

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com





به نام خالق هستی بخش

روش های اندازه گیری در مهندسی و آزمایشگاه

www.iran-mavad.com

مرجع دانلود رایگان مهندسی مواد و متالورژی

فهرست:

1. اندازه گیری دما.....1
2. اندازه گیری فشار.....8
3. دبی سنج.....18
4. ارتفاع سنجی مایعات.....25
5. ویسکومتر.....28

1. اندازه گیری دما

نقاط ثابت از مواد مختلف در نظر گرفته می شوند، یعنی نقاطی که دما در آن ثابت است. (مثلا دمای جوش آب. به آب حرارت داده می شود؛ آب در حال جوشیدن است و دمای آن ثابت می ماند.) بعد از انتخاب این نقاط ثابت، حد فاصل آن ها اندازه گیری شده و به چند قسمت مساوی تقسیم می شود.

به عنوان مثال نقطه جوش و انجماد آب را مشخص کرده و آن را به صد قسمت مساوی تقسیم کرده اند. به هریک از این قسمت ها یک درجه ی سلسیوس گفته می شود. درجه ی فارنهایت و درجه کلوین نیز به روشی مشابه به وجود آمده اند.

چند نمونه از نقاط ثابت عبارتند از:

- ✓ نقطه ی ذوب یخ خالص 0°C
- ✓ نقطه ی جوش آب 100°C
- ✓ نقطه ی انجماد جیوه
- ✓ نقطه ی انجماد آنتیموان $630/5^{\circ}\text{C}$
- ✓ نقطه ی انجماد پالادیم 1552°C
- ✓ نقطه ی ذوب تنگستن 3380°C
- ✓ نقطه ی ذوب نقره $960/8^{\circ}\text{C}$
- ✓ نقطه ی ذوب طلا $1063/0^{\circ}\text{C}$
- ✓ نقطه ی جوش اکسیژن مایع $-182/97^{\circ}\text{C}$
- ✓ نقطه ی جوش سولفور مایع $444/60^{\circ}\text{C}$

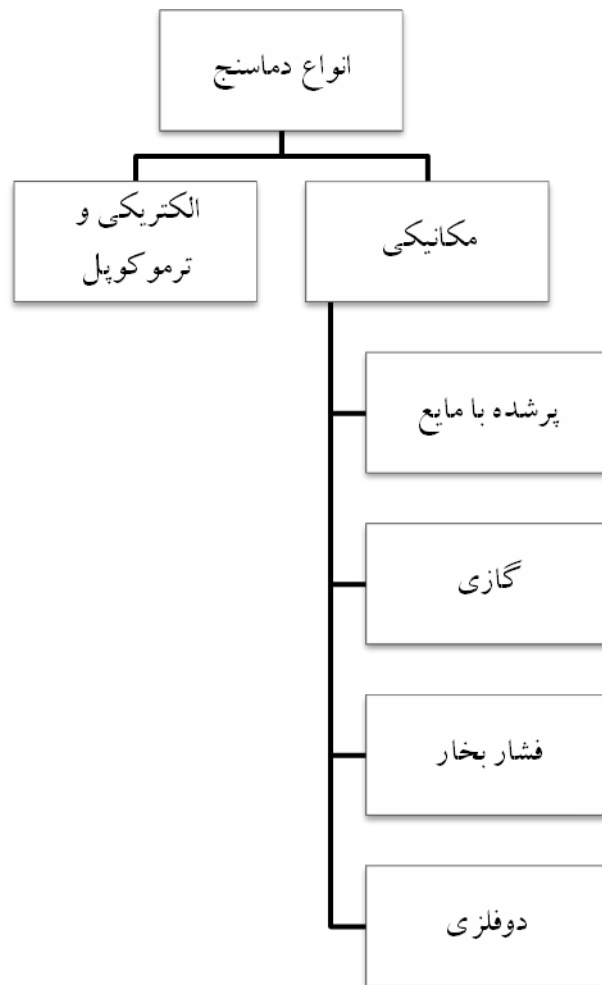
اگر A و B دو نقطه ی معیار ما برای دماسنج باشند، با آن دماسنج فقط دماهایی که در محدوده ی A-B هستند را می توان اندازه گرفت. خارج از این محدوده اندازه گیری دچار خطا می شود.

در نقاط ثابت:

1. یک پدیده ی فیزیکی یا شیمیایی رخ می دهد.
2. یک پارامتر از ماده مثل حجم، مقاومت الکتریکی،... تغییر می کند یا یک پارامتر مثل نیروی الکتریکی به وجود می آید یا از بین می رود.
3. خواص نوری ماده تغییر می کند. مثلا میزان نوری که از ماده عبور می کند یا میزان تابشی که از ماده انجام می شود تغییر می کند.

معیارهای انتخاب دما:

1. مهم ترین معیار دانستن دامنه ی دمای اندازه گیری است.
2. دمای بحرانی: مربوط به دمای بحرانی ماده ای است که پارامتری از آن را ملاک اندازه گیری قرار داده ایم. مثلا اگر از جیوه استفاده می شود نمی توان با آن دمای 800 درجه ی سانتی گراد را سنجید زیرا این دما از دمای جوش جیوه بالاتر بوده و در این دما، دماسنج بلافاصله می شکند.
3. دقت مورد نیاز
4. سرعت عکس العمل: مدت زمانی که طول می کشد تا دماسنج دمای ماده را نشان دهد. هرچه سرعت عکس العمل دماسنج کمتر باشد خطا بیشتر است. زیرا در این صورت مثلا مقداری از حرارت ماده را دماسنج جذب کرده است، پس دمای واقعی را نشان نمی دهد. همچنین ماده و دماسنج با محیط انتقال حرارت دارند و باعث افزایش خطا می شود.
5. شرایط محیطی: در شرایط زیر آب، در کوره ای با دمای بالا و ... نوع دماسنج مورد استفاده فرق می کند.



دماسنج پر شده با مایع:

ساختار این دماسنج دارای یک مخزن است که مایعی درون آن قرار داشته و یک لوله ی موئین به آن وصل شده است. با افزایش دما حجم مایع افزایش یافته و در لوله ی موئین بالا می رود و دمای مربوطه را نشان می دهد.

الزامات:

- ✓ تغییرات حجم با دما در مایع باید خطی باشد.
- ✓ نقطه ی انجماد و جوش مایع باید فاصله ی قابل توجهی از هم داشته باشند.

مزایا:

ارزان- قابل حمل- دقت قابل قبول- قابل استفاده برای انواع گازها و مایعات و تا حدی جامدات

معایب:

جیوه سمی است- محدودیت دامنه دما- اگر در دمایی خارج از محدوده اش استفاده شود می شکند و مایع سمی به بیرون پاشیده می شود- نیاز به اپراتور برای خواندن دما- برای دیدن افزایش حجم مجبوریم از شیشه استفاده کنیم که باعث شکننده بودن دماسنج می شود.

دماسنج گازی و فشار بخار:

ساختار این دماسنج ها از یک مخزن (حباب) و یک لوله تشکیل شده است که به فشارسنج وصل بوده و از روی فشار می توان دما را اندازه گرفت.

در دماسنج گازی گازهایی مانند هیدروژن و نیتروژن وجود دارد. با افزایش دما فشار گاز افزایش می یابد.

در دماسنج فشار بخار مایعی مانند اتانول، تولوئن یا دی اکسید گوگرد وجود دارد که می تواند به بخارش تبدیل شود. با افزایش دما مایع به بخار تبدیل شده و فشار گاز درون لوله افزایش می یابد. هرچه دما بیشتر باشد فشار گاز درون لوله بیشتر خواهد بود.

الزامات دماسنج فشار بخار:

- ✓ مایع مورد استفاده باید یک نقطه ی جوش داشته و اثر منفی روی جداره دماسنج و ملحقات نداشته باشد. همچنین این مایع باید خالص باشد. زیرا در صورت ناخالص بودن رفتار متفاوتی دارد مثلاً نقطه ی جوش متفاوتی دارد و ممکن است رابطه ی فشار-دما غیرخطی باشد.
- ✓ کمترین دمای قابل اندازه گیری از دمای جوش مایع بیشتر بوده و بیشترین دمای قابل اندازه گیری از دمای بحرانی مایع کمتر است.

✓ اختلاف ارتفاع بین حباب (مخزن) و فشارسنج باید یکسان باشد. زیرا ستون سیال دارای مقداری فشار است که در اندازه گیری فشار تاثیر دارد.

دماسنج دوفلزی:

دو فلز غیرهمجنس A و B به یکدیگر متصل اند. با افزایش دما انبساط طولی دارند. چون انبساط طولی آن ها متفاوت است، در جهتی که انبساط کمتر باشد منحرف می شوند. هرچه دما بالاتر باشد میزان انحراف و خمیدگی بیشتر است.

در این دماسنج با اندازه گیری زاویه انحنا، شعاع انحنا (زمانی که انحنا زیاد باشد) و یا افزایش طول یک قسمت نسبت به قسمت دیگر می توان دما را اندازه گرفت.

دماسنج الکتریکی:

با تغییر دما مقاومت الکتریکی مواد تغییر می کند. با افزایش دما:

- ✓ مقاومت الکتریکی بعضی از مواد مانند فلزات افزایش می یابد.
- ✓ مقاومت الکتریکی پلیمرها، نیمه هادی ها و اکسید های فلزی کاهش می یابد.
- ✓ مقاومت الکتریکی موادی مثل عایق ها تغییری نمی کند.

در این دماسنج ها با اندازه گیری تغییر مقاومت الکتریکی، تغییر دما اندازه گیری می شود. برای محاسبه ی مقاومت جدید از روش پل وتستون استفاده می شود.

$$R_x = R_0(\alpha\Delta T + \beta\Delta T^2 + \dots)$$

$$R_x \cong R_0(1 + \alpha\Delta T)$$

$$R_x = \text{مقاومت جدید}$$

$$R_0 = \text{مقاومت در دمای محیط (برای مواد عایق برابر صفر است).}$$

الزامات:

- ✓ رابطه دما- مقاومت الکتریکی باید خطی باشد. (رابطه ولتاژ- جریان نیز باید خطی باشد).
- ✓ با تغییر دما تغییرات مقاومت زیاد باشد.
- ✓ استحکام مکانیکی خوب باشد.
- ✓ معمولاً از فلزات نیکل، مس و پلاتین استفاده می شود.

مزایا:

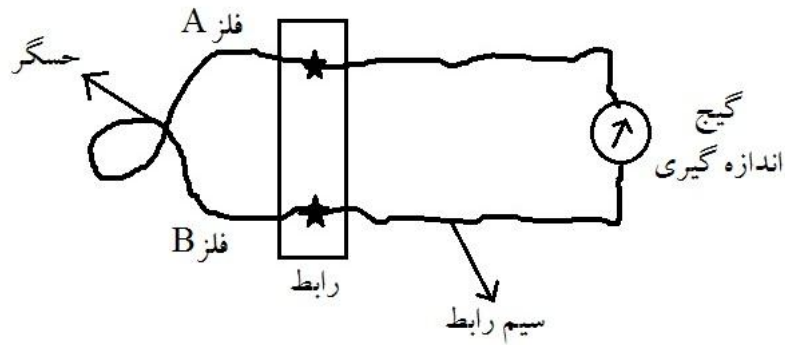
دقت بالا- استفاده آسان

معایب:

اگر دمای اندازه گیری از حد مجاز ماده بیشتر باشد باعث تخریب دماسنج می شود. هر 10 درجه ی سانتی گراد افزایش دما، سرعت تخریب را دو برابر می کند.

ترموکوپل:

ساختار و اجزای آن به صورت زیر است:



- ✓ حسگر: محل اتصال دو فلز
- ✓ رابط: محل اتصال بین سیم های اصلی
- ✓ گیج اندازه گیری: محل خواندن دما

در اثر دما در نقطه ی اتصال دو فلز غیر همجنس A و B جریان الکتریکی تولید می شود. با اندازه گیری شدت جریان، دما تعیین می شود.

الزامات و قوانین ترموالکتریک:

- ✓ دو فلز باید ناهمجنس بوده و حرارت دادن به آن ها منجر به تولید جریان قابل ملاحظه شود.
- ✓ سیم های رابط از جنس فلزات اصلی بوده یا حداقل حرارت را داشته باشند.

انتخاب نوع فلزات به محدوده دمایی و شرایط محیط بستگی دارد. پرکاربردترین فلزات عبارتند از:

✓ مس - آلیاژ مس و نیکل (کنستاننت). برای محیط های اکسید کننده مناسب است. (

$-200 - 350^{\circ}\text{C}$)

✓ آهن - کنستاننت. برای محیط اکسید کننده مناسب است. ($-200 - 1000^{\circ}\text{C}$)

✓ آلومل (آلیاژ آلومینیوم و نیکل) - کرومل (آلیاژ کروم و نیکل). برای محیط غیر اکسیدی بهتر است.

$(-200 - 1200^{\circ}\text{C})$)

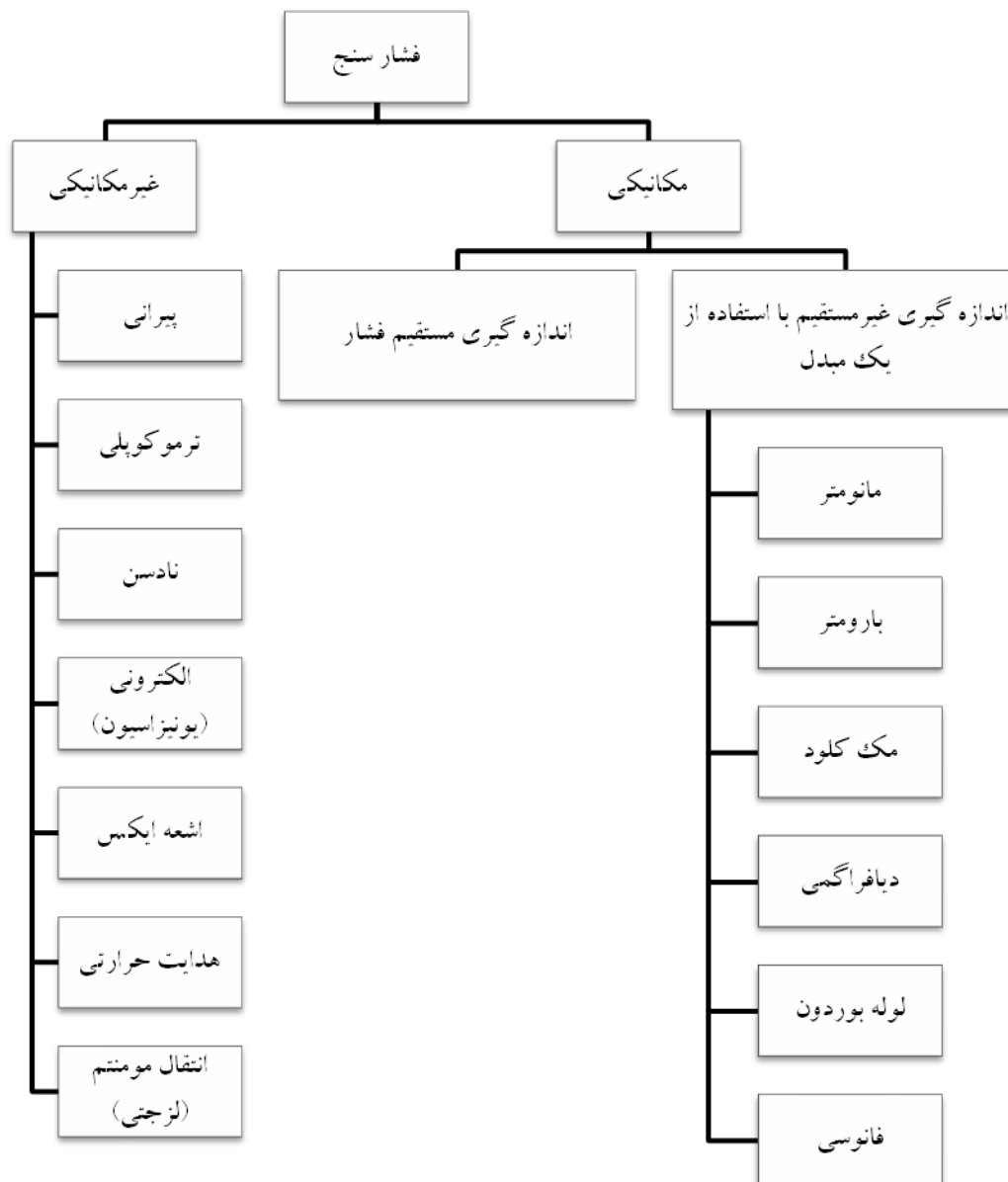
✓ پلاتین - آلیاژ پلاتین و رودیم. در تمام محیط ها قابل استفاده است. ($0 - 1400^{\circ}\text{C}$)

2. اندازه گیری فشار:

فشار به صورت نیروی وارد بر واحد سطح تعریف می شود. واحدهای فشار از جنس نیرو / سطح بوده و بسته به سیستم اندازه گیری متفاوت است.

دو نوع فشار وجود دارد: فشار مطلق و فشار نسبی. معمولاً آنچه از وسیله اندازه گیری فشار خوانده می شود فشار نسبی است.

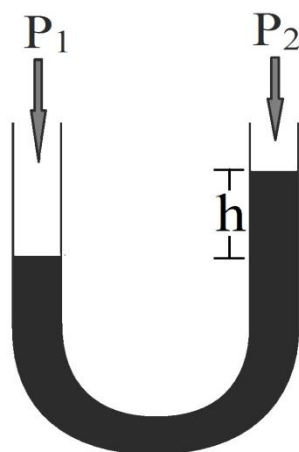
$$\text{فشار مطلق} = \text{فشار نسبی} + \text{فشار اتمسفر}$$



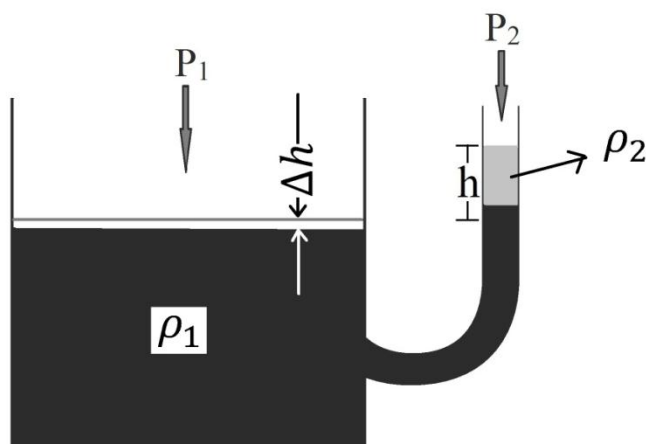
مانومتر:

در ابتدا از لوله U شکل حاوی سیال استفاده می شد. زمانی که $P_1 = P_2$ باشد ارتفاع سیال در دو طرف برابر است. ولی اگر $P_1 > P_2$ باشد سطح سیال در یک طرف بالاتر از طرف دیگر خواهد بود و داریم:

$$P_1 - P_2 = h\rho g$$



چون در این مانومتر نقطه مرجعی برای اندازه گیری ارتفاع وجود ندارد شکل دستگاه را به صورت زیر تغییر دادند که مانومتر مخزنی نامیده می شود:

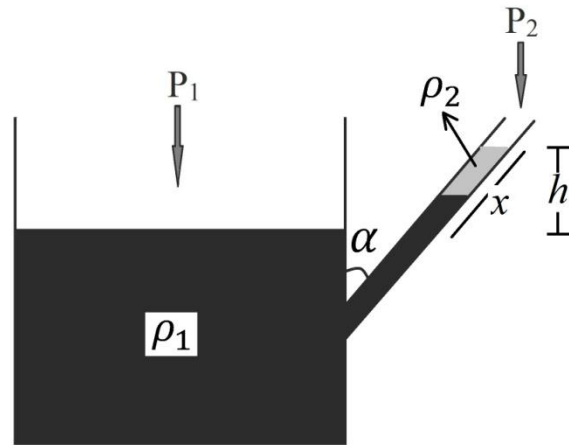


در این مانومتر سطح سیال در مخزن سمت چپ زیاد بوده و بنابراین تغییر ارتفاع آن کم و قابل صرف نظر کردن است و تغییر ارتفاع در مخزن سمت راست به راحتی قابل اندازه گیری است. به عبارتی سطح سیال در مخزن سمت چپ مرجعی برای اندازه گیری تغییر ارتفاع سیال در مخزن سمت راست است.

در این مانومتر اگر $P_1 > P_2$ باشد داریم:

$$P_1 - P_2 = (h + \Delta h)(\rho_1 - \rho_2)(g)$$

مانومتر دیگری نیز وجود دارد که در آن به جای استفاده از لوله U شکل، یک لوله به صورت زاویه دار به مخزن بزرگ وصل می شود.



$$P_1 - P_2 = (x \cos \alpha)(\rho_1 - \rho_2)(g)$$

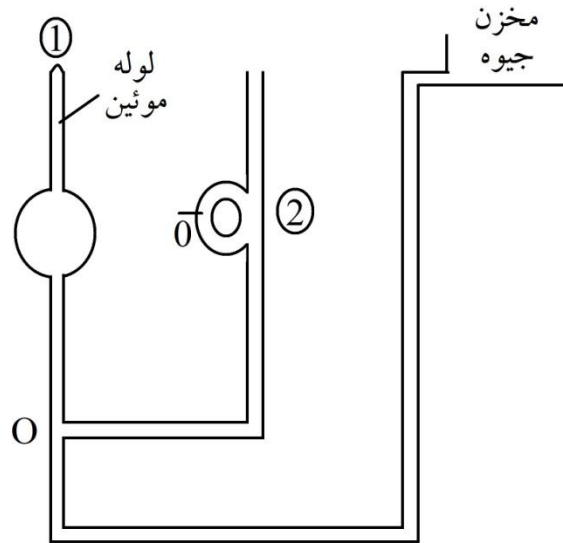
زمانی که از دو سیال با دانسیته های مختلف استفاده می شود محدوده فشار قابل اندازه گیری افزایش می یابد.

بارومتر:

وسیله ای برای اندازه گیری فشار هوا است. یک استوانه شیشه ای را از سیال پر کرده و به طور وارونه درون حمام سیال قرار می دهیم. سیال در لوله تا جایی پایین می رود که فشار ناشی از ستون سیال با فشار هوا برابر شود. هرچه فشار هوا کمتر باشد ارتفاع ستون سیال نیز کمتر خواهد بود.

خلأ سنج مک کلود:

برای اندازه گیری خلأ، یعنی فشار های کمتر از فشار محیط استفاده می شود. دقت زیادی دارد و یک وسیله مرجع است؛ یعنی برای مدرج کردن وسایل دیگر استفاده می شود.



روش کار:

مقدار جیوه در لوله ها را به حدی افزایش می دهند که شاخه 1 از جیوه پر شود. در این زمان سطح جیوه در ستون 2 به عنوان نقطه صفر در نظر گرفته می شود.

مقدار جیوه در لوله ها را به حدی کاهش می دهند که پایین تر از نقطه O قرار گیرد.

فشار را به سیستم وصل می کنند که باعث حرکت جیوه در ستون ها می شود. وقتی جیوه از نقطه صفر رد شد فشار برداشته می شود.

در ستون 2 جیوه به نقطه صفر می رسد ولی شاخه 1 از جیوه به طور کامل پر نمی شود. حجم خالی شاخه 1 بیانگر میزان فشار اعمال شده به سیستم است.

$$P_1 = \frac{\rho \alpha_c}{V_1 - \alpha_c h} h^2$$

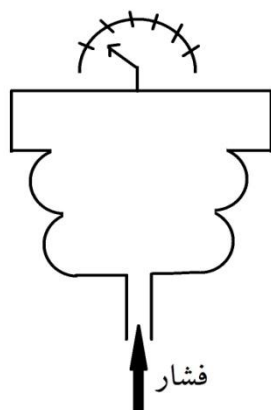
P_1 = فشار وارد به سیستم

V_1 = حجم از نقطه O تا لوله موئین

α_c = سطح مقطع لوله موئین که بسیار کوچک است.

فشار سنج فانوسی:

ساختار این فشارسنج به صورت زیر است. در اثر فشار دواير تغيير شكل داده و بازتر مي شوند و عقربه منحرف شده و فشار را نشان مي دهد.



برای دقت بیشتر در فشارهای بالا می توان:

1. تعداد دواير را بیشتر کرد تا دایره ها یکی پس از دیگری تغییر شكل دهند.
2. سطح مقطع دواير را کاهش داد تا قابلیت بازشدگی آن ها افزایش یابد.

گاهی دو سازه مشابه را روبروی هم قرار داده و فشارهای مختلف به آن ها وارد می کنند. عقربه اختلاف این دو فشار را نشان خواهد داد.

لوله بوردون:

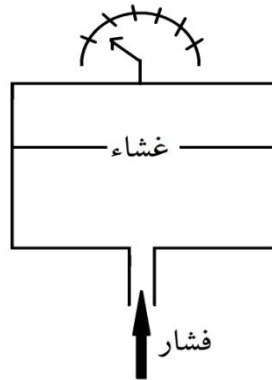
لوله ای C شکل با مقطع بیضی شکل است که یک انتهای آن بسته است. در اثر اعمال فشار مقطع آن از بیضی به دایره میل می کند.

فشارسنج های آزمایشگاه ها معمولا از این نوع هستند و فشار 50-70 psi را می توان با آن اندازه گرفت.

برای فشارهای بالا آن را به صورت مارپیچ درست می کنند تا سطح آن افزایش یابد و بنابراین بتوان نیرو و فشار را افزایش داد.

فشارسنج دیافراگمی:

ساختار این فشارسنج به صورت زیر است. مراحل کار شامل اعمال فشار به غشاء، تغییر شکل الاستیک غشاء و انحراف عقربه از حالت صفر است.



به غشاء هر فشاری را نمی توان وارد کرد، زیرا فشار باید از حد الاستیک غشاء کمتر باشد. در غیر این صورت غشاء تغییر شکل پلاستیک داده و دوباره به حالت اولیه برنمی گردد و دستگاه از حالت کالیبره خارج می شود.

غشاء می تواند صاف یا دارای کنگره باشد و یا تغییر شکل منظمی مثل سینوسی بدهد.

با این روش می توان فشارهای 10-1 اتمسفر را با دقت 0/1 اتمسفر اندازه گیری کرد.

فشارسنج پیرانی:

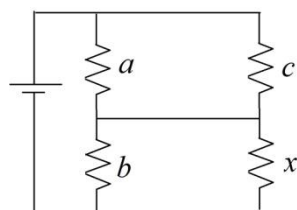
دو مقاومت الکتریکی یکسان داریم که یکی تحت خلأ و دیگری تحت فشار P قرار دارد. این دو مقاومت را در یک مدار می بندیم. جریان عبوری از هر دو یکی است. بنابراین حرارت تولید شده در هر دو یکسان است. چون مقاومتی که در خلأ است فقط از طریق تابش انتقال حرارت دارد و مقاومتی که در فشار P است به هر سه روش تابش، همرفت و هدایت می تواند انتقال حرارت داشته باشد؛ بنابراین دمای مقاومت خلأ از مقاومت تحت فشار P بیشتر بوده و تغییر مقاومت الکتریکی آن نیز بیشتر خواهد بود.

$$R = R_0 (1 + \alpha \Delta T) \quad \text{مقاومت تحت فشار } P$$

مقدار مقاومت الکتریکی تحت خلأ به وسیله پل وتستون محاسبه شده و داریم:

www.iran-mavad.com

مرجع دانلود رایگان مهندسی مواد و متالورژی



$$\frac{a}{b} = \frac{c}{x} \rightarrow x = \frac{bc}{a}$$

از روی اختلاف R و X تغییرات دما و در نتیجه میزان فشار اندازه گیری می شود.

فشارسنج ترموکوپلی:

دو سیم A و B در دو نقطه یکدیگر را قطع می کنند. یکبار ترموکوپل در فشار معلوم قرار گرفته و جریان الکتریکی ایجاد شده اندازه گیری می شود. سپس ترموکوپل در فشار مجهول قرار داده شده و جریان الکتریکی اندازه گیری می شود. از مقایسه جریان ایجاد شده در فشار معلوم و مجهول مقدار فشار مجهول به دست می آید.

فشارسنج نادسن:

این فشار سنج به ندرت استفاده می شود ولی چون به نوع گاز حساسیت کمی دارد هنوز مورد استفاده قرار می گیرد.

دو صفحه موازی داریم. دمای یکی کمتر و دمای یک صفحه بیشتر است. یک صفحه متحرک و دیگری ثابت است. مولکول های گاز بین این دو صفحه آزادانه حرکت کرده، به صفحات برخورد کرده و به آنها نیرو وارد می کند. نیروی وارد شده به صفحه ای که دمای بالاتری دارد بیشتر است. اختلاف این دو نیرو با نیروسنج (که نوعی فنر است) اندازه گیری شده و از روی آن فشار به دست می آید.

با این فشار سنج می توان فشارهای 10^{-8} - 10^{-2} torr را اندازه گرفت.

$$P = \frac{KF}{\sqrt{\frac{T_f}{T_v} - 1}}$$

$$P = \text{فشار} \quad \checkmark$$

$$K = \text{عدد ثابت} \quad \checkmark$$

$$F = \text{نیرو} \quad \checkmark$$

$$T_f = \text{دمای صفحه داغ} \quad \checkmark$$

$$T_v = \text{دما صفحه سرد} \quad \checkmark$$

فشارسنج الکترونی (یونیزاسیون):

یک کاتد و آنده داریم که تحت فشار مجهول P است. بین این کاتد و آنده ولتاژ مشخصی برقرار می شود. (یعنی بین آنده و کاتد یک میدان الکتریکی ایجاد می شود). تحت این ولتاژ و میدان، اتم های گاز یونیزه شده و الکترون تولید شده از آن ها به سمت آنده حرکت کرده و باعث ایجاد جریان الکتریکی می شود. اگر فشار گاز تغییر کند، میزان یونیزاسیون و تعداد الکترون ها و در نتیجه شدت جریان تغییر می کند. به این ترتیب با استفاده از اندازه گیری جریان می توان فشار را محاسبه کرد.

کاتدهای استفاده شده می توانند در دمای محیط باشند (کاتد سرد) و یا دمای آن ها را بالا برد (کاتد داغ). با استفاده از کاتد داغ محدوده وسیع تری از فشار را می توان اندازه گرفت. با کاتد سرد فشارهای 10^{-5} torr – 10^{-2} و با کاتد داغ فشارهای 10^{-10} torr – 1 قابل اندازه گیری هستند.

$$S \cong \frac{i_i}{P i_e}$$

$$S = \text{حساسیت فشار سنج} \quad \checkmark$$

$$i_i = \text{جریان خروجی از گنج} \quad \checkmark$$

$$P = \text{فشار گاز} \quad \checkmark$$

$$i_e = \text{جریان الکترون} \quad \checkmark$$

فشارسنج هدایت حرارتی:

دو رسانا داریم که در فاصله مشخصی از هم قرار داشته و درون یک سیال با فشار مجهول P قرار دارند. اگر دمای این دو رسانا متفاوت باشد بین آن ها انتقال حرارت اتفاق می افتد. در اینجا هر سه مدل انتقال حرارت یعنی هدایت، تابش و همرفت وجود دارد ولی عامل اصلی انتقال حرارت، همرفت بوده و می توان از هدایت و

تابش صرف نظر کرد. با تغییر فشار سیال میزان انتقال حرارت در اثر همرفت تغییر می کند و می توان فشار را اندازه گیری کرد.

با استفاده از این فشار سنج می توان فشارهای 10^{-2} torr - 1 را اندازه گیری کرد.

فشار سنج انتقال مومنتم (لزجتی):

این فشارسنج از دو استوانه ساخته می شود که بین آن ها سیال قرار دارد. استوانه داخلی می چرخد و نیروی منتقل شده به استوانه دیگر اندازه گیری می شود. نیروی منتقل شده به ویسکوزیته و فشار سیال بستگی دارد. وقتی یکی از پارامترهای ویسکوزیته یا فشار خیلی زیاد باشد این دو پارامتر از هم مستقل می شوند. بنابراین می توان از اثر پارامتر دیگر صرف نظر کرده و آن را از محاسبات حذف کرد. پس محدوده اندازه گیری فشار و نوع سیال مهم است.

با استفاده از این فشارسنج می توان فشارهای تا 10^{-7} torr را اندازه گیری کرد. نوع خاصی از این فشارسنج که با هوای خشک کار می کند می تواند 0-20 torr را اندازه بگیرد.

اگر سطح استوانه ها کاملاً صاف و صیقلی باشد برای اثر گذاشتن به سطح مقابل به نیروی زیادی نیاز است. به همین دلیل سطح داخلی استوانه ها را پره دار درست می کنند. در این صورت جریان از آرام به متلاطم تبدیل شده و انرژی و مومنتم بیشتری منتقل می شود و در سرعت های نسبتاً پایین نیز می توان فشار را اندازه گیری کرد.

✓ فشار کم یا خلأ (کمتر از فشار محیط) = 0-1 اتمسفر

✓ فشار متوسط = 1-7000 اتمسفر

✓ فشار بالا = بیشتر از 7000 اتمسفر

برای اندازه گیری فشارهای کم از مانومترهای میکرومتر (که اختلاف سطح مایع داخل مانومتر را با دقت میکرونی اندازه می گیرد)، لوله بوردون و فشار سنج دیافراگمی و برای فشارهای زیاد از فشارسنج های

الکتریکی (که براساس تغییر مقاومت سیم های آلیاژهای مختلف مثل طلا-کروم کار می کنند)، لوله بوردون (حالت مارپیچ تا فشارهای بالا را تحمل کند و همچنین به یک دیافراگم متصل است و سطح مقطع دایره ای دارد تا خطا به حداقل برسد) و فشارسنج ترنسدیوسر استفاده می شود.

3. دبی سنج:

کاربرد دبی برای سیالات عام تر است ولی برای جریان جامدات نیز می توان دبی نظر گرفت. مثلاً دبی تولید آهن X تن در روز است. واحدهای دبی می تواند حجم در واحد زمان (دبی حجمی) و یا جرم در واحد زمان (دبی جرمی) باشد. برای جامدات از واحدهای جرمی، برای گازها از واحدهای حجمی و برای مایعات از واحدهای جرمی و حجمی استفاده می شود.

انواع تقسیم بندی جریان سیالات:

1. پایا و گذرا

در جریان پایا ویژگی های جریان نسبت به زمان تغییر نمی کند.

2. آشفته و آرام

در جریان آرام لایه های مختلف سیال در مجاورت هم و با هم حرکت می کنند و تلاقی ندارند یا تلاقی آن ها کم است. در جریان آشفته این لایه ها وجود نداشته و مسیر حرکت سیال یک مسیر مستقیم در لوله یا کانال نیست.

3. یکنواخت و غیریکنواخت

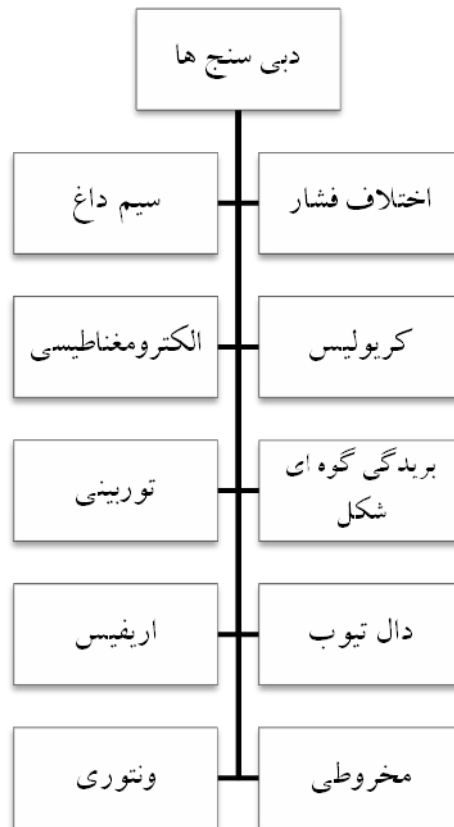
در جریان یکنواخت در نقاط مختلف در طول خط جریان، سرعت سیال از نظر اندازه و جهت یکسان است.

4. ویسکوز و غیر ویسکوز

جریانی که ویسکوزیته آن صفر باشد غیر ویسکوز نامیده می شود. این سیال ایده آل است.

5. تراکم پذیر و تراکم ناپذیر

سیال تراکم پذیر سیالی است که چگالی آن نسبت به فشار تغییر می کند، مثل گازها. اکثر مایعات تراکم ناپذیر هستند.



دبی سنج سیم داغ:

در این دبی سنج یک سیم که جریان الکتریکی از آن عبور می کند و باعث داغ شدن آن می شود در مسیر حرکت سیال قرار داده می شود. بین سیم و سیال تبادل حرارت اتفاق می افتد.

مزایا:

- ✓ حجم زیادی در کانال نمی گیرد و افت فشار زیادی ایجاد نمی کند.
- ✓ زمای پاسخگویی سریع است.
- ✓ هزینه اولیه صرف شده متوسط است.

معایب:

- ✓ این وسیله آسیب پذیر است و برای گازهای آلوده مناسب نیست. زیرا این گازها روی سیم می نشینند و مقاومت آن را تغییر می دهند و اندازه گیری با خطای زیادی همراه است.
- ✓ هزینه تعمیر آن زیاد است.

دبی سنج اختلاف فشار:

یک نازل در لوله قرار داده می شود که باعث تغییر قطر و افت فشار سیال می شود. فشار را در نقطه ای قبل و بعد از نازل اندازه می گیرند. با استفاده از رابطه برنولی سرعت سیال و سپس دبی محاسبه می شود.

$$\frac{P_1}{\rho_1 g} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2$$

رابطه برای یک خط جریان و یک سیال نوشته می شود. بنابراین $\rho_1 = \rho_2$ و $Z_1 = Z_2$ و داریم:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} \quad (1)$$

همچنین با توجه به ثابت بودن دبی می توان نوشت:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (2)$$

با توجه به رابطه (1) و (2) خواهیم داشت:

$$Q = \frac{A_1 A_2}{\sqrt{A_1^2 - A_2^2}} \sqrt{2gh} \quad , \quad h = \frac{P_1}{\rho g} - \frac{P_2}{\rho g}$$

مزایا:

- ✓ هزینه اولیه نسبت به روش های دیگر کمتر است.
- ✓ دستگاه ساده ای بوده و پیچیدگی خاصی ندارد.
- ✓ برای مایعات تمیز، آلوده و ویسکوز، گازهای تمیز و آلوده و بخارهای فوق اشباع قابل استفاده است.

معایب:

- ✓ برای مایعات خورنده و دوغاب ها مناسب نیست.
- ✓ افت فشار قابل توجهی ایجاد می کند.

دبی سنج الکترومغناطیسی:

در این دبی سنج براساس قانون فارادی، سرعت سیال اندازه گیری شده و سپس دبی محاسبه می شود.

قانون فارادی: هرگاه یک هادی به طول l با سرعت V در میدان مغناطیسی B حرکت کند، اختلاف پتانسیل E بین آن دو سر آن ایجاد می شود و داریم:

$$E = B.L.V$$

در این دبی سنج در اطراف لوله (سیال در حال حرکت) میدان مغناطیسی به وجود می آوریم. جریان ایجاد شده را به وسیله آمپر متر اندازه گیری کرده و با استفاده از قانون فارادی سرعت سیال را محاسبه می کنیم. از روی سرعت سیال مقدار دبی به دست می آید.

چنانچه میدان مغناطیسی ثابت باشد جریان DC و اگر متغیر باشد AC خواهد بود.

الزامات و منابع خطا:

- ✓ شکل لوله باید کاملاً منظم باشد.

✓ جریان درون لوله باید یکنواخت و آرام و پایا باشد و تغییرات پروفیل سرعت به گونه ای باشد که پروفیل همواره نسبت به خط افق متقارن باشد.

✓ لوله باید مستقیم بوده، زانویی، شیر و ... نداشته و طول آن از 10 برابر قطرش بیشتر باشد.

✓ لوله باید کاملاً عاری از رسوب و هر عامل دیگری باشد.

مزایا:

✓ افت فشار ایجاد نمی کند.

✓ برای سیالات خورنده و حتی دوغاب ها هم قابل استفاده است.

معایب:

✓ زمان پاسخگویی آن طولانی است، بین 2-7 ثانیه.

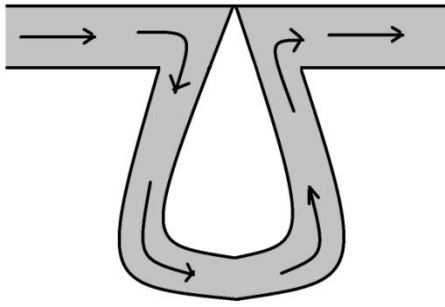
✓ برای سیالات با رسانایی پایین مناسب و قابل استفاده نیست. برای اینگونه سیالات باید ذرات معلق در سیال قرار داد تا رسانا شود.

دبی سنج کریولیس:

اساس کار آن با استفاده از گشتاور زاویه ای است.

اگر لوله ای که سیال در آن قرار دارد حول نقطه خاصی چرخش داشته باشد، سیال درون لوله نیرویی به وجود می آورد که بر جهت حرکت اصلی سیال عمود است. این نیرو، کریولیس نامیده می شود.

این دبی سنج بر سر راه لوله حاوی سیال قرار داده می شود. عبور سیال از دبی سنج باعث ایجاد نیروی کریولیس و چرخش و پیچش دبی سنج می شود. از روی میزان انحراف دبی سنج، دبی اندازه گیری شده و به صورت دیجیتالی یا عقربه ای نشان داده می شود.



هرچه سرعت سیال بیشتر باشد، دبی، نیروی کریولیس و انحراف دبی سنج بیشتر خواهد بود.

قسمت های ورودی و خروجی سیال در دبی سنج باید آزادانه چرخش داشته باشد.

زمانی که دقت بالایی نیاز باشد یا شدت جریان سیال زیاد باشد به جای یک لوله از دو لوله مجاور کوچک تر استفاده می شود.

مزایا:

- ✓ مستقیماً دبی جرمی را تعیین می کند.
- ✓ دقت آن زیاد است.
- ✓ برای جاهایی که مشکل سایش وجود دارد، مثلاً ترکیبات دوغابی، می توان از این روش استفاده کرد، زیرا بر سر راه سیال مانعی وجود ندارد.
- ✓ دامنه کاربرد بسیار وسیعی دارد و برای مایعات تمیز و آلوده، سیالات نیوتنی و غیر نیوتنی و ویسکوزیته کم و زیاد قابل استفاده است.
- ✓ به شرطی که لوله قابلیت تحمل دمای بالا را داشته باشد، برای مایعات با دمای بالا نیز قابل استفاده است.

معایب:

- ✓ باعث افت فشار در سیال و خطا می شود، زیرا سیال تغییر مسیر می دهد.
- ✓ برای گازها توصیه نمی شود، زیرا دانسیته گازها پایین و نیروی وارده کم است.
- ✓ برای سیالات خورنده ایده آل نیست.
- ✓ هزینه اولیه آن نسبتاً زیاد است.

- ✓ امکان گرفتگی مسیر وجود دارد و در این حالت رفع آن کار دشواری است.
- ✓ از نظر اندازه و ابعاد از بسیاری از دبی سنج ها بزرگ تر است و آن را از حدی کوچکتر نمی توان ساخت. بنابراین جاگیر است.

دبی سنج توربینی:

یک توربین در مسیر حرکت سیال قرار داده می شود. سرعت چرخش توربین با سرعت سیال متناسب بوده و به این ترتیب سرعت سیال و متعاقبا دبی محاسبه می شود.

تعداد عبور پره های توربین در واحد زمان از سنسور = سرعت چرخش توربین

در بعضی از این دبی سنج ها در اثر چرخش توربین جریان الکتریسته تولید می شود و براساس شدت جریان تولیدی می توان سرعت سیال را به دست آورد.

مزایا:

- ✓ دقت قابل قبولی دارد.
- ✓ زمان پاسخدهی بسیار خوب بوده و در حد چند میلی ثانیه است.
- ✓ برای به دست آوردن دبی جریان های گذرا قابل استفاده است.
- ✓ بازه دبی که می توان اندازه گرفت نسبتا وسیع است (0/5-15000 لیتر بر دقیقه).
- ✓ برای مایعات و گازهای تمیز قابل استفاده است.

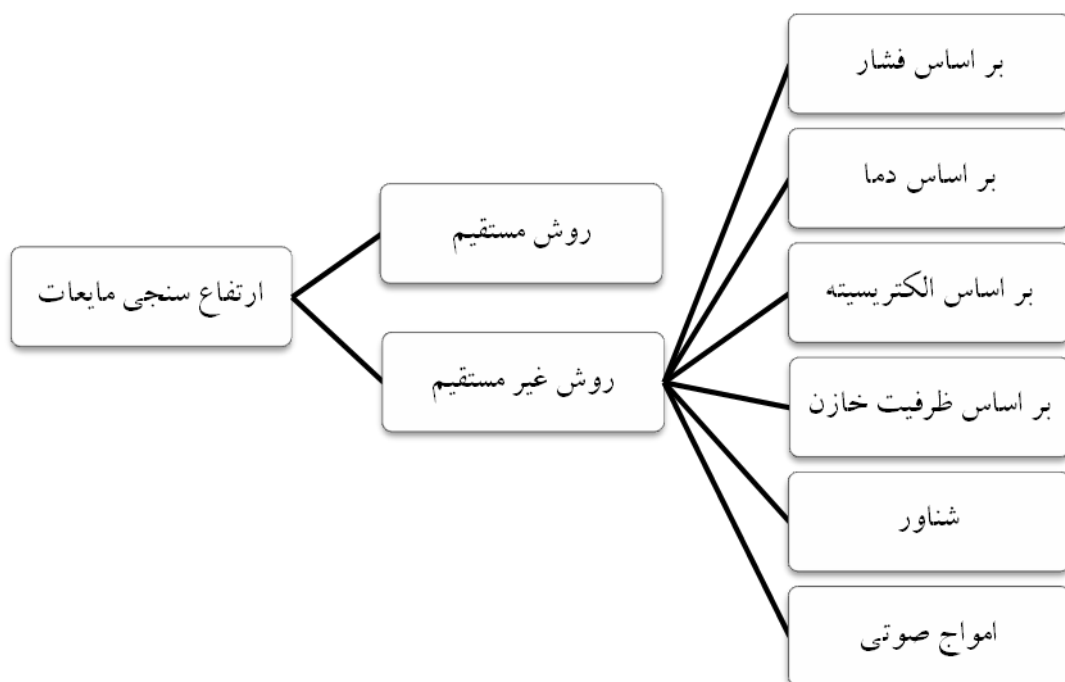
معایب:

- ✓ در دبی های کمتر از 0/5 لیتر بر دقیقه دقت آن خیلی کم است.
- ✓ تعمیر و نگهداری آن مشکلات زیادی دارد.
- ✓ برای بخار و مایعات خورنده توصیه نمی شود، زیرا پره های توربین از بین خواهند رفت.
- ✓ برای کانال های باز قابل استفاده نیست.

4. ارتفاع سنجی مایعات:

برای سنجش ارتفاع مایعات دو هدف اصلی وجود دارد:

1. سنجش میزان ذخایر موجود
2. کنترل فرآیند در حال انجام با سنجش ارتفاع مایع



ارتفاع سنجی با روش مستقیم:

در کنار مخزنی که می خواهیم ارتفاع مایع درون آن را اندازه بگیریم یک لوله به موازات مخزن نصب می شود. مایع وارد این لوله می شود. چون لوله و مخزن به هم وصل هستند سطح مایع در هر دو با هم برابر است. لوله می توان شفاف یا قسمتی از آن شفاف باشد.

اگر فشار روی مخزن و لوله برابر نباشد، اختلاف فشار باید در محاسبات اعمال شود.

ارتفاع سنجی بر اساس فشار:

1. اگر فشار سیال، دانسیته آن و سطح مقطع ظرف معلوم باشد می توان ارتفاع را محاسبه کرد.

2. روش ایجاد حباب در سیال با استفاده از لوله:

لوله را در نزدیکی کف ظرف (حدود 3-4 اینچ) قرار می دهیم و هوا را با فشار وارد آن می کنیم. از روی فشار مورد نیاز برای ورود هوا به سیال و ایجاد حباب، ارتفاع سیال را به دست می آوریم. این ارتفاع با فاصله لوله از کف ظرف جمع شده و ارتفاع کل سیال به دست می آید.

ارتفاع سنجی بر اساس دما:

یک سیم که جریان الکتریکی از آن عبور می کند را در سیال قرار می دهیم. در اثر جریان در سیم حرارت تولید می شود. این حرارت بین سیم و سیال تبادل می شود. با توجه به این که با تغییر ارتفاع سیال میزان انتقال حرارت تغییر می کند بنابراین دمای سیم نیز تغییر می کند. سپس با تغییرات دما در سیم تغییرات ارتفاع سنجش می شود.

ارتفاع سنجی بر اساس الکتریسیته:

یک سیم به طول l در سیال قرار می گیرد، به گونه ای که طول x از آن در مایع و $l-x$ از آن در بیرون از مایع قرار می گیرد. این سیم در یک مدار الکتریکی قرار داده شده و مقاومت کل اندازه گیری می شود. با تغییر ارتفاع مایع (x) میزان مقاومت کل تغییر می کند.

$$R_{\text{کل}} = r_1(x) + r_2(l - x)$$

r_1 = پارامتر مربوط به مایع

r_2 = پارامتر مربوط به سیال بالای مایع

ارتفاع سنجی بر اساس ظرفیت خازن:

دو سطح موازی به طور عمودی در سیال قرار داده می شود. این دو سطح یک خازن را تشکیل داده و مایع دی الکتریک این خازن است. با تغییر ارتفاع مایع مقدار دی الکتریک تغییر کرده و در نتیجه ظرفیت خازن تغییر می کند. از روی تغییرات ظرفیت خازن، ارتفاع سنجیده می شود.

شناور:

شناور به وزنه هایی وصل می شود. این وزنه ها در نزدیکی سطح زمین قرار داده می شوند. با کاهش ارتفاع سیال، وزنه ها به طرف بالا حرکت می کنند.

امواج صوتی:

برای ارتفاع های خیلی زیاد مانند اقیانوس، دریا، چاه نفت و ... استفاده می شود. امواج صوتی به سیال ارسال شده و بازگشت آن دریافت می شود. از روی زمان برگشت امواج، ارتفاع سیال محاسبه می شود.

مزایا:

✓ برای سیالات دوفازی و چند فازی مثل نفت خام قابل استفاده است ولی باید سرعت صوت در فازهای مختلف را دانست.

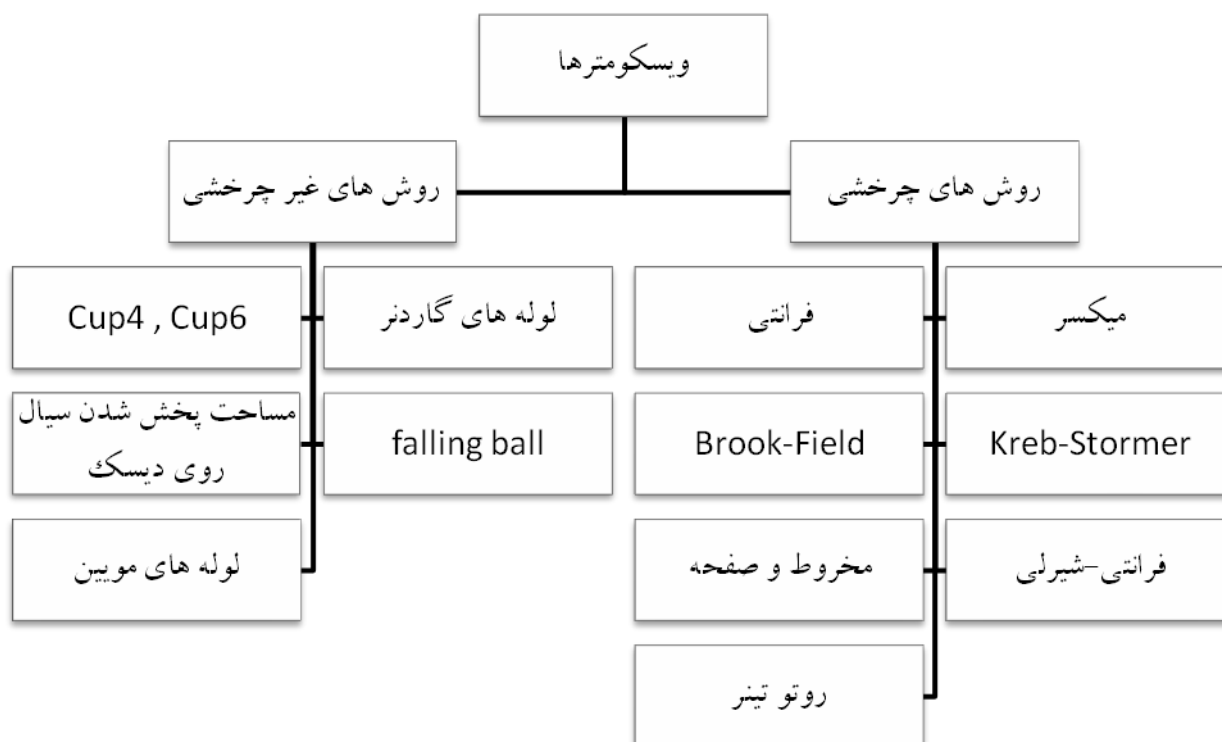
✓ برای سیال های دما بالا مانند مذاب مناسب است.

5. ویسکومتر:

به مقاومت سیال در برابر نیروی برشی و جاری شدن ویسکوزیته گفته می شود.

تا وقتی به سیال نیرو وارد می شود تغییر شکل آن ادامه می یابد. وقتی به جامد نیز نیرو وارد شود تغییر شکل می یابد و نمودار تنش- کرنش آن به وجود می آید. بنابراین جامد سیالی با ویسکوزیته بسیار زیاد است.

این مقایسه در قسمت بعد از تنش تسلیم صادق تر است و می توان گفت سیالات جامدهایی هستند که در هر لحظه در منطقه پلاستیک خود قرار دارند. به همین دلیل تنش تسلیم را تنش جاری شدن می نامند.



: Cup4 , Cup6

در این روش زمان تخلیه سیال از ظرفی با حجم و قطر روزنه مشخص اندازه گیری می شود.

روش کار شامل مراحل زیر است:

- ✓ گرفتن روزنه با دست
- ✓ ریختن مایع در cup و پر کردن آن
- ✓ فعال کردن کورنومتر همزمان با برداشتن دست

✓ تخلیه سیال در یک ظرف دیگر

✓ زمانی که آخرین قطرات سیال از cup خارج شد، آن زمان را ثبت می کنیم و برای سنجش ویسکوزیته گزارش می کنیم.

طبق جداول مختلف، این واحد زمان به واحدهای دیگر ویسکوزیته تبدیل می شود.

در سیالاتی مانند عسل که ممکن است در تخلیه آن ها وقفه ایجاد شود، ثبت زمان از هنگامی شروع می شود که مایع به طور پیوسته از cup خارج شود و هنگامی به اتمام می رسد که جریان پیوسته سیال قطع شود.

از این روش برای اندازه گیری ویسکوزیته های کم استفاده می شود. چند نمونه از کاربردهای این روش عبارتند از: صنعت رزین، رنگ، چسب، لبنیات و صنایع غذایی.

لوله های گاردنر:

لوله های گاردنر شبیه لوله های آزمایش هستند ولی معمولاً ضخامت بیشتری دارند تا دیرتر بشکنند. حجم مشخصی از سیال را در این لوله ها می ریزیم، به گونه ای حجم مشخصی از لوله خالی بماند. درب لوله را محکم بسته و آن را برعکس می کنیم. مدت زمانی که طول می کشد تا حباب به انتهای دیگر لوله برود را اندازه گیری می کنیم. معمولاً این لوله ها برای اندازه گیری ویسکوزیته رزین ها و روغن های مایع با ویسکوزیته متوسط و متوسط به بالا استفاده می شود.

در برخی لوله های گاردنر ممکن است یک ساچمه با اندازه و دانسیته خاص وجود داشته باشد و زمان جابجا شدن ساچمه از یک انتها به انتهای دیگر اندازه گیری شود.

مساحت پخش شدن سیال روی دیسک:

حجم و وزن مشخصی از سیال را روی دیسکی که دواير متحدالمرکز زیادی روی آن رسم شده است می ریزیم. با توجه به مساحتی که سیال روی آن پخش می شود می توان ویسکوزیته را سنجید. هرچه ویسکوزیته سیال کمتر باشد، مساحت پخش شدن آن بیشتر است.

از این روش بیشتر برای اندازه گیری ویسکوزیته بتن استفاده می شود.

: Falling ball

زمان سقوط یک توپ یا گلوله در مجرای سیال اندازه گیری می شود که معیار ی از میزان ویسکوزیته سیال است.

لوله های موین:

زمان لازم برای بالا رفتن سیال از لوله موین و جرم بالا رفته اندازه گیری می شود.

فرانتی:

دو استوانه متحدالمرکز هستند که سیال بین این دو استوانه قرار دارد. یکی از این سیلندرها با سرعت مشخصی می چرخد و نیروی منتقل شده توسط سیال بر سطح استوانه دیگر اندازه گیری و بر اساس آن ویسکوزیته محاسبه می شود. هرچه ویسکوزیته سیال بیشتر باشد نیروی بیشتری منتقل می کند.

گاهی نیز دو غلتک مجزا در سیال قرار داده می شود. یکی از آن ها می چرخد و به سیال نیرو وارد می کند. این نیرو توسط سیال به غلتک دیگر وارد می شود.

میکسر:

یک میکسر دارای دو پره در سیال با نیروی ثابت و مشخصی می چرخد. بر اساس سرعت حرکت سیال ویسکوزیته محاسبه می شود.

گاهی نیز آنقدر نیروی وارد بر میکسر افزایش داده می شود تا سیال با سرعت خاصی شروع به جابجایی کند. بر اساس نیروی وارد بر میکسر ویسکوزیته سیال محاسبه می شود، ولی حالت اول بهتر است.

: Brook-Field

این ویسکومتر دارای یک پره است که داخل مایع قرار می گیرد و می چرخد. وقتی به سرعت مشخصی برسد، مقداری نیروی مورد نیاز برای چرخش آن اندازه گیری شده و بر اساس آن ویسکوزیته تعیین می شود.

: Kreb-Stormer

مایع در ظرفی ریخته می شود و یک پره دوار درون آن قرار می گیرد. این پره از طریق یک سری نخ و قرقره به وزنه متصل است که می توان وزن آن را کاهش یا افزایش داد. وقتی پره با سرعت یکنواخت 100 دور بر دقیقه قادر به چرخش در مایع باشد، نیروی لازم برای چرخش از روی وزنه ها اندازه گیری می شود.

مخروط و صفحه:

مخروط در سیال می چرخد تا به سرعت مشخصی برسد. در آن سرعت، نیرویی که باعث چرخش مخروط می شود اندازه گیری و گزارش می شود.

فرانتی-شیرلی:

نوع خاصی از ویسکومتر مخروط و صفحه است، با این تفاوت که این قابلیت را دارد که میزان نیروی وارده به مخروط به ازای سرعت های مختلف را رسم کند. همچنین می تواند این کار را در دماهای مختلف انجام دهد.

روتوتینر:

با استفاده از آن هم می توان ویسکوزیته را اندازه گیری کرد و هم می توان مایع را رقیق کرد تا به ویسکوزیته خاصی برسد.

مقدار مشخصی از مایع را در ظرفی با حجم مشخص ریخته و روی صفحه دوار دستگاه قرار می دهیم. همزن دستگاه درون مایع قرار می گیرد. با چرخش صفحه دوار با سرعت مشخص، مایع نیز چرخانده می شود و به همزن دستگاه نیرو وارد می کند. با توجه به این نیرو مقدار ویسکوزیته محاسبه شده و به طور همزمان صفحه مدرج دستگاه مقدار ویسکوزیته را نشان می دهد. برای رقیق کردن مایع و کاهش ویسکوزیته، حلال را به

سیستم اضافه می کنیم در حالی که چرخش همچنان ادامه دارد. مقدار حلال لازم برای رسیدن از ویسکوزیته معلوم تا ویسکوزیته مورد نظر را می توان اندازه گرفت.

رئومتر:

برای اندازه گیری ویسکوزیته های بسیار زیاد، مانند سیالی که در مرز جامد و سیال قرار دارد، از رئومتر استفاده می شود. رئومتر وسیله ای برای مطالعه نیروی لازم برای جاری شدن سیالات دارای ویسکوزیته بسیار بالا و جامداتی که برای جاری شدن به نیروی کمی نیاز دارند است. به عنوان مثال یک لاستیک پلیمری را می توان با رئومتر بررسی کرد. پارامترها در این دستگاه عبارتند از: نیروی وارده، تغییر شکل جسم، دما، زمان، برگشت پذیری یا برگشت ناپذیری تغییر شکل بعد از برداشتن نیرو.