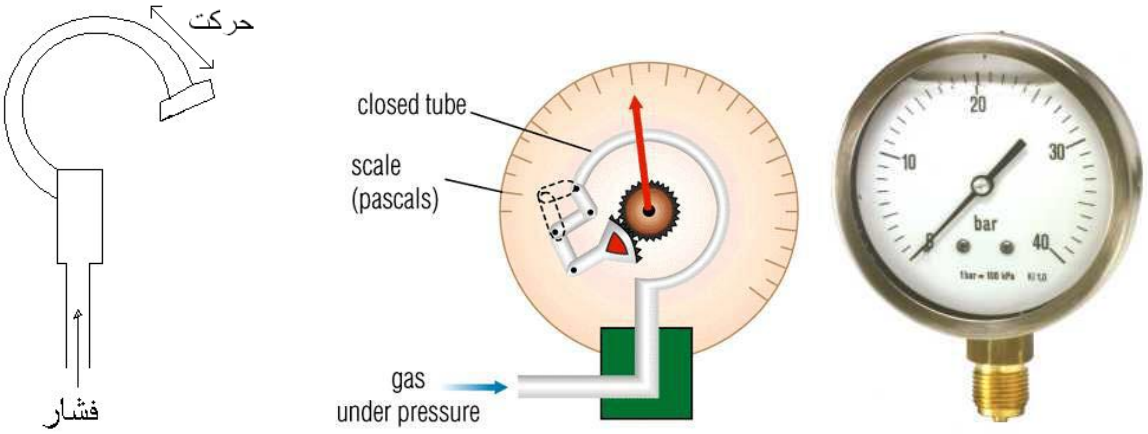
اندازه گیر لوله بردن:

این اندازه گیر در سال 1852 میلادی توسط بردن اختراع شد،اساس کار این اندازه گیر در شکل زیر آمده است



لوله بوردن جهت اندازه گیری فشار

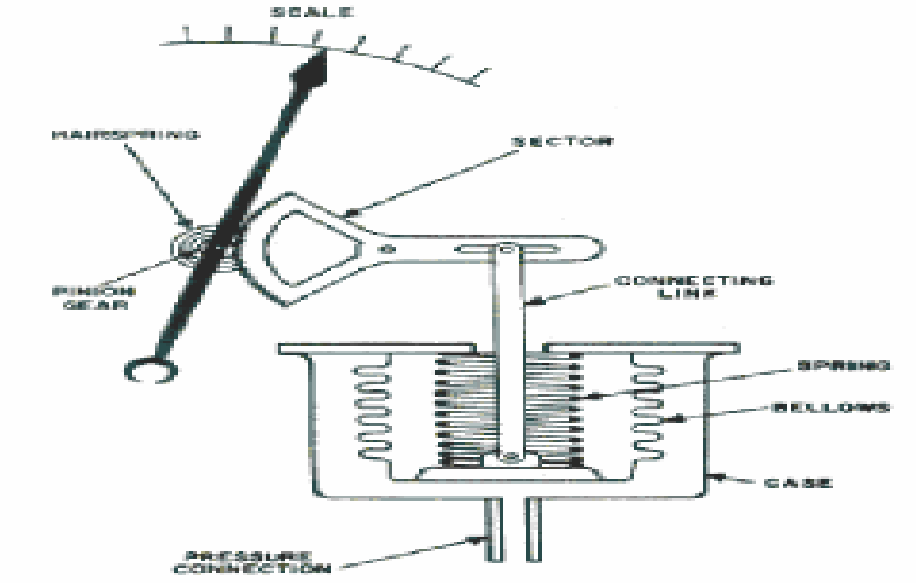
لوله بردن یک لوله مسدود به شکل دسته عصا می باشد. وقتی به آن فشار اعمال می شود تمایل به راست شدن پیدا می کند ،دراین حالت، اندازه تغییر وضعیت لوله متناسب با فشار لوله قابل اندازه گیری است.حوزه اندازه گیری لوله بردن بیشتر از دیافراگم و کپسول می باشد و معمولاً برای اندازه گیری فشار های بالا مورد استفاده قرار می گیرد.

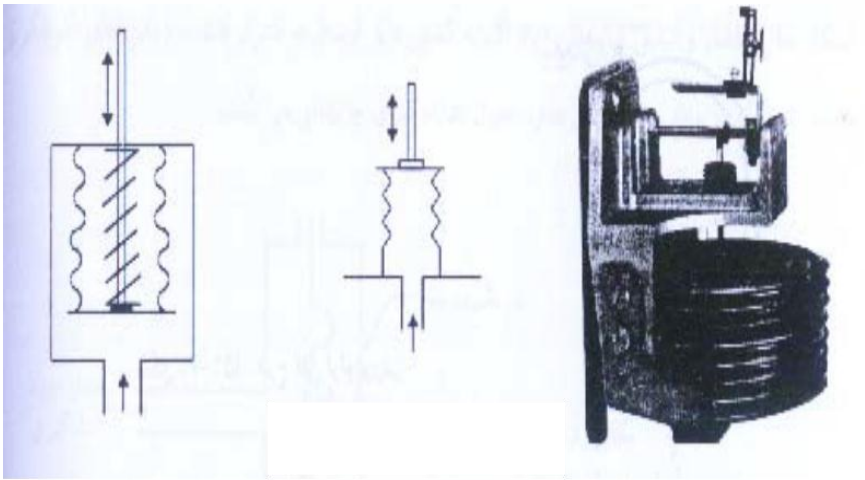
اندازه گیر دم یا بلوز:

دم یا بلوز ساختمانی شبیه به آکاردیون دارد. ساختمان آکاردیونی بلوز موجب انبساط آن در اثر اعمال فشار می شود و اندازه جابجایی متناسب با فشار اندازه گیری شده است. رابطه فشار با باز و بسته شدن بلوز شبیه رابطه ای است که در یک فنر وجود دارد و آن را می توان به صورت زیر نوشت:

$$x = k \times p \times a \rightarrow p = \frac{x}{k \times a}$$

در این رابطه P فشار مورد اندازه گیری و A سطح بلوز ، K را ضریب فنری یا ضریب بلوز گویند، معمولاً حوزه جابجایی دم حدود 5 الی 10 درصد طول کل آن می باشد.





اندازه گیر دم (بیلوز)

آلیاژ هایی که برای ساخت بلوز مورد استفاده قرار می گیرد ،همان آلیاژ هایی هستند که برای ساخت دیافراگم های فلزی و کپسول ها مورد استفاده قرار می گیرد. بلوز بیشترین کاربرد را در ترانسمیتر دارد ظرفیت اندازه گیری آنها معمولا از صفر تا 15 psi می باشد.

ویژگیها:

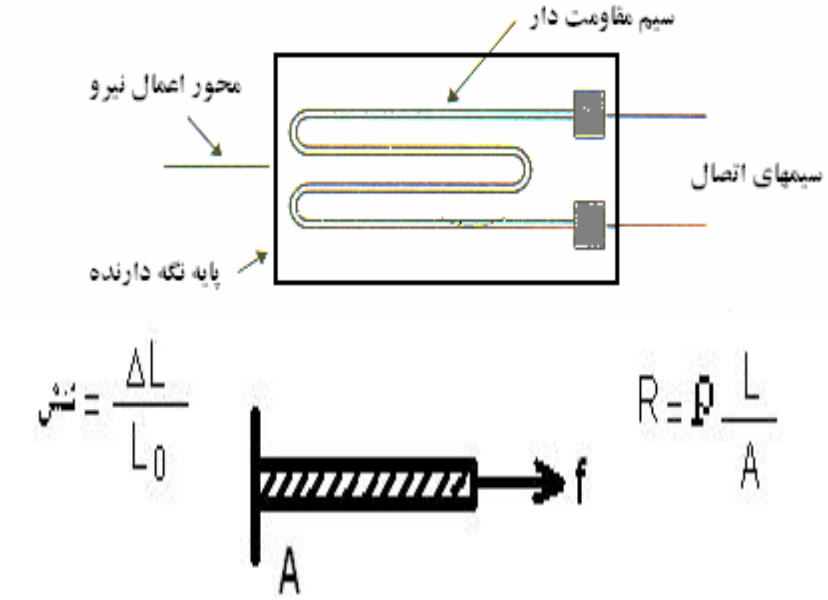
اندازه گیری های دیافراگمی ،کپسول، لوله بردن و دم، چهار نمونه اصلی اندازه گیر های ارتجاعی فشار می باشند و مزیت عمده آنها، سادگی ،استحکام و دوام آنها می باشد. نکته مهم در این اندازه گیرها ،کیفیت آلیاژی است که در ساخت آن مورد توجه قرار می گیرد و معمولاً سازنده های انگشت شماری تجربه و مهارت کافی برای ساخت آن را دارند و مشخصات این آلیاژ جزء اسرار این کمپانی ها می باشد.
اندازه گیر های فوق ، به صورت گسترده در صنایع تفت و گاز ، کشتی ها ،هواپیما ها وسایر صنایع کاربرد دارند.

اندازه گیر های الکتریکی فشار:

در اندازه گیری های مانومتری و ارتجاعی معمولاً بایستی فشار اندازه گیری شده به کمیتی الکتریکی تبدیل شود. این عمل استفاده از قطعات و ابزار اضافی و افزایش هزینه را به دنبال دارد و همچنین احتمال وارد شدن نویز و ایجاد خطا می شود. اندازه گیر های الکتریکی فشار علاوه بر مزایای خاص اندازه گیری الکتریکی ، فشار را مستقیماً به کمیتی الکتریکی تبدیل می کنند و از این نظر صرفه جویی قابل ملاحظه ای در هزینه می شود و همچنین دقت اندازه گیری نیز افزایش می یابد.

استرین گیج (strain gage):

استرین گیج ها، معروف ترین اندازه گیر های الکتریکی فشار می باشند و اساسا برای اندازه گیری فشار بالا مورد استفاده قرار می گیرند. استرین گیج در اصل اندازه گیر استرین یا تنش می باشد.استرین یا تنش به عبارتی به معنی تغییر شکل اجسام در اثر نیروی اعمالی به آنها می باشند. هر گاه به جسمی نیرو وارد شود ،جسم در جهت نیرو تغییر شکل می دهد نسبت این تغییر طول به طول اولیه را تنش می گویند.



هر گاه طول جسم افزایش یا مقطع آن کاهش یابد ، مقاومت الکتریکی جسم افزایش می یابد.در استرین گیج ها برای اینکه نشان دهیم در اثر تغییر طول چه تغییر مقاومتی در آن حاصل می شود،ضریبی به نام فاکتور گیج تعریف می شود:

$$G_f = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta L}{L}}$$

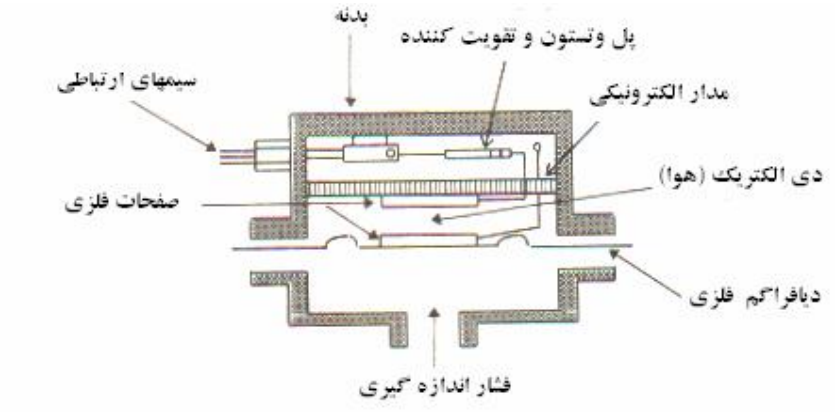
نام فاکتور گیج در استرین گیج های صنعتی حدود2 می باشد به این معنی که اگر طول جسم به اندازه ی 1%تغییر کند ،مقاومت آن به اندازه2% تغییر خواهد کرد

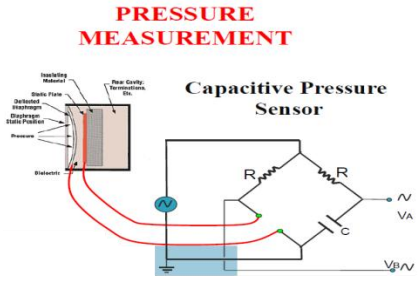
استرین گیج ها را معمولاً از سیم هایی با آلیاژ مس و نیکل می سازند. برای تغییرات مقاومت الکتریکی به سیگنال الکتریکی ،معمولاً از اشکال متفاوت مدار پل وتستون استفاده می کنند.معمولاً پل به گونه ای تنظیم می گردد که در حالت بدون فشارمتعادل باشد .مقاومت استرین گیج ها از 10 اهم تا چند هزار اهم می باشند. یکی از کاربرد های مهم استرین گیج ها اندازه گیری نیروی وزن می باشد. استرین گیج هایی که برای اندازه گیری وزن استفاده می شوند ،در صنعت به نام سلول های اندازه گیری بار یا *Loadcell* معروفند.

اندازه گیرهای ظرفیتی(خازنی)فشار:

$$C = \frac{\varepsilon A}{x}$$

در اندازه گیری خازنی اغلب فشار مورد اندازه گیری به جابجایی و تغییر فاصله جوشن ها تبدیل می شود و تغییر فاصله جوشن ها منجر به تغییر ظرفیت خازنی می گردد .تغییر ظرفیت خازنی را نیز معمولاً توسط یک پل یا یک مدار اسیلاتور تبدیل به ولتاژ یا فرکانسی متناسب با فشار می کنند.



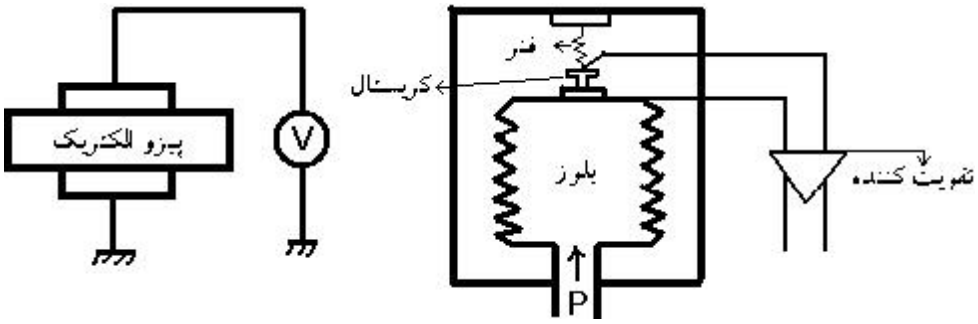


اندازه گیری پیزو الکتریکی فشار:

عناصر پیزو الکتریکی ، عناصری با قابلیت تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی می باشند، هر گاه یک عنصر پیزو الکتریکی مثل کوارتز تحت فشار قرار می گیرد ، میلی ولتمتر ولتاژی متناسب با فشار را نشان می دهد، از این خاصیت برای اندازه گیری فشار می توان استفاده نمود.

عملکرد اندازه گیری پیزو الکتریک:

فشار مورد اندازه گیری از طرف بلوز موجب اعمال تنش مکانیکی به عنصر پیزو الکتریک می شود و این تنش تولید ولتاژ متناسب می کند.



اندازه گیر فشاربا عناصر پیزوالکتریک

اندازه گیری فلو:

در بسیاری از پروسه های صنعتی مایل به اندازه گیری و کنترل فلو یا دبی می باشیم. صنایع نفت،گاز ،صنایع پترو شیمی ،شیمیایی ،غذایی مثال های معروف از این موارد هستند از طرف دیگر گاهی کنترل فلو به عنوان یکی کمیت اولیه منجر به کنترل کمیت دیگری به عنوان کمیت ثانویه می باشد. فلو یا دبی به صورت حجمی یا جرمی در نظر گرفته می شود

دبی حجمی : مقدار حجم سیال است که در واحد زمان از یک مقطع لوله عبور می کند.

دبی جرمی : مقدار جرمی است که در واحد زمان از آن مقطع عبور می نماید.

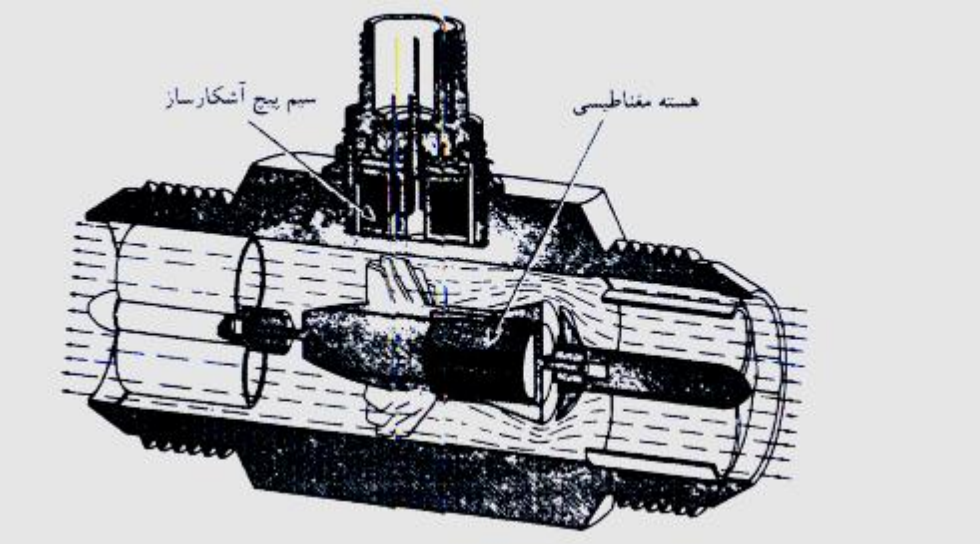
اگر سرعت سیال (V) جرم مخصوص آن (ρ) باشد، دبی حجمی و جرمی به سادگی از روابط زیر بدست می آیند.

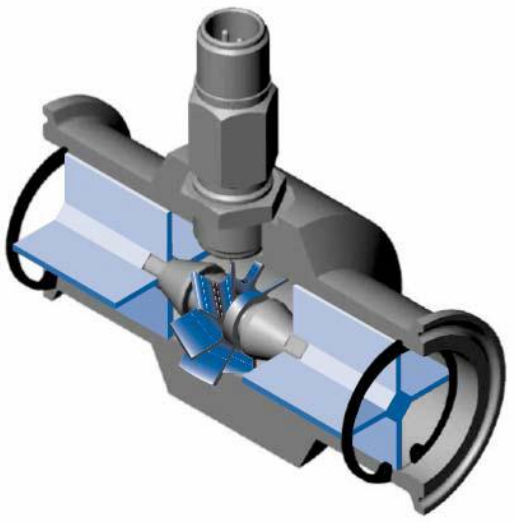
$$Q = V.A \quad \text{دبی حجمی} \qquad Q = \rho.V.A \quad \text{دبی جرمی} \leftarrow \text{مقطع لوله}$$

$$\text{سرعت سیال} \rightarrow \quad \leftarrow \text{جرم مخصوص}$$

در اغلب پروسه ها ρ وA معلوم هستند بنا بر این اندازه گیری فلو حجمی یا جرمی مترادف با سرعت سیال می باشد، چرا که با اندازه گیری سرعت و داشتن ρو A می توان با استفاده از روابط فوق دبی مربوطه را بدست آورد، بنابراین اکثر فلومتر ها در واقع نوعی اندازه گیری سرعت سیال می باشد.

فلو متر توربینی(Turbin flowmeter) :





فلومتر توربینی

مطابق شکل یک توربین در مسیر سیال درحال حرکت قرار گرفته است، طرف دیگر توربین متصل به یک هسته مغناطیسی است، در مقابل هسته و در پوسته خارجی فلو متر ،سیم پیچ آشکار ساز قرار دارد. عبور هسته مغناطیسی از مقابل سیم پیچ موجب القاء نیرو محرکه در آن می شود ، هر چه سرعت سیال بیشتر باشد ، چرخش توربین و در نتیجه سرعت چرخش هسته مغناطیسی بیشتر می شود، و نیروی محرکه بزرگتری در سیم پیچ القا می گردد .

در طرح های جدید هسته و سیم پیچ آشکارساز را بگونه ای می سازند که سرعت سیال تبدیل به فرکانس پالس می شود و با شمارش پالس ها و میانگین گیری توسط مدارات مربوطه سرعت سیال و بدنبال آن فلو حجمی یا جرمی را بدست می آورند .رابطه زیر بین دبی ورودی و فرکانس خروجی وجود دارد.

$$K = \frac{m.\tan\alpha}{2\pi.A.R}$$

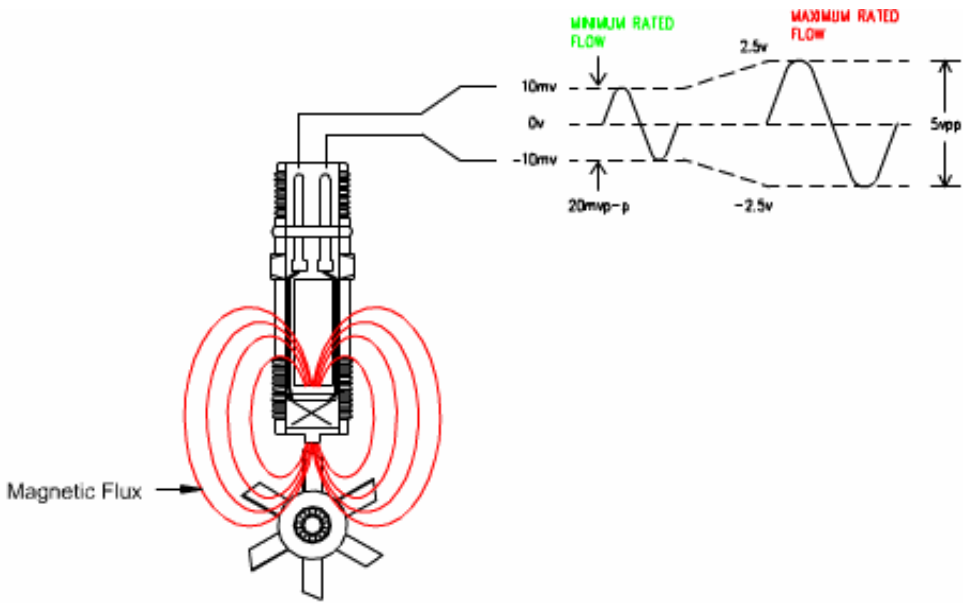
در رابطه فوق :

M : تعداد پره ها

α : زاویه بین فلوی عبوری وپره ها

R: شعاع لوله توربین

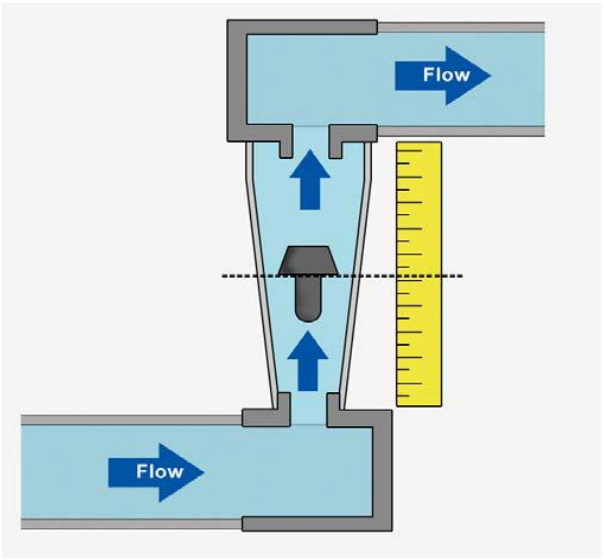
A : سطح پره ها ، سطح مقطع محور، سطح مقطع لوله



مدار الکترونیکی فلو متر توربینی

فلو متر با مقطع متغییر (rotameter):

این طرح از یک محفظه که مقطع آن از پایین به بالا بیشتر می شود تشکیل شده، هرچه مقدار جریان سیال بیشتر باشد شناور در قسمت بالاتری قرار می گیرد، بنابراین محل قرار گرفتن شناور و نشان دهنده متصل به آن متناسب با دبی مورد اندازه گیری است .از این روش برای اندازه گیری گاز ها می توان استفاده کرد. طرح زیر ساده بوده و قطعات و متعلقات کمتری دارد ، بعلاوه استهلاک آن نیز ناچیز است.



فلومتر با مقطع متغیر (روتامتر

اندازه گیری فلو از طریق فشار:

با اندازه گیری فلو از طریق فشار می توان اجزاء و قطعات متحرک را حذف نموده و دوام استحکام و اندازه گیری را بالا برد، بعلاوه چنین طراحی معمولا ساده و ارزان میباشد. یک سیال تحت فشار و در حرکت در یک لوله دارای 3 نوع انرژی است ،-1 انرژی پتانسیل-2 انرژی جنبشی-3 انرژی فشاری.

انرژی پتانسیل سیال نسبت به یک سطح مبنا سنجیده می شود و اگر لوله افقی باشد ثابت است.

انرژی جنبشی نا شی از حرکت و جریان سیال است، و متناسب با مجذور جریان می باشد.

انرژی فشار نیز ناشی از فشار سیال است و به صورت فشار در سیال ذخیره می شود.

قانون برنولی که در واقع اصل بقای انرژی در سیالات است، رابطه انرژی ها را به صورت زیر بیان می کند:**این که** (جمع انرژی جنبشی ،انرژی پتانسیل و انرژی فشار در یک سیال ثابت است)

بنابر این با ثابت بودن انرژی پتانسیل ،اگر انرژی جنبشی افزایش یابد انرژی فشاری کاهش خواهد یافت .به بیان دیگر اگر سرعت سیال (انرژی جنبشی) را افزایش دهیم، انرژی فشاری کاهش می یابد.روابطی که در اندازه گیری فلو از طریق فشار مورد استفاده قرار می گیرد:

$$V = K\sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}} \xrightarrow{\times A} Q = KA\sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}} \xrightarrow{\times \rho} M = KA\sqrt{\rho \cdot \Delta P}$$

دبی جرمی

اختلاف فشار

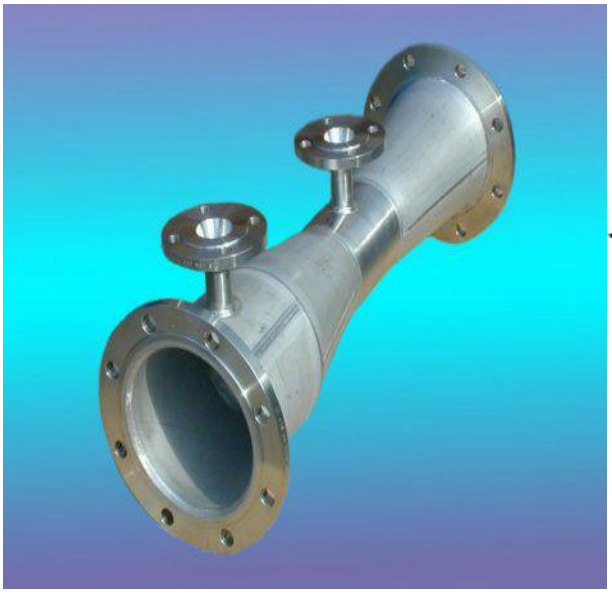
چگالی سیال

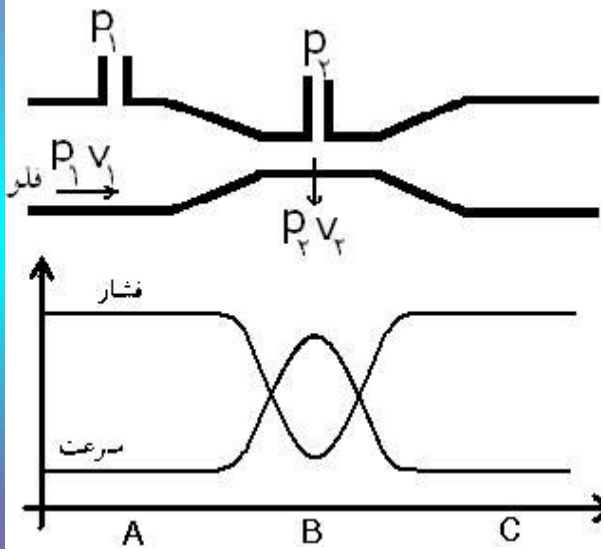
ضریب ثابت

سطح لوله ای که سیال از آن عبور میکند

Q : دبی حجمی

فلومتر لوله ونتوری (venture tube):





فلومتر لوله ونتوری

در این طرح در مسیر عبور سیال در داخل لوله یک مانع به صورت روزنه (orifice) ایجاد می کنند. فشار و سرعت سیال در قبل از روزنه ،عادی و به ترتیب برابرp1 ، v1 می باشند به محض رسیدن به روزنه مقطع عبور کوچک می شود و به ازای ثابت ماندن دبی سرعت می بایستی افزایش یابد و این امر طبق قانون برنولی منجر به افت فشار در مجاورت سمت راست روزنه می شود.

در نقطه ای مانند B سرعت سیال ماکزیمم و فشار آن مینیمم است. مطابق نمودار در فاصله دور تر از نقطه B در سمت راست روزنه (نقطه C) فشار و سرعت مجددا به حوالی سرعت عادی در سمت چپ می رسد.

با اندازه گیری P1 و p2 ومحاسبه $\Delta=P1- P\ 2$ می توان دبی سیال را تعیین نمود. تلفات انرژی در این روش کمتر است اما هزینه ی بالایی دارد. در این طرح صفحه کوچکی در مقابل جریان سیال قرار می گیرد، نیروی وارد شده بر صفحه از روابط زیر به دست می آید:

$$F= kA\rho V^{2} \quad \Longrightarrow \quad P= \frac{f}{A} \quad \Longrightarrow \quad P= k\rho V^{2}$$

V : سرعت سیال A: سطح صفحه

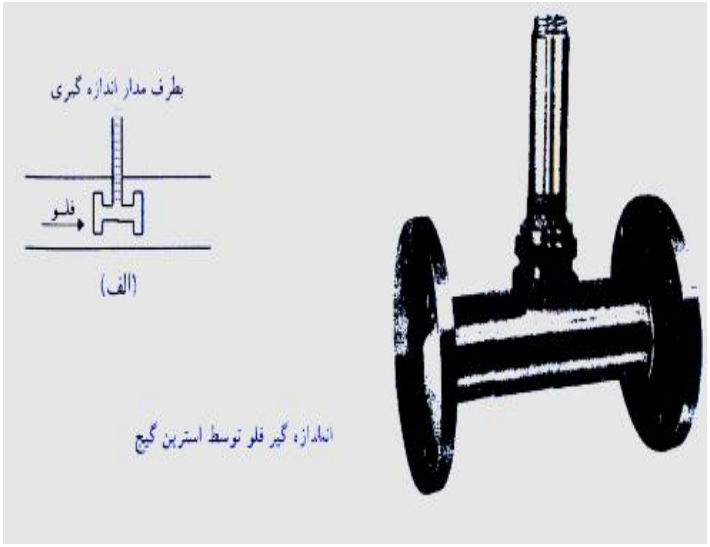
اندازه گیری فلو توسط استرین گیج

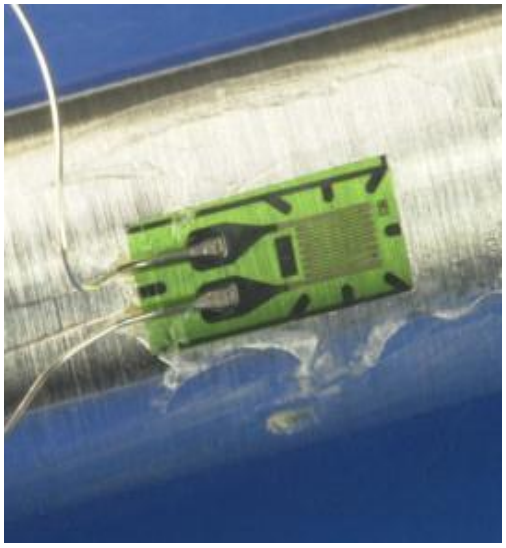
در این طرح صفحه کوچکی در مقابل جریان سیال قرار می گیرد،نیروی وارد شده بر صفحه از روابط زیر به دست می آید:

$$F = kA\rho V^2 \quad \Longrightarrow \quad P = \frac{f}{A} \quad \Longrightarrow \quad P = k\rho V^2$$

V : سرعت سیال A: سطح صفحه

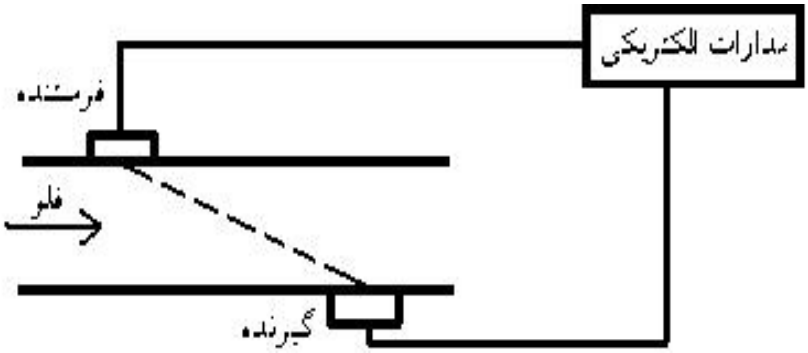
فشار وارد بر صفحه توسط استرین گیج ها اندازه گیری می شود، به این ترتیب می توان سرعت و سپس دبی را بدست آورد .این روش برای اندازه گیری فلوی سیال هایی با فشار بالا و با ذرات معلق مورد استفاده قرار گیرد.





اندازه گیری فلو توسط استرین گیج

اندازه گیری فلو از طریق آلتراسونیک:



اندازه گیری فلو از طریق آلتراسونیک

به امواج صوتی با فرکانس های بیشتر از 18 کیلو هرتز امواج آلتراسونیک گویند(فرکانس بالای شنوائی انسان) از امواج آلتراسونیک می توان جهت اندازه گیری کمیت های زیادی استفاده نمود.
در این طرح فرستنده موج در یک طرف و گیرنده آن در طرف دیگر قرار می گیرد، مدت زمان عبور امواج از لوله بستگی به سرعت سیال در لوله دارد، با اندازه گیری فاصله زمانی بین ارسال موج توسط فرستنده و دریافت آن توسط گیرنده می توان سرعت سیال و در نتیجه میزان فلو را بدست آورد.
مزیت عمده این گونه اندازه گیری ها این است که هیچ گونه اثری بر روی کمیت مورد اندازه گیری ندارد و بعلاوه از سرعت و دقت بالایی برخوردار است، البته این مزیت، در مقابل، پیچیدگی وهزینه بالایی دارد.

اندازه گیری سطح مایعات:

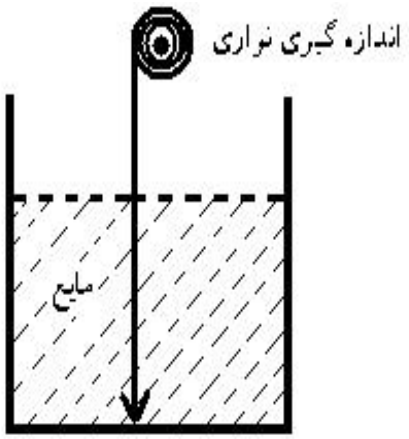
در اکثر عملیات صنعتی اطلاع از وضعیت سطح مایعات درون مخازن ضروری است، در عمل این خواسته به طور مستقیم امکان پذیر نبود زیرا پوشش مخازن فلزی بوده و وضع داخلی آنها از بیرون قابل رویت نیست. در صنعت روش های مختلفی برای اندازه گیری سطح مایعات مخازن وجود دارد که با آنها آشنا می شویم.

- جلوگیری از سر ریز شدن مواد از مخزن که باعث ایجاد خسارت به محیط می شود.
- جهت کنترل صحیح پروسه چون میزان سطح مخزن باعث کم و زیاد شدن فشار شده وسیستم را بسمت ناپایداری سوق می دهد.

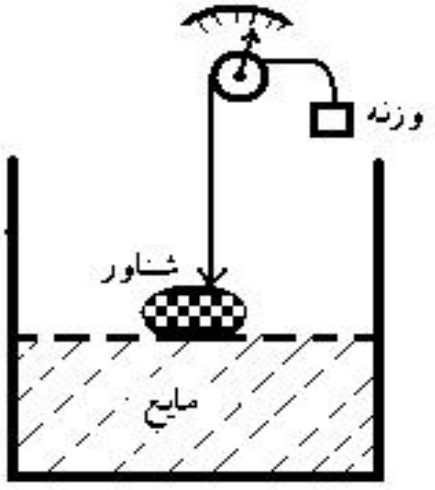
- کم شدن بیش از حد لول (Level) باعث اخلال در سیستمهای کنترلی (پمپ ها و....) می شود.
- خالی شدن مایعات در لوله ها ، باعث صدمه زیاد به سیستم(هیتر ها) می شود.

بعضی از روشهای ساده اندازه گیری سطح:

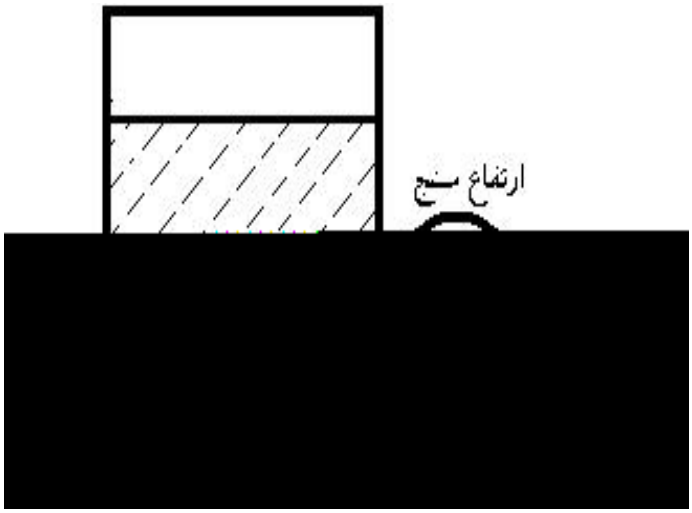
- **با استفاده از عمق سنج ها که به صورت متری و سانتی متری مندرج شده اند:**



با استفاده از شناور ها یا فلوتر ها:

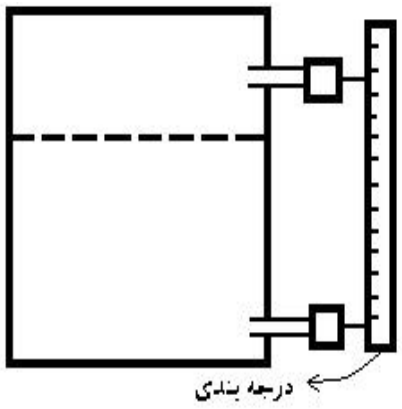


با استفاده از فشار سنج ارتفاع مایعات:



با استفاده از خاصیت دیافرگمی:

اندازه گیری با استفاده از سطح سنج شیشه ای:

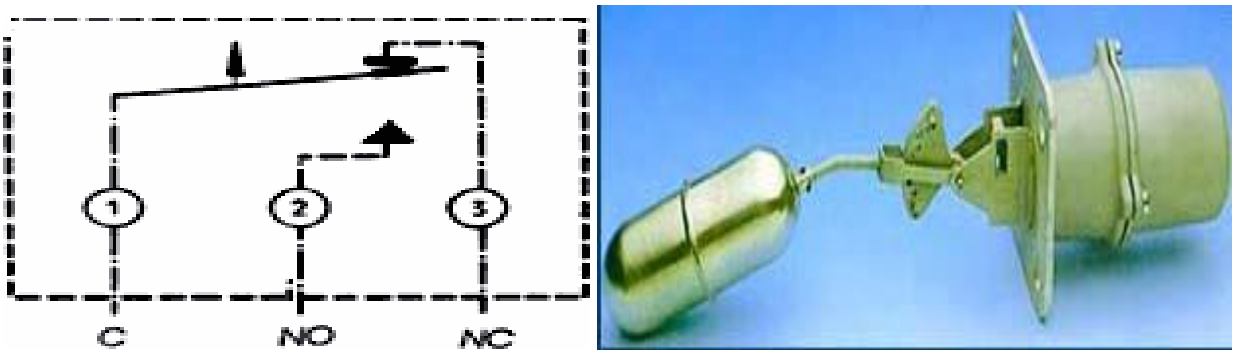


لول سوئیچ:

در مواقعی که ارسال پیوسته اطلاعات برای اپراتورالزامی نباشد یا اینکه جهت اطمینان بیشترازلول ترا-نسمیتر نصب شده در محل از لول سوئیچ استفاده می شود. درلول سوئیچ ها تغییر سطح مایع موجب حرکت فلوتر میشود حرکت فلوتر باعث عمل نمودن لیمیت سوئیچ شده و فرمانهای مورد نیاز به مدار الکتریکی جهت کنترل آلارمها و دستگاههایی نظیر سلونوئید ها و الکتروموتورها ارسال می گردد.

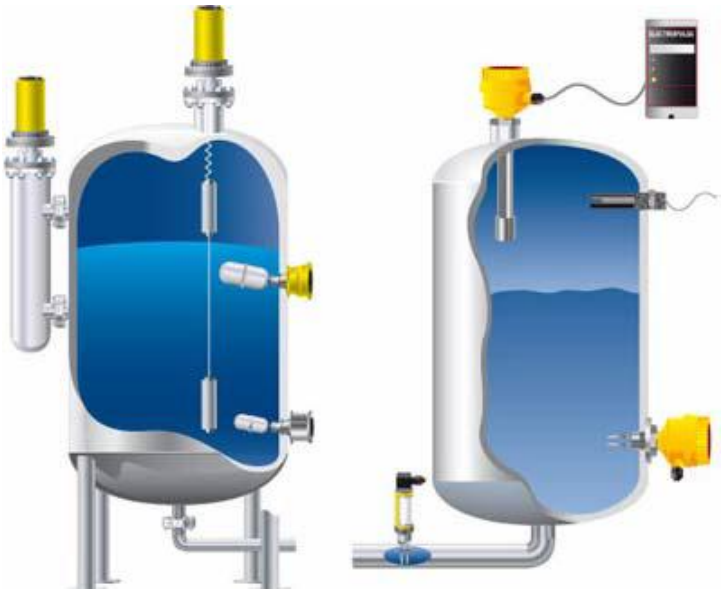
لیمیت سوئیچ های تعبیه شده دارای دو کنتاکت (اتصال) یکی باز(NO) ودیگری بسته (NC) می باشد که براساس نوع کاربرد، آنها را می بندند.یکی از حالتها که در صنعت کاربرد زیادی دارد این است که سوئیچ پائینی که اصطلاحا LSL(level swich low) می نامند راNO و بقیه راNC می بندند چون در صورتی که لول کمتر ازLSL شود آلارم وفرمان مورد نظر ارسال و اگر لول بالا تر از حد سوئیچهای بالایی شد نیزآلارم وفرمان ارسال گردد، معمولا بستگی به حساسیت سیستم تعدادی سوئیچ بر روی مخزن استفاده می شود .

نمونه ای از این اندازه گیرها درشکل زیر نشان داده شده است.



سوئیچ لول از نوع شناوری ونوع اتصال آن

محل نصب روی مخزن در شکل زیر نشان داده شده است.



محل نصب اندازه گیر لول وسوئیچ از نوع شناوری

محاسن :

1- بدلیل عدم ارتباط مکانیکی و الکتریکی بین قطعات داخل و خارج آن، این دستگاه با امنیت بیشتری قابل نصب است.

2- با جابجایی پین های تعبیه شده میدان بازی شناور را می توان کنترل نمود.

3- نوسانات و موجهای لحظه ای مایع باعث قطع و وصل مدار نمی شود.

4- عمر مفید دستگاه بالا است.

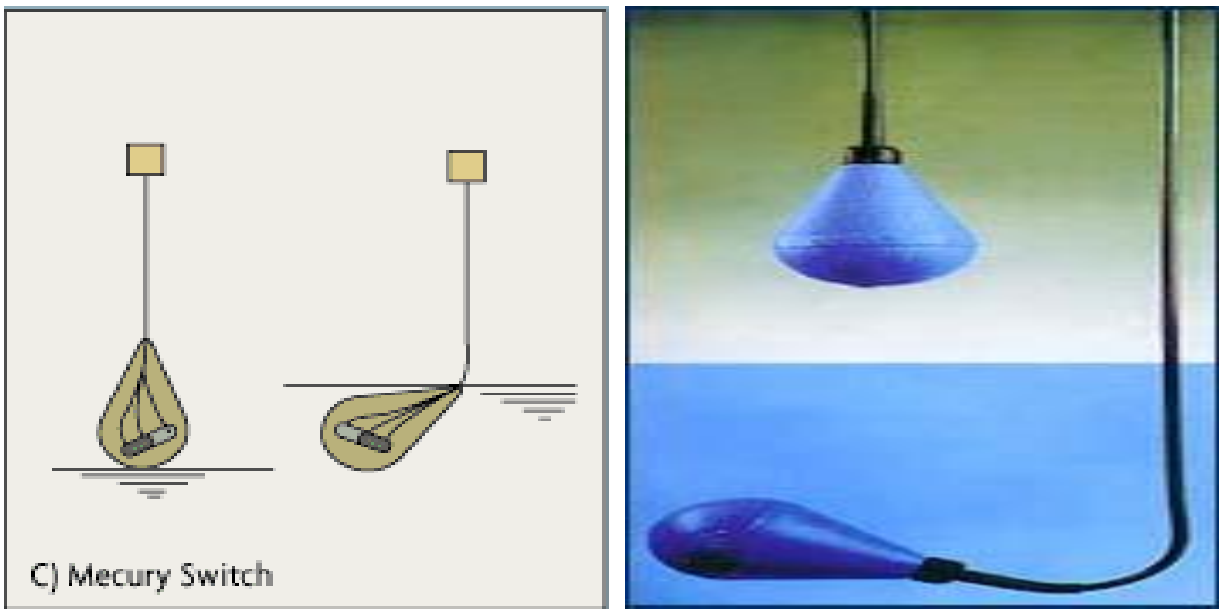
5- دستگاه در مقابل نفوذ سیال کاملا آب بندی شده است.

معایب :

1- معمولا برای سیستمهای کم فشار استفاده میشود

2- اطلاعات را بطور مدا وم ارسال نمی کند

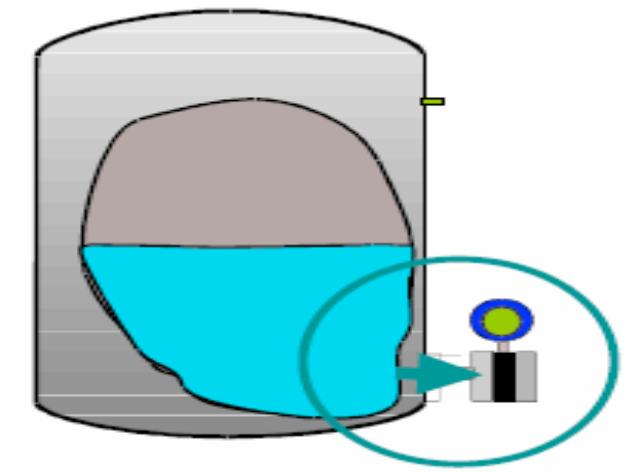
نوع دیگری از لول سوئیچ ها (Mercury switch) تشکیل شده است از دوشناور از جنس پروپیلن وکابل مربوطه از جنس PVC مخصوص می باشد که داخل آن ساچمه فلزی ویک عدد لیمیت سوئیچ تعبیه شده است با تغییرسطح مایع، فلوتر تغییر وضعیت همانطور که در شکل زیر نشان داده شده، هر تغییر وضعیت باعث تغییر در کنتاکت ها می گردد که میتواند فرمانهایی را جهت OFF وON شدن پمپها یاتغییر حالت سلونوئید ولوها گردد.



سوئیچ لول از نوع Mercury switch

اندازه گیر لول با استفاده از دیا فراگم (Diaphragm):

روش دیگری که میتوان در مواقعی مخزن تحت فشار است ، لول را اندازه گیری نمود دیافراگم است. معمولا در جائیکه پائین ترین نقطه مخزن تعریف شده باشد ترانسمیتر را قرار داده همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است .هرچه لول مخزن بالاتر میرود فشار وارد بر دیافراگم بیشتر شده وترانسمیتر لول بیشتری را نشان می دهد.



اندازه گیر لول با استفاده از دیافراگم

جهت در سرویس قرار دادن ترانسمیتر ها باید محدوده اندازه گیری به آن داده شود تا بتواند درصد بندی نماید.

محاسن :

- بطور دائمی اطلاعا ت به اتاق کنترل ارسال میکند
- برای مخازن سر بسته نیز استفاده میشود
- برای اندازه گیری لول مخزن تحت فشار نیز استفاده میشود
- دقت اندازه گیری بالایی دارد

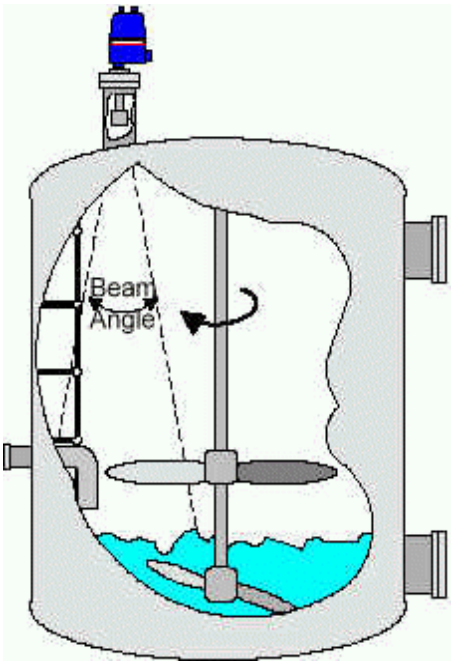
معایب:

- در صورتی که مواد خاصیت خورندگی داشته باشد ممکن است دیافراگم خراب شود (محدودیت دارد برای اندازه گیری مداوم مایع)
- جهت در سرویس قرار دادن باید مینیمم و ماکزیمم فشار بر حسب لول به آن داده شود.
- دمای بالای مواد داخل مخزن، دیافراگم را خراب می کند.

اندازه گیری سطح بروش آلتراسونیک (Sonic&Ultrasonic)

درصورتیکه امکان تماس با ماده مورد اندازه گیری وجود نداشته باشد یا سطح مورد اندازه گیری قابل دسترسی نبا شد از این روش استفاده می شود. اساس کار روش آلتراسونیک استفاده از موجهای صوتی فرکانس بالا می باشد . این موجها با استفاده از اعمال یک سیگنال AC به یک کریستال پیزوالکتریک حاصل می شوند .در

کاربردهای صنعتی معمولا از فرکانس (20~40khz) کیلوهرتز استفاده می شود(فرکانس های بالاتر آلتراسونیک، معمولاً در کاربردهای دارویی استفاده می شود.همچنین برای سیالات با ویسکوزیته بالا مثل مازوت از فرکانس 10 KHZ استفاده می شود) اساس اندازه گیری سطح بروش آلتراسونیک پیوسته ، در شکل زیر تشریح شده است.



اندازه گیری سطح بروش آلتراسونیک

سیستم را در طوری نصب می کنند که بطرف پائین متمرکز باشد. یک پالس برای شروع اندازه گیری به سیستم اعمال می شود. وقتیکه سیگنال آلتراسونیک فرستاده شد سیستم یک پالس در خروجی می دهد سپس بعد از دریافت سیگنال برگشتی یک پالس دیگر از خروجی سیستم داده می شود. با استفاده از یک شمارنده خارجی بایستی زمان بین پالس ارسال شده وپالس دریافت شده را اندازه گیری نمود با استفاده از رابطه زیر می توان فا صله را اندازه گیری نمود.

$$d = (v.t) / 2$$

d : فاصله تا سطح مایع

v : سرعت صوت

t : زمان رفت و برگشت

مزایا:

1-دسترسی و نصب آن آسان
2-احتیاج به ایزولاسیون سیستم در مقابل تاثیر مواد نیست

معایب:

1- هزینه بالا
2- مدار الکترونیکی پیچیده