازد تا سرعت را اندازه گیری کند. ازاین نوع تاکومترها معمولاً درمحدوده های مشخصی ازسرعت می توان استفاده نمود.

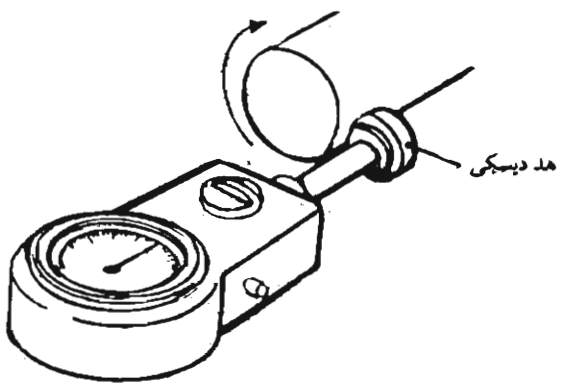


از تاکومتر به سه روش زیر می توان استفاده نمود :

* کلاهک حلقه ای
* دیسک
* مرکزی



روش اول شامل قرار دادن سردوکی شکل در داخل سوراخ مرکزی واقع بر محور دوران کننده می باشد. این روش، یکی از رایج ترین شیوه هایی است که استفاده می گردد و اعداد دقیق روشنی را می توان در صورتی که به درستی از آن استفاده شود، در اندازه گیری سرعت به دست آورد.



روش دوم، استفاده از کلاهک دیسکی شکلی است که روی سطح محور دوران کننده قرار می گیرد.

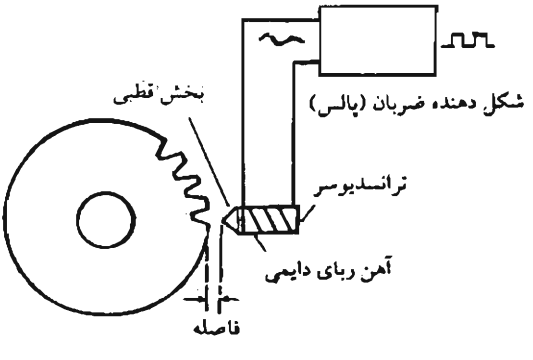
بکارگیری این روش، می تواند مشکل باشد زیرا احتمال سرخوردن دیسک از روی محور دوران کننده وجود دارد.

سومین روشی که استفاده می شود، نصب حلقه ای روی تاکومتر است که دارای اندازه ای مشابه با اندازه محوری است که سرعت آن اندازه گیری می شود. این روش می تواند پرهزینه باشد، زیرا نیاز به تعداد زیادی حلقه برای اندازه گیری سرعت محورهایی با قطرهای مختلف دارد.

۹ ـ ۴ ـ تاکومترهایی از نوع پالسی یا ضربه ای

پالس هایی که برای عملکرد این وسیله لازم است با شیوه های مختلفی فراهم می آید از جمله:

* باردار کردن و تخلیه یک خازن و یا تغییر ظرفیت (کاپاسیتانس) یک سیستم
* قطع کردن اشعه نور با استفاده از سلولهای فتوالکتریکی به عنوان تشخیص گر
* قطعات قطبی هد حسگر، انباشتگر القایی را به عقب حرکت می دهد.



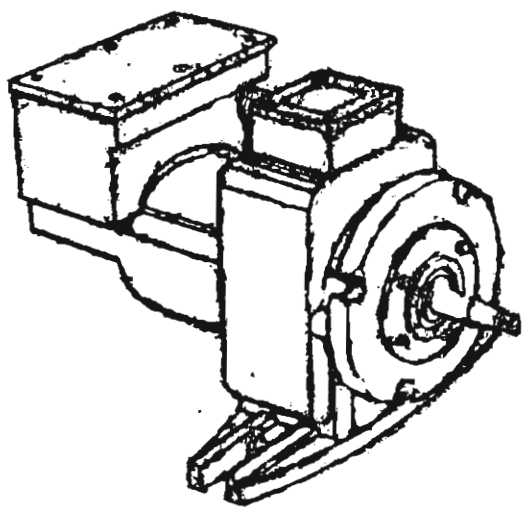
با دوران قطعه فلزی در مقابل قطب مغناطیسی، مدار مغناطیسی تغییر کرده و پالسی را در سیم پیچ مجموعه ایجاد می کند. در عمل روتوری که حاوی تعدادی آویزهای آهنی است، توسط ماشینی که قرار است سرعت آن اندازه گیری شود،به حرکت در می آید. تعداد آویزهایی که لازم است بسته به محدوده سرعت فرق می کند.

پالسها به دیجیتال تبدیل شده و در نهایت به صورت دور در دقیقه، نمایش داده می شوند.

۹ ـ ۵ ـ تاکومترهایی از نوع مولد الکتریکی

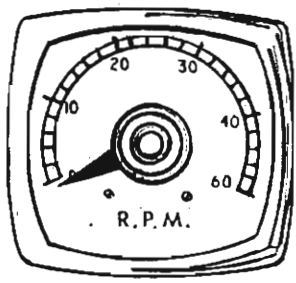
یک مولد الکتریکی که ولتاژ خروجی آن متناسب با سرعت دوران است، توسط یک عضو دوران کننده به حرکت در می آید. هر دو نوع مولدهای AC و D C برای این منظور وجود دارد. یکی از جنبه های نامطلوب مولدهای D C ، وجود کوموتاتور یا یکسو کننده و چرخ دنده رشته ای آن و نگهداری های مربوط به آن می باشد. در یکی از مدلهای این نوع تاکومترها، از مولدهای جریان متناوب سه فاز استفاده می شود که ولتاژ خروجی آنها یکسو می شود و ولتاژ DC به ولت متری که سرعت را نشان می دهد، متصل می گردد. یکی از مشخصات این سیستمها این است که از سه ولت متر که با مقیاسهای مناسب برای اندازه گیری سرعت درجه بندی شده اند می توان در محلهایی دورتر از محل اندازه گیری سرعت استفاده نمود و تنظیم های لازم را در ولتاژهایی که اندازه گیری می شود، انجام داد.

۹ ـ ۶ ـ مولد تاکومتر



مولد تاکومتر دارای یک میدان ثابت و قوی است ک توسط یک میدان مغناطیسی دایم ، به نحوی ایجاد می شود که ولتاژ خروجی مستقیماً و به دقت متناسب با سرعت دوران باشد. مولد تاکومتر بایستی براساس دستورالعمل سازنده، سرویس شود.

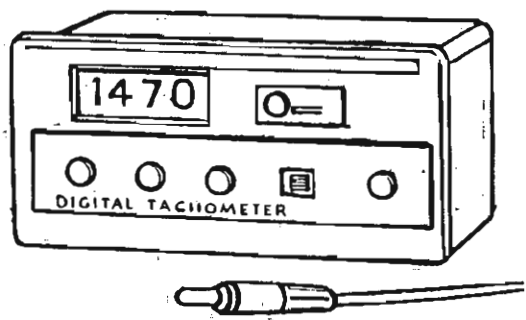
۹ ـ ۷ ـ تاکومترهای الکتریکی



سیم پیچ متحرک، ولت متر DC با درجه بندی برحسب دور در دقیقه در بعضی مدلها کلیدی اکه مقیاس را به نسبت ده، افزایش یا کاهش می دهد، تعبیه شده است، به عنوان مثال ۵۰۰ و ۵۰۰۰ دور در دقیقه

سرعت دورانی را می توان توسط ولت متر DC که سیم پیچ متحرک می باشد و ولتاژ ورودی خود راازیک مولد تاکومتری که به محورماشین کوپل شده دریافت می کند،نشان داد.

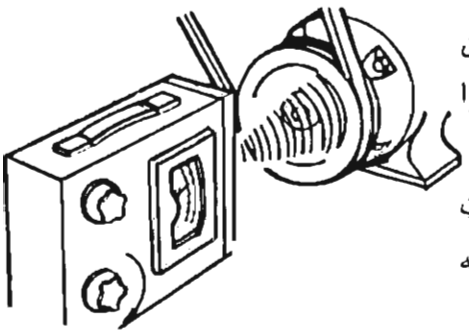
۹ ـ ۸ ـ تاکومترهای الکترونیکی



در یکی از انواع تاکومترهای دیجیتالی، تعداد دورها با استفاده از پیکاپ (به عنوان مثال هدهای الکترومغناطیسی) که با محور تماسی ندارند، شمارش می گردند. زمان بندی به صورت خودکار توسط یک مدار الکترونیکی که به وسیله یک اسیلاتور کریستالی کنترل

می شود محاسبه می گردد و قابل تنظیم برای ۰/۱ ، ۱/۰ یا ۱۰/۰ ثانیه می باشد. سرعت هایی تا ۷۵۰۰۰۰ دور در دقیقه را می توان با این نوع تاکومتر اندازه گیری نمود.

۹ - ۹ - استروبوسکوپ



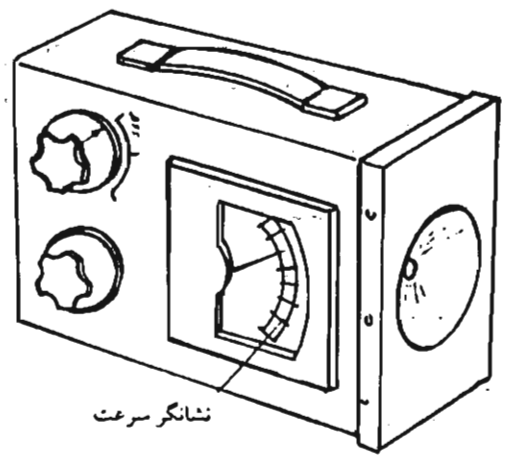
استروبوسکوپ وسیله ای است که بدون احتیاج به اتصالات مکانیکی سرعت دوران را اندازه گیری می نماید.

بنابراین مزیت عمده آنها، قابلیت اندازه گیری سرعت محورهایی است که تماس مستقیم با آنها می تواند خطرزا باشد.

تاکومترهای نوع استروبوسکوپی، شامل یک اسیلاتور یا نوسان ساز فرکانسی متغیر است که خروجی آن به یک لامپ نئون یا زنون وصل می شود. نور ساطع شده از لامپ به قطعه دوران کننده تابیده و فرکانس به شکلی تنظیم می شود که علامت مرجع، ظاهراً به صورت ثابت آید و تنها در یک نقطه بتوان آن را مشاهده نمود.

فرکانس را تاحدی زیاد می کنیم که جسم دوران کننده ثابت به نظر برسد.

سپس فرکانس نوسان ساز، باید آنقدر کم شود که تنها یک تصویر را بتوان با آن دید.



این فرکانس، فرکانس دورانی می باشد و تاکومتر را می توان با مدرج سازی متناسب به اندازه گیر سرعت تبدیل نموده و سرعت را مستقیماً خواند.

اگر در فرکانس خاصی چند علامت ثابت از علامتهای استاندارد مرجع را روی جسم دورانی ببینیم، به این مفهوم است که فرکانس نوسان ساز، مضربی از فرکانس جسم دوران کننده ای است که سرعت آن اندازه گیری می شود.

نکته ایمنی

هنگام استفاده از استروبوسکوب باید توجه خاصی داشته باشید زیرا، ناخودآگاه این طور به نظر می آید که جسم دوران کننده، ایستاده و احتمال خطر نزدیک شدن افراد به محور یا جسم دوران کننده وجود خواهد داشت.

۹ ـ ۱۰ ـ نمودار اندازه گیری سرعت

۱۰ ـ تحلیل ارتعاش

۱۰ ـ ۱ ـ نگهداری ماشین

تقریباً همه صنایع تولیدی به نوعی از ماشین آلات دورانی استفاده می کنند، بنابراین یک یا چند نوع از روشهای اندازه گیری زیر را به کار می برند.

* نگهداری از نوع قطع ناگهانی کارکرد Breakdown : این نوع نگهداری، نوعی است که اجازه داده می شود دستگاه تا زمانی که به صورت تصادفی و اجتناب ناپذیر، دچار خرابی شود، کار کند. نتیجه این نوع نگهداری، قطع ناگهانی دستگاه بوده و خرابی ناشی از آن می تواند بسیار جدی و حتی برای اپراتورهای ماشین نیز خطرناک باشد.

یکی از عیوب این سیستم آن است که کارهای نگهداری و تعمیر که بسیار کم هزینه و زمان کمی را لازم دارد، ناگهان به یک کار تعمیراتی بسیار بزرگ تبدیل می شود. این چنین قطع های ناگهانی در عملکرد دستگاه، باعث از دست دادن مقدار قابل توجهی از زمان تولید در مدت زمان نسبتاً طولانی که لازم است تا اشکال دستگاه کشف شود و قطعات لازم تهیه

شود، می گردد.

* نگهداری از نوع برنامه ریزی شده : در این روش نگهداری و تعویض قطعات برمبنای جداول زمانی مشخصی، صورت می گیرد و در زمان بندیهای مشخصی ماشین از سرویس خارج شده و قطعات خاصی، تعویض می گردد بدون آنکه اهمیت داشته باشد، قطعه ای که تعویض می گردد واقعاً فرسوده شده یا خیر؟

این روش برای جلوگیری از قطع ناگهانی و خسارت وارده بر دستگاه، استفاده می شود و با اینکه مزایای خاص خودش را دارد، ولی از مضرات عمده آن این است که بسیار از لحاظ کارگران لازم و قطعات خاصی که بایستی جایگزین شوند و اینکه قطعات بخاطر زمان مشخص و نه واقعاً به خاطر فرسایش آنها تعویض می شوند، پرهزینه می باشد.

* نگهداری از نوع پیشگیری : این روش نگهداری که رفته رفته بسیار همگانی می شود، در شرایط کاری مختلف بازرسی و نگهداری دستگاه، صورت می گیرد.

شرایطی که معمولاً در آنها بررسی صورت می گیرد، از قرار زیر هستند:

* **افزایش صدا :** هنگامی که یاتاقانها و قطعات فرسوده می شوند، اغلب افزایشی در سطح صدای آنها ایجاد می گردد. کارور معمولاً یک افزایش تدریجی و آرام را در صدای قطعات فرسوده احساس کرده که از حد عادی آن، بیشتر می باشد. به همین دلیل در ماشینهای حساس میکروفن هایی را کار می گذارند تا این تغییرات غیرعادی صدا را بهتر تشخیص دهند. از جنبه های مختلف فیزیکی، سروصدای یک دستگاه را می توان بررسی نمود ولی فشار صوت عملی ترین چیزی است که می توان اندازه گرفت. میکروفن هایی که برای اندازه گیری فشار صوت های حاصله ساخته می شوند، در صنایع به کار گرفته شده اند.

میکروفن های قوی تری اکنون ساخته شده اند که می توانند نتایج تکراری از شرایط مختلف کاری را گزارش کنند.

* **افزایش دما :** افزایش دمای یاتاقانها معمولاً یکی از اولین شاخص های آغاز فرسایش قطعات ماشین می باشد.

از آنجایی که بررسی دمای یاتاقانها معمولاً کار ساده ای است، این کار به صورت متناوب و مداوم حتی روی ماشینهایی که کارکرد آنها خیلی حساس هم نیست، صورت

می گیرد.

در حال حاضر ابزارهای بسیاری برای این نوع نگهداری وجود دارد ولی یکی از پرمصرف ترین آنها می تواند ترموکوپل باشد.

* **تغییر در فشار :** فشار در سیستم روغنکاری یکی از بارزترین نمونه ها می باشد. فشار سیستم روغن، توسط پمپ، ایجاد می شود که روغن را بین محور و یاتاقانش با فشار وارد می سازد. در صورتی که فرسایشی در این مسیر رخ دهد و لقی یا فضای بین قطعات درگیری بیش ازحد شود، فشار روغن افت پیدا می کند و باعث فرسایش یاتاقان ها می گردد. در یاتاقان هایی که آسیب دیده اند، دما افزایش می یابد و از طرفی گرما نیز به نوبه خود باعث افت لزجت یا ویسکوزیته روغن می شود که در نهایت باعث افت فشار در پمپ دوران روغن می گردد . بنابراین افت ایجاد شده در فشار روغن را می توان شاخصی برای به وجود آمدن مشکلی در یاتاقانها و در نهایت اعلام اینکه تعویض آنها ضروری است، دانست.

افزایش فشار روغن بیشتر می تواند دلیل کثیفی یا تجمع روغن در محل خاصی از مسیر باشد که امکان دوران به روغن را در مدار اصلی خود نمی دهد.

این مشکل باعث فرسایش قطعات می گردد. بدین منظور بررسی مداوم فشار روغن، لازم است و گاهی نمونه هایی از روغن نیز به منظور بررسی درصد لزجت آن، محتوای آب درون آن و ذرات فلز داخل شده به آن، بررسی می شود.

اگر ذرات فلزی داخل روغن بیش از حد معمول باشند، بازهم به معنی فرسایش یاتاقانها و احتمال خرابی آنها خواهد بود.

* **افزایش ارتعاش ـ** افزایش ارتعاشات یک ماشین، شاخص روشنی است از اینکه بخشی از سیستم به درستی عمل نمی نماید. یاتاقانهای فرسوده شده، خارج شدن وسیله از تعادل، خروج از همراستایی و نیز لقی قطعات، همگی باعث افزایش ارتعاش در یک ماشین خواهند گردید.

اگر به کمک ابزارهای مربوطه، به صورت پیوسته شرایط یاد شده بررسی گردد، امکان گسترش فرسایش و تخریب بسیار پایین آمده و تعمیرات تنها وقتی ضرورت می یابند که مقادیر اندازه گیری شده ضرورت آن را به ماینشان بدهند.

بنابراین اگر قبل از خرابی و یا قطع کار دستگاه، بتوانیم عیب را پیش بینی نماییم، قطعات لازم را می توان قبلاً سفارش داد و زمان خواب دستگاه را به حداقل رسانید و از افت تولید تا حد ممکن جلوگیری به عمل آورد، حتی تعمیرات را می توان در زمان بندی حساب شده ای که کمترین خسارت را به مجموعه بزند، انجام داد. از طرفی، از حوادث و خطرات ناشی از قطع ناگهانی دستگاه و هزینه های هنگفت تعمیرات نیز می توان جلوگیری به عمل آورد.

۱۰ـ ۲ ـ تحلیل ارتعاش

تحلیل ارتعاش، عبارت است از علم شناسایی تغییرات مهمی که در شرایط یک ماشین ایجاد می شود. ارزش تشخیص ارتعاش این است که احتمال قطع ناگهانی و کارکرد دستگاه را در آینده نزدیک پیش بینی می نماید.

تحلیل ارتعاش ، شامل مقایسه ارتعاش دستگاه در وضعیت کارکرد کنونی با مقادیر مربوط به شرایط عادی کارکرد می باشد.

تغییرات فاحش در ارتعاشات یک ماشین، نشانگر نیاز به تصحیح عملکرد قسمت یا قسمتهایی از دستگاه می باشد.

در جزوات راهنمایی که توسط سازندگان ارایه می شود، میزان عادی ارتعاشات در شرایط خوب کاری و اولین مراحل نصب دستگاه قید می گردد.

استانداردهای بین المللی برای میزان ارتعاش مجاز در دستگاههای متفاوت تعیین شده است.

این سطوح عادی ارتعاش، سطح استاندارد، مخصوص آن ماشین خاص بوده و بایستی توسط تولید کننده در بروشورهای هردستگاه قید گردد.

در مواردی که ارتعاش دستگاه توسط ابزارهای قابل حمل و نقل اندازه گیری می شود، هنوز این خطر وجود دارد که دستگاه به صورت ناخواسته و ناگهانی دچار نقص عملکرد گردد.

بنابراین در ماشینهایی که احتمال خرابی ناگهانی وجود داشته و از این جهت، خسارت های سنگینی ممکن است به دستگاه وارد آید، ابزارهای اندازه گیری دایمی را بایستی روی دستگاه نصب نمود تا به صورت پیوسته شرایط ماشین تحت نظر قرار گیرد.

وسیله کنترل کننده را می توان به یک سیستم اعلام خطر که کارور ماشین را به هنگام افزایش بیش از حد ارتعاش باخبر سازد، متصل نمود.

از طرفی می توان این وسیله را به یک سیستم قطع اتوماتیک دستگاه، به نحوی متصل کرد که در صورت بروز شرایط بحرانی به صورت ناگهانی دستگاه را متوقف نماید.

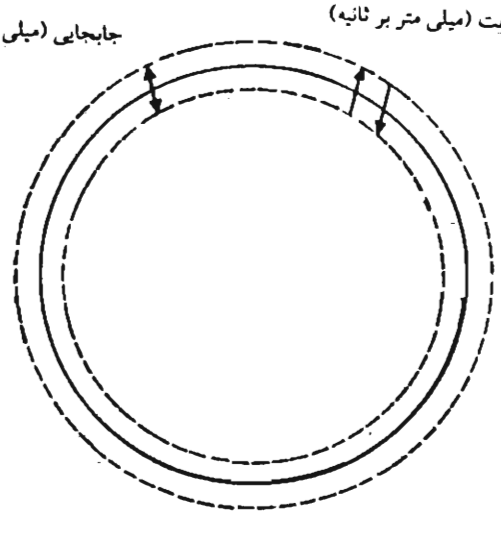
۱۰ ـ ۳ ـ واحدهای اندازه گیری ارتعاش

ارتعاش، طبق تعریف حرکت متناوب یک جسم را می گویند. حرکت ارتعاشی به دو صورت اتفاق می افتد:

- خطی(انتقالی)
- دورانی (پیچشی)

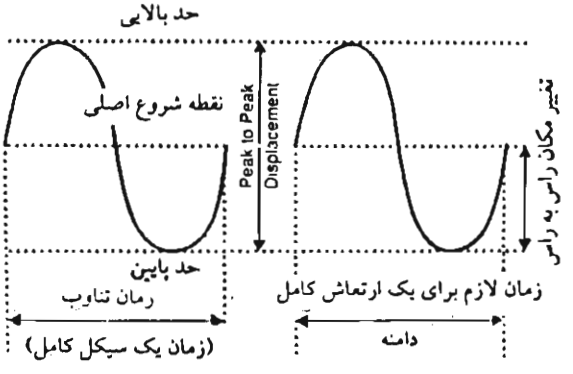
رایج ترین نوع ارتعاش،ارتعاش خطی است که به یکی از دو روش زیر می توان آن را اندازه گیری نمود:

- جابجایی
- سرعت



در شکل ارایه شده، خط توپر نشان دهنده قطر خارجی محوری است که ارتعاش آن قرار است اندازه گیری شود. خط چین های بالایی و پایینی نشان دهنده میزان حرکت وسیله می باشد.

فاصله بین دوخط چین، میزان ارتعاش محور را مشخص می نماید.



در شکل، حرکت نوسانی ایجاد شده توسط ارتعاش، به صورت نمودار ترسیم گردیده و بالاترین و پایین ترین محدوده حرکت را در یک دور کامل نشان می دهد.

زمان تناوب، زمانی است که طول می کشد تا یک سیکل یا «الگوی» کامل ارتعاش صورت پذیرد.

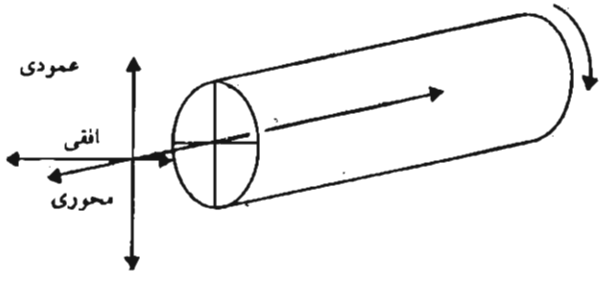
فرکانس، تعداد دورهای کاملی است که در واحد زمان اتفاق می افتد و می توان به منظور تعیین فرکانس جدول زمانی تناوب آن را ترسیم نمود.

به عنوان مثال اگر زمان تناوب ارتعاش، یک دهم ثانیه باشد، فرکانس ارتعاش ۱۰ دور بر ثانیه(بر حسب واحدهای SI ، ده هرتز) خواهد بود. در عمل، فرکانسها برحسب دور بر دقیقه (C P M) به منظور هماهنگ ساختن آنها با اطلاعات مربوط به مدرج سازی وسیله و ارتعاش دستگاه که از طرف سازنده آن ارایه می گردد، بیان می شود و در مثال ما برحسب دور بر دقیقه ، فرکانس، ۶۰۰C P M خواهد بود.

دامنه ارتعاش : فاصله بین محدوده بالایی حرکت ارتعاشی و محدوده پایینی آن بوده و می تواند به صورت های زیر اندازه گیری شود:

- میزان جابجایی قله ها
- جابجایی ارتعاشی
- جابجایی خطی
- جابجایی محوری
- جابجایی شعاعی

اندازه گیری دامنه ارتعاش، به نوع ارتعاش بستگی دارد و وسیله ای که به کار گرفته می شود، معمولاً برحسب واحدهای متریک از ۱ میکرون (۰/۰۰۱ میلیمتر) به بالا درجه بندی می شود و به عنوان مثال به صورت میلیمتر بر ثانیه ارایه می گردد. ارتعاش در هریک از سه محور اصلی وجود داشته و در برخی موارد در ترکیبی از سه جهت نیز مشاهده می گردد.



۱۰ ـ ۴ ـ منابع ارتعاش

تمامی ماشین آلاتی که حرکت دورانی یا رفت و برگشتی دارند، دارای مقدار خاصی ارتعاش هستند که ناشی از عدم تعادل موجود در قطعات مکانیکی و یا درخود پروسه می باشد ولی همان گونه که اکنون مطرح گردید، می توان آنها را اندازه گیری و در شرایط عملکرد عادی ماشین آنها را ثبت نمود.برخی از دلایل رایج و عمده ای که باعث افزایش بیش از حد ارتعاش در یک دستگاه می گردند، از قرار زیر می باشند:

- **عدم تعادل :** این عامل، یکی از رایج ترین عوامل ارتعاش ماشین آلات بوده و می تواند ناشی از فرسایش قطعات ماشین باشد. هنگامی که قطعات جدیدی در ماشین

نصب می گردد اغلب ضرورت دارد تا آنها را قبل از نصب روی دستگاه، بالانس نماییم.

* **هم راستا نبودن :** دومین عامل مهم ارتعاش و مسئله ای که باید توجه خاصی به آن داشت، هم راستایی صحیح محورها و کوپلینگ ها می باشد. در برخی موارد از کوپلینگ های قابل انعطاف و یاتاقان هایی که خود را هم راستا می سازند، به منظور کاهش نقایص ناشی از مونتاژ استفاده می گردد.

* **خروج از مرکز :** ارتعاش ناشی از خروج از مرکز، معمولاً به دلیل فرسایش مرکز قرقره ها، چرخ دنده ها و یاتاقان ها می باشد. اگرچه خود قطعه کماکان گرد می باشد، ولی به مقدار ناچیزی خارج از مرکز، دوران و بنابراین نیروی بیشتری در یک سمت آن وارد می گردد. این نیرو باعث ایجاد ارتعاش می گردد.

* **یاتاقانهای معیوب :** یاتاقان های غلتکی و توپی در مکانهای استقرار خود فرسایش ایجاد می نمایند. نقاط متعددی وجود دارد که احتمال می رود ذرات بسیار ریز فلز در آن جمع شده و در زمانی که فرسایش و یا نقصی در روغنکاری پیش آید، حفره و یا ترکهایی ایجاد نماید. هنگامی که ساچمه ها و یا غلتکهای یاتاقان ها در مسیر خود روی این ترک ها حرکت نمایند حرکتهای عرضی را به کاسه ساچمه خارجی یا داخلی و آنها نیز به نوبه خود به قطعات دیگر ماشین انتقال داده و در نهایت باعث ایجاد ارتعاش می گردند.

* **لقی قطعات مکانیکی :** این مورد بیشتر در دستگاههایی پیش می آید که قطعات آن می بایست سفت و بی حرکت باشند ولی در واقع قادر به حرکت هستند و در کمال تعجب باید گفت که یکی از رایج ترین نقایصی است که از عدم نگهداری صحیح و یا عدم تعادل قطعات یا غیرهم راستا بودن آنها ناشی می گردد. ارتعاشات حاصله از این منابع، می تواند باعث لرزش ماشین و شل شدن پیچ های اتصالی ماشین و لغزش آنها حول محور خود گردد.

تقریباً تمامی قطعات یک ماشین می تواند دچار لقی شود و چون قطعات لق،رفتار شناخته شده و مشخصی از خود نشان نمی دهند،کشف منبع ارتعاش بامشکل مواجه خواهد گردید.

* **تسمه های انتقال نیروی معیوب :** ارتعاش ناشی از تسمه های انتقال نیرو معمولاً یا به دلیل عیوب موجود در خود تسمه ها است و یا به دلیل عکس العمل تسمه ها، به قطعات ارتعاشی دیگر رخ می دهد. از علایم شاخص نقص تسمه، وجود ترک، نقاط سخت و نرم در

تسمه ، زایده هایی روی سطوح تسمه و آسیب دیدگی آن می باشد. از دیگر عوامل می توان استفاده تسمه هایی که با قرقره تطبیق ندارند، عدم هم راستایی تسمه با قرقره و فشار بیش از حد به تسمه را ذکر نمود. در صورتی که این علایم آشکارا وجود ندارند، می توان علاوه بر تعویض تسمه ها، سفتی یاتاقان ها و قرقره ها را نیز بررسی نمود.

* **نقایص الکتریکی :** ارتعاش در ماشینهای الکتریکی می تواند ناشی از نقایص مکانیکی و یا نقایص الکتریکی نیز باشد. ارتعاش ناشی از نقایص مکانیکی را می توان از بالانس نبودن روتورها یا محورها، نقایص یاتاقان ها ، اتصالات لق، عدم تقارن سیم پیچی آرماتور، عدم هم راستایی استاتور با روتور و غیره ذکر کرد.

ارتعاش ناشی از نقایص الکتریکی را می توان، به عنوان مثال نقایص موجود در میدان مغناطیسی حاصله که باعث به وجود آمدن نیروهای مغناطیسی غیرمساوی می گردد، فرسایش یا آسیب دیدگی چرخ دنده های جارویی و وجود کانداکتورهای الکتریکی آسیب دیده یا شکسته ذکر نمود.

***ارتعاش هیدرولیکی و آیرودینامیکی :** پمپ ها، هواکش ها و دمنده هایی که وظیفه جریان دادن به سیالاتی مثل گازها و مایعات را دارند، معمولاً به این دلیل که تیغه آنها در تماس با مایع یا گاز قرار دارد، به ارتعاش درمی آیند. در مواقعی که هواکش ها بایستی تعویض یا هم راستایی مجدد یابند، اغتشاش های صوتی ناشی از جریان هوا، همچنین به دلیل برخورد هوای پرسرعت و انعکاس آنها به برخی اشیاء ثابت در مسیر و یا وجود محدودیتی در جریان هوا، باعث مشکل صوتی سوت زدن می شود. دیگر علایم آشکار را می توان لقی تیغه هواکش ها و یا یاتاقان های آسیب دیده نیز قید نمود. پمپ های هیدرولیکی و هواکش ها دارای پره هایی هستند که سیالات را حول سیستمی به دوران در می آورند و تیغه های آنها به خاطر اینکه وظیفه کمپرس کردن سیال و یا راندن آنها به یک مسیر دورانی را دارند، دچار ارتعاش می گردند.

* **نقایص ماشینهای از نوع رفت و برگشت :** موتورهایی که دارای حرکت رفت و برگشتی هستند، کمپرسورها و پمپ ها طبیعتاً دارای ارتعاش می باشند، زیرا در طراحی این نوع ماشینها مسئله دوران خروج از مرکز به طور طبیعی وجود دارد. ارتعاشات این نوع

ماشینها در شرایط عادی همواره بسیار بالاتر از ارتعاشات مربوط به ماشینهایی است که دارای موتورهای الکتریکی می باشند. ماشینهایی از این نوع هرچند به نحوی طراحی می گردند که در مقابل ارتعاشات بسیار بالا نیز دارای مقاومت کافی باشند، ولی ارتعاشات بیش از حد در این نوع ماشینها را مشکل می توان عیب یابی نمود، زیرا کوچک ترین عیب الکتریکی یا سوختی می تواند باعث خروج یک پیستون از سینکرونیزاسیون گردد و در نتیجه فشار محفظه احتراق را به هم زده و باعث افزایش ارتعاش گردد.

۱۰ ـ ۵ ـ ارتعاش رزونانسی(درحالت تشدید)

تمامی ماشینها دارای یک ارتعاش طبیعی در فرکانسی خاص می باشند. این ارتعاش طبیعی، ارتعاش تشدید نامیده می شود و مشخصات آن توسط تولید کننده ماشین بیان خواهد گردید.

ضرورت دارد بدانیم فرکانس ارتعاشی رزونانس طبیعی را برای هر ماشینی، از این جهت که در این ارتعاش اندازه گیری های شده است ، با یکدیگر مقایسه می شوند.

هر نوع افزایشی در رزونانس نشانگر وجود عیب در ماشین بوده و تصحیحی در آن بایستی صورت گیرد. زمانی که کارآیی ماشین افت نماید، ارتعاشات آن افزایش یافته و در صورتی که اقدامات بازدارنده در خصوص افزایش ارتعاش صورت نپذیرد، تخریب دستگاه سرعت گرفته تا آنکه در نهایت قطع کار ناگهانی آن،اتفاق خواهد افتاد.

عیوبی که ذکر گردید، تنها جزیی از مواردی است که در ماشینهای دورانی یا رفت و برگشتی رخ خواهد داد ولی به عنوان مبنایی جهت راهنمایی، در شروع بررسی عیب یابی می تواند مفید واقع گردد.

۱۰ ـ ۶ ـ ابزارهای تشخیص ارتعاش

تجربه نشان داده است که هر نوع نقص یا عیبی، علایم ارتعاشی و یا فرکانس خاص خود را تولید می نماید و این موضوع باعث کمک به تشخیص یا تعیین طبیعی عیب می گردد.

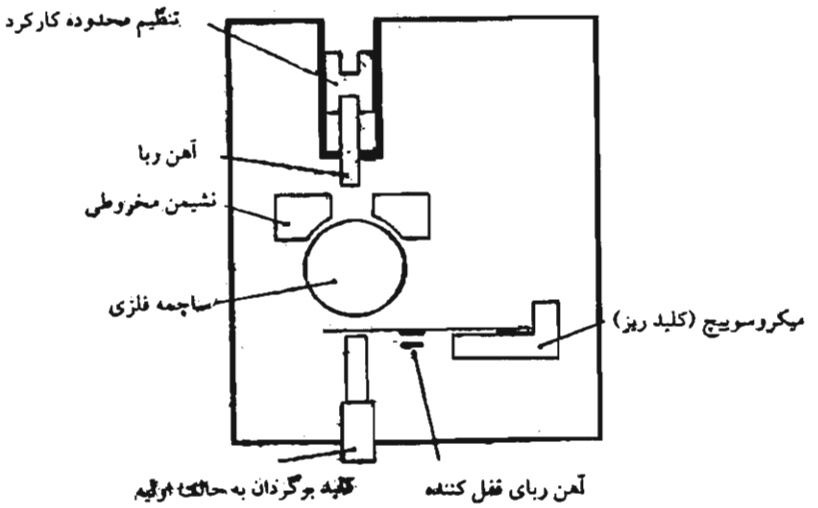
هنگامی که یک مسئله ارتعاشی را بررسی می نماییم، ضرورت دارد که فرکانس ارتعاش

را بدانیم و بنابراین ابزاری را باید به منظور درک ارتعاش و تبدیل آن به فرکانسهای اندازه گیری شده به کار گیریم.

انواع متعدد و مختلفی از ابزارهای به منظور اندازه گیری ارتعاش وجود دارد که بعضی از آنها قابل حمل بوده و بعضی دیگر، ترانسدیوسرهای ثابت دایمی هستند که به ابزارهای جمع آوری اطلاعاتی که اجزا کاری آنها میکروپروسسور است، به صورت دایمی متصل می باشند. ترانسدیوسرها عمدتاً از نوع سنسوری (حسگر) یا پیکاپی (انباشتگر) می باشند. انواع رایج آنها را می توان نمونه های زیر ذکر کرد:

کلید ارتعاشی

کلید ارتعاشی، یک ابزار ساده کم هزینه است که به منظور حفاظت وسیله هایی همچون پنکه های موتوردار و پمپ های کوچک استفاده می گردد.



این کلیدها معمولاً در یک صفحه عمودی نصب می گردند و یک توپ فلزی به صورت مغناطیسی در یک نشیمنگاه مخروطی شکل توسط یک آهن ربای ثابت نگهداشته می شود.

هنگامی که کلید تحت ارتعاش قرار گیرد، لحظه ای فرا می رسد که نیروی مغناطیسی، دیگر توان نگهداری ساچمه را در جایگاه خود نخواهد داشت.

بنابراین ساچمه لق شده و تحت وزن خود سقوط می نماید و متعاقباً یک میکروسوییچ را فعال می کند. یک آهن ربای کوچک برای قفل کردن میکروسوییچ در زیر بازوی آن استفاده وجود دارد تا حتی هنگامی که ساچمه فلزی به نشیمنگاه باز می گردد اطمینان حاصل گردد که کلید در وضعیت ثابت قبلی باقی می ماند.

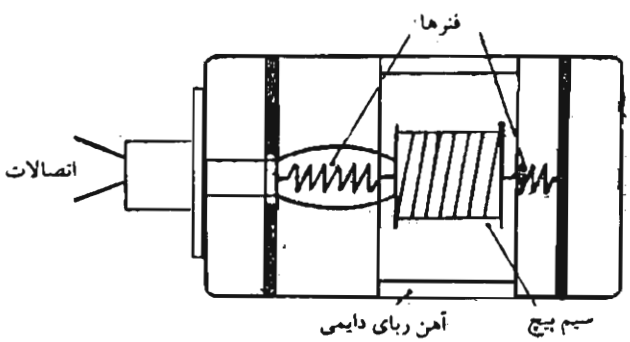
یک دگمه جهت راه اندازی مجدد نیز به منظور قطع عملکرد میکروسوییچ و بازگرداندن ساچمه فلزی به جایگاه خود تعبیه شده است.

با تنظیم فاصله بین آهن ربا و ساچمه، می توان میزان ارتعاشی را که بایستی اندازه گیری شود، تنظیم نمود.

کاربرد این نوع وسیله محدود بوده و بایستی تنها در ابزارهایی که ارزان قیمت هستند، استفاده شود.

ترانسدیوسر سرعت (سیم پیچ های پیکاپی)

ترانسدیوسر سرعت ،ابزاری است که «خود مولد» می باشد و حرکت ارتعاشی را به ولتاژی متناسب با آن تبدیل می سازد.



ترانسدیوسر سرعت متشکل از سیم پیچی است که داخل یک میدان مغناطیسی توسط فنر، معلق می ماند. پایه های اتصالی به سیم پیچ متصل می شوند و بدنه را به یک ابزار نشانگر متصل می سازند. بدنه ترانسدیوسر سرعت، در تماس با وسیله ای که باید ارتعاش

آن اندازه گیری شود، قرار می گیرد. ارتعاش از وسیله مورد نظر و از طریق بدنه ترانسدیوسر به آهن ربای دایمی، منتقل می گردد. سیم پیچ به اندازه بدنه ترانسدیوسر تمایل به حرکت نشان نخواهد داد، زیرا در داخل یک میدان مغناطیسی قرار گرفته و به وسیله فنرها، معلق نگهداشته شده است و بنابراین سیم پیچ در داخل میدان مغناطیسی ارتعاشی حرکت خواهد داشت و ولتاژی متناسب با اختلاف سرعت بین سیم پیچ و آهن ربا ایجاد خواهد گردید.

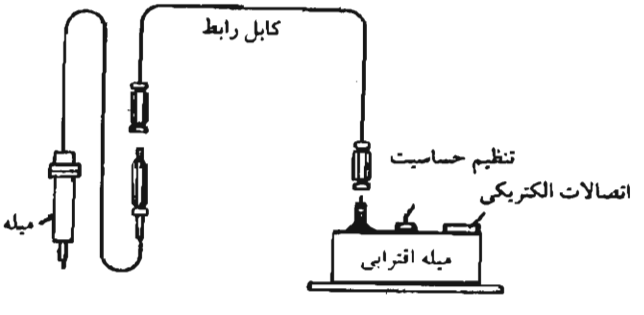
ولتاژ مربوط، توسط ابزاری که با واحدهای مناسبی مدرج شده، تبدیل به واحد اندازه گیری ارتعاش خواهد گردید.

این نوع ترانسدیوسر کاربردهای محدودی دارد و به دلیل ساختار الکترومکانیکی آن، قطعات متحرک آن گاهی گیر کرده و اعداد اشتباهی را ارایه می نماید.

این نوع ترانسدیوسرها کماکان در ابزارهای دستی اندازه گیری و نظارت بر ارتعاش استفاده می شود، زیرا در آنها نیازی به پردازش های پیچیده سیگنال ها و یا کابلهای اتصالی خاص وجود ندارند.

میله های اقترابی

میله های اقترابی، یک نوع وسیله اندازه گیری ارتعاش، از انواع غیر تماسی است که بر مبنای جریانهای فوکو (eddy) عمل می نمایند.

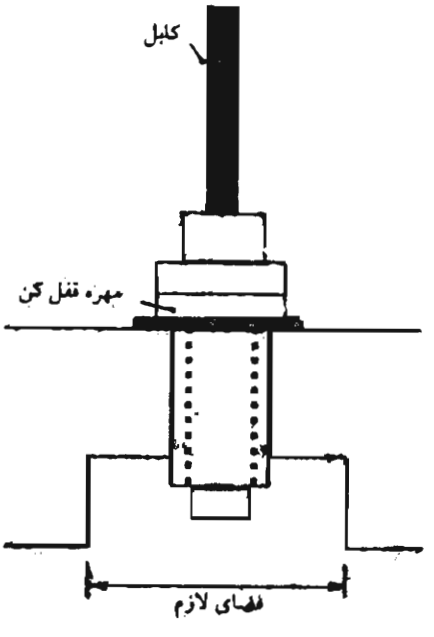


میله های اقترابی شامل یک حسگر (سنسور)، یک کابل طویل و یک اقتراب سنج است که در واقع یک اسیلاتور یا نوسان ساز الکترونیکی می باشد.

نوک میله این دستگاه حاوی سیم پیچی است که داخل یک کپسول می باشد. هنگامی که انرژی با ولتاژ فرکانسی بالایی به آن وارد شود، در نوک میله یک میدان مغناطیسی ایجاد خواهد شد.

این میدان مغناطیسی در مواد هادی که در محدوده میدان مغناطیسی قرار می گیرند، جریانهای فوکو eddy القا می نماید.

با تغییر فاصله بین نوک میله و سطح هادی، اقتراب سنج تغییراتی را احساس می کند و ولتاژی را متناسب با فاصله ایجاد شده، تولید می نماید. خود میله معمولاً در داخل محفظه ای پیچ و محکم می شود که به صورت دایم روی ماشین، نصب است.



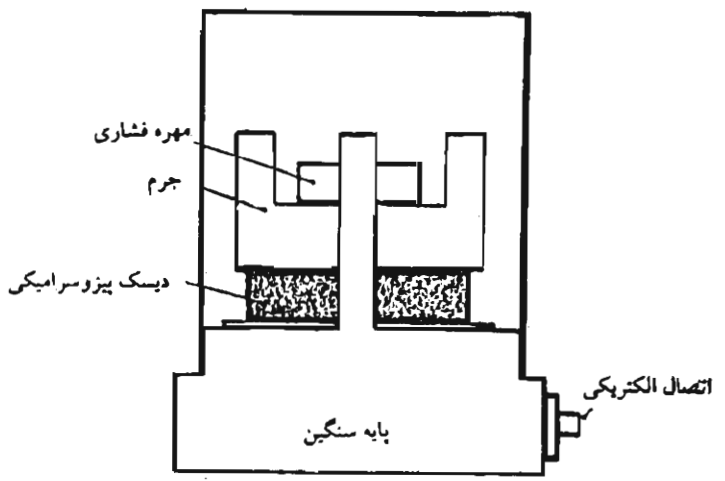
لنگ میله بایستی کاملاً محکم در محل خود، نگهداشته شود و نوک آن از مواد مغناطیسی دور باشد، زیرا ممکن است تداخلی در میدان مغناطیسی ایجاد گردد. فاصله ای معادل دو برابر قطر نوک میله، معمولاً برای اطمینان از صحت عمل میله کفایت می نماید.

این نوع سنسور را می توان برای اندازه گیری جابجایی های محوری یا شعاعی بسته به موقعیتی که در آن قرار داده می شوند، به کار برد.

شتاب سنج

شتاب سنج، وسیله ای الکترومکانیکی است که سیگنالهای الکتریکی، متناسب با شتابی که با آن مواجه می گردد، ایجاد می نماید.

این نوع ترانسدیوسر معمولاً از مواد پیروالکتریک ساخته می شود.



شتاب سنج پیزو الکتریک

یک ماده پیزوالکتریک بین دو صفحه فشاری و یک ورقه پایه ای سنگین قرار می گیرد و کل مجموعه با استفاده از مهره های فشاری از پیش، تحت فشار قرار می گیرد. هنگامی که ترانسدیوسر به ارتعاش درمی آید یا تحت تاثیر ارتعاش قرار می گیرد، صفحه فشاری نیرویی را متناسب با شتاب خود به مواد پیزوالکتریک اعمال می نماید.

بنابراین، ولتاژ حاصله توسط این مواد نیز با شتابی که به ترانسدیوسر اعمال شده است، متناسب خواهد بود.

این نوع ترانسدیوسر به منظور اندازه گیری محدوده بزرگی از کاربردها و فرکانس ها ساخته می شود و از آنجایی که حالت «خود مولدی» دارند، نیازی به تامین برق جداگانه نخواهند داشت.

ساختار محکم و غیرحساس آن در طراحی ساده اش قابلیت اطمینان بسیار زیادی را ایجاد نموده و از آنجایی که امکان تولید شتاب سنج های بسیار کوچک نیز با این روش میسر است، در تمامی شاخه های کنترل ارتعاش از آنها استفاده به عمل می آید.

۱۰ ـ ۷ ـ جای دهی ترانسدیوسرهای کنترل کننده ارتعاش

برای کسب نتایج قابل اطمینانی از شرایط ماشینها، ضرورت دارد که نقاط ثابت و دایمی را روی ماشینهای مختلف مشخص نماییم و اندازه گیری ها را فقط در این نقاط انجام دهیم.

در ماشینهای دوران کننده بهترین نقاط، کلاهک یاتاقان ها می باشد، زیرا مکانهایی هستند که بیشترین بارها در آنها اعمال می گردد. برای کسب بیشترین مقدار اطلاعات، لازم است تا اندازه گیری در هر سه صفحه مختصات صورت گیرد.

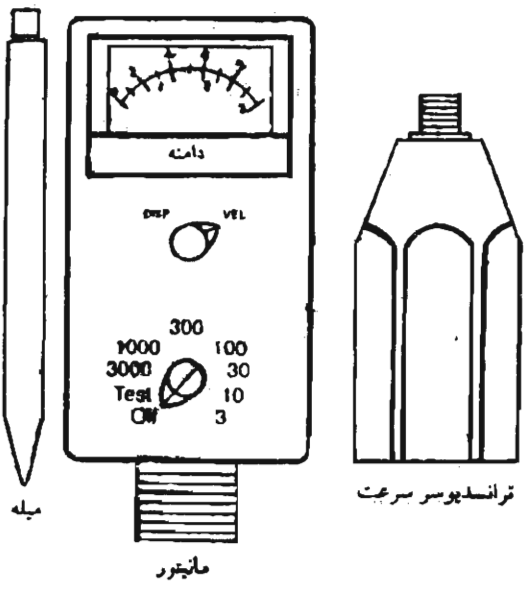
از آنجایی که ترانسدیوسرهای ارتعاش، بایستی دقیقاً از سطحی که ارتعاش آن را اندازه گیری می نمایند، تبعیت کنند، باید کاملاً به سطح یاد شده محکم متصل گردند که این کار به روشهای زیر صورت می گیرد:

* کلاهک یاتاقان را دریل کرده و ترانسدیوسر را به آن پرچ می کنیم.
* ترانسدیوسر را با استفاده از یک آهن ربای دایمی قوی به محل مناسب متصل می نماییم.
* ترانسدیوسر را به کمک چسب های پرقدرت در محل خود می چسبانیم.
* ترانسدیوسر را در محل مورد نظر، به کمک گیره هایی که به صورت خاص طراحی شده اند، نگه می داریم.
* ترانسدیوسر را به وسیله دست روی ماشین ارتعاشی نگه می داریم.

هریک از روشهای فوق دارای مزایا و مضرات خود هستند و قبل از تصمیم گیری در مورد اینکه کدامیک مناسب تر است، مضرات آنها نیز بایستی درنظر گرفته شوند.

۱۰ ـ ۸ ـ نمونه ای از اندازه گیری های ارتعاشی از نوع میله ای

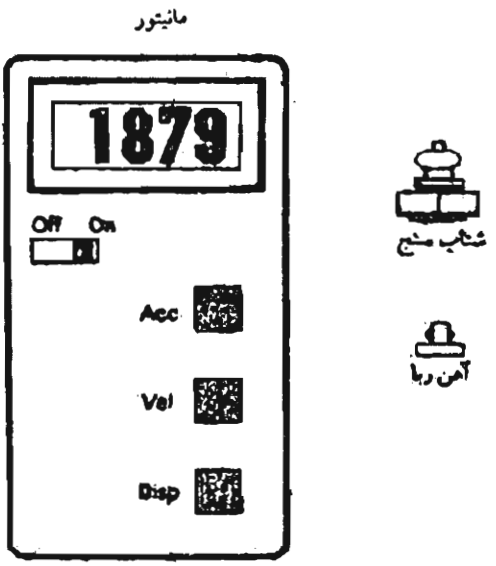
مدل ترانسدیوسر سرعت



این نوع اندازه گیر ارتعاشی بسیار محکم، غیرحساس، سبک و منبع تغذیه آن باتری می باشد که به منظور اندازه گیری های پریودیک با ارتعاش متناوب مورد استفاده قرار می گیرد.

طراحی آنها به منظور استفاده در ترانسدیوسرهای سرعتی دستی با میله های بلند صورت گرفته است.

شتاب سنج



این وسیله کوچک، کم حجم و کار با آن بسیار ساده تر می باشد.

نمایشگر دیجیتالی، اکثر خطاهایی را که از ارایه آنالوگی اندازه ها ناشی می گردد خنثی کرده و از آن می توان برای نشان دادن شتاب، سرعت یا جابجایی استفاده نمود. این وسیله ها اغلب دارای یک فیش خروجی هستند که امکان ضبط سیگنال ها را به منظور پردازش و تحلیل های بعدی و یا ثبت آنها، فراهم می سازد.

اندازه گیرهایی که ذکر شد، تنها انواع بسیار ساده اندازه گیرهای ارتعاشی قابل حمل و نقل هستند که مقادیر عددی دامنه ارتعاش را نشان می دهند.

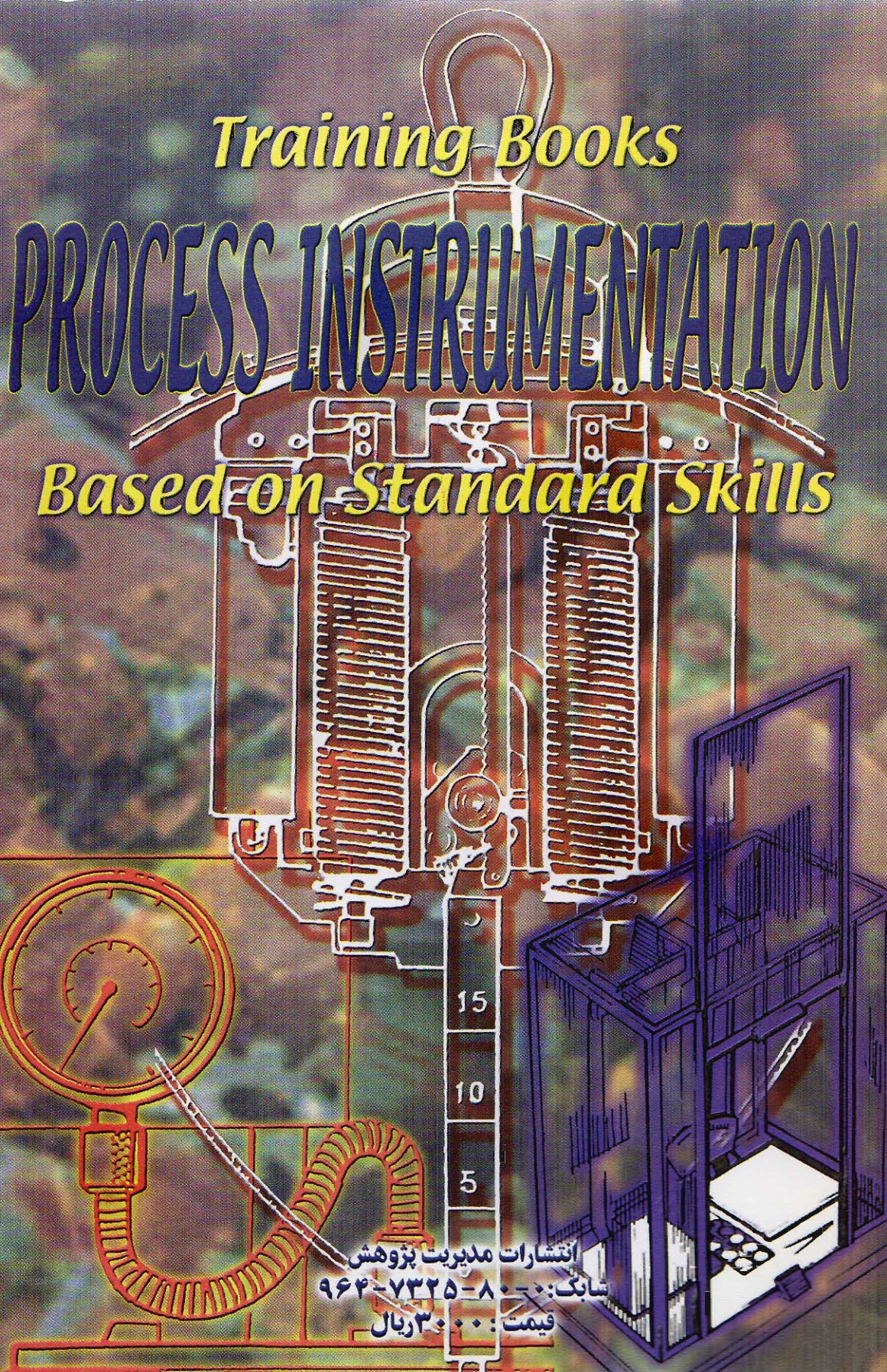
درصورتی که نیاز به تحلیل بیشتر ارتعاش و تشخیص عیب های دقیق تری باشد، سیستم های پیچیده تری باید مورد استفاده قرار گیرند.

این نوع سیستم ها تحت عنوان تحلیل گر ارتعاش تولید می شوند و مدار میکروپروسسوری آنها به صورت کامل، اندازه گیری ارتعاش و تحلیل فرکانس مربوطه را انجام می دهد. این نوع سیستم ها، به صورت دایمی نصب شده و به طور مداوم نقاط مختلفی را روی ماشین اندازه گیری می نمایند.

Training Books

PROCESS INSTRUMENTATION

Based on Standard Skills



انتشارات مدیریت پژوهش
شابک: ۰-۸۰-۷۳۲۵-۹۶۴
قیمت: ۳۰۰۰ ریال