ابزار دقیق

فصل دوم

بخش سوم

روشهای اندازه گیری

نیرو و فشار

ترانسدیوسرهای نیرو

اگر نیرویی به اندازه F به یک جسم با جرم M وارد شود در جسم شتابی به اندازه a ایجاد می شود.($F = M.a$)

بنابراین اگر شتاب جسم اندازه گیری شود می توان با توجه به معلوم بودن جرم، به مقدار نیرو پی برد. روش دیگر اندازه گیری نیرو، مقایسه آن با نیروی جاذبه زمین است که در ترازوها کاربرد دارد.

در کل به دو روش مکانیکی و الکتر یکی می توان نیرو را اندازه گیری نمود. در ادامه به بررسی برخی از این روشها پرداخته می شود.

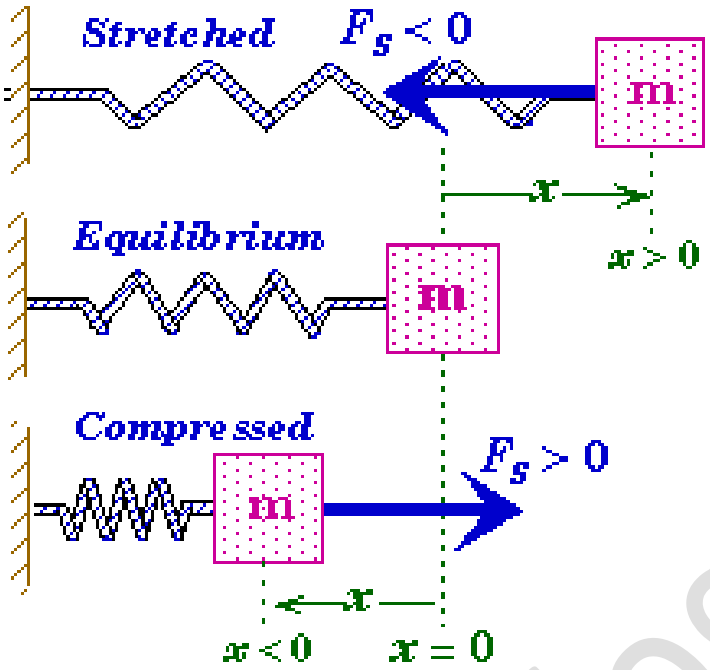
- **استفاده از خاصیت کشسانی اجسام**

یکی از متداولترین روش های اندازه گیری نیرو، اعمال آن به یک جسم الاستیکی و اندازه گیری مقدار تغییر مکان و یا بعبارتی تغییر فرم آن است.

ساده ترین آن استفاده از فنر است. اگر تغییرات طول فنر بر حسب اندازه نیرو درجه بندی شود می توان مقدار نیرو را سنجید.

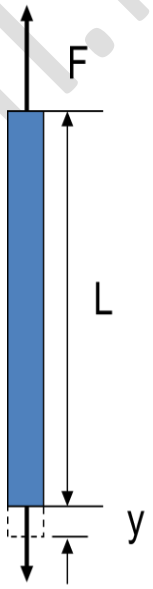
این روش در عمل برای اندازه گیری نیرو و جرم در ترازوهای فنری مورد استفاده قرار می گیرد.

miryoosefi.blogfa.com



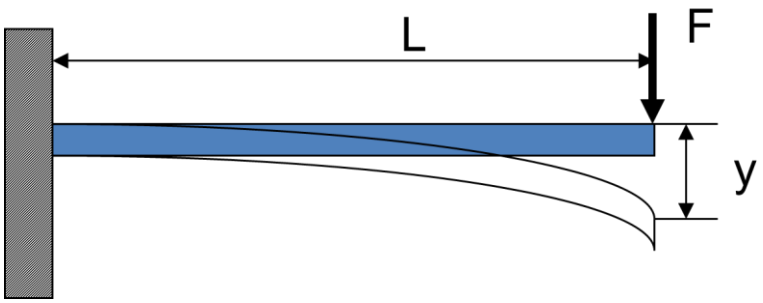
$$F_s = -k\,x$$

در نوع دیگر می توان از خاصیت کشسانی یک میله یا تیر که معمولا در یک سر ثابت شده است استفاده کرد.



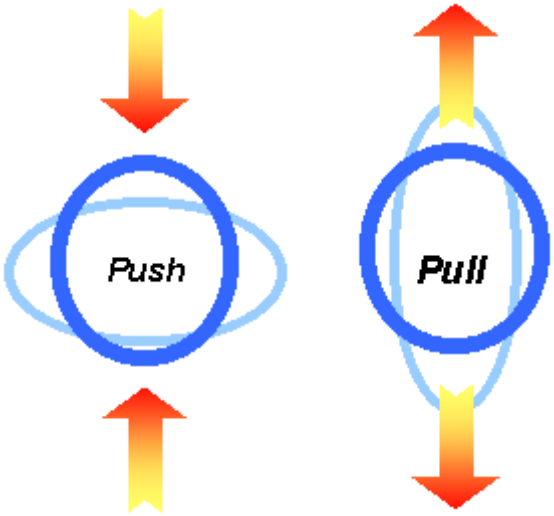
$$F = \frac{AE}{L}y$$

miryoosefi.blogfa.com

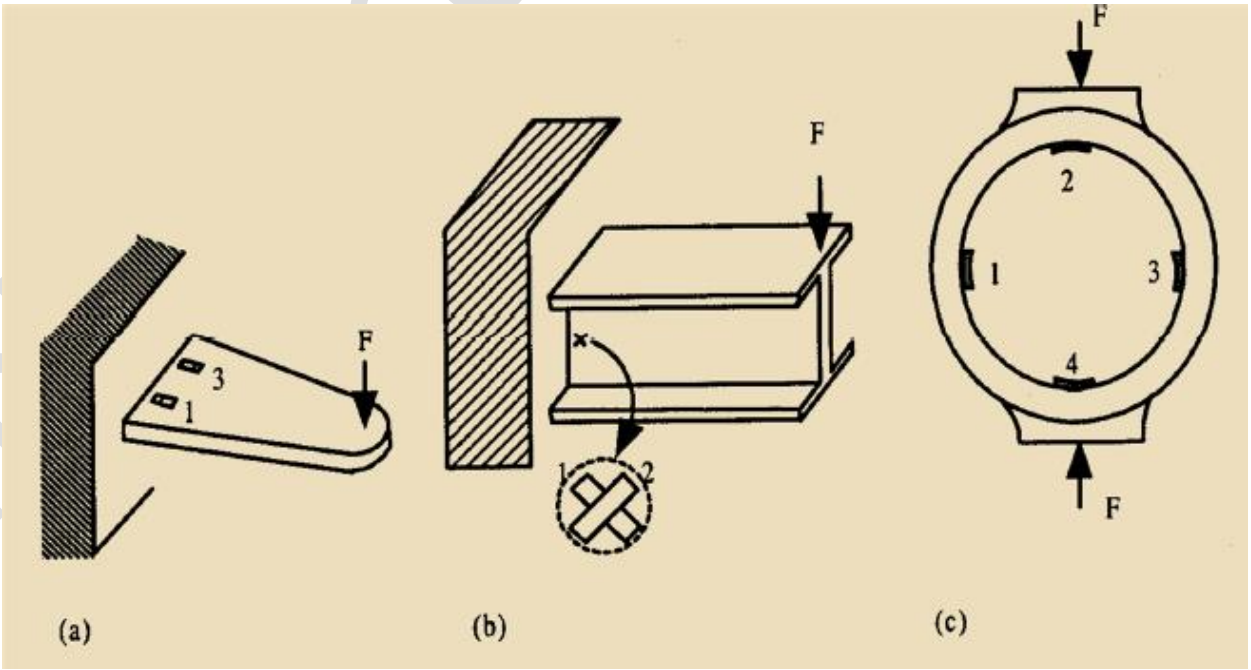


$$F = \frac{3EI}{L^3} y$$

در یک نوع دیگر از حلقه کشسان استفاده می شود.



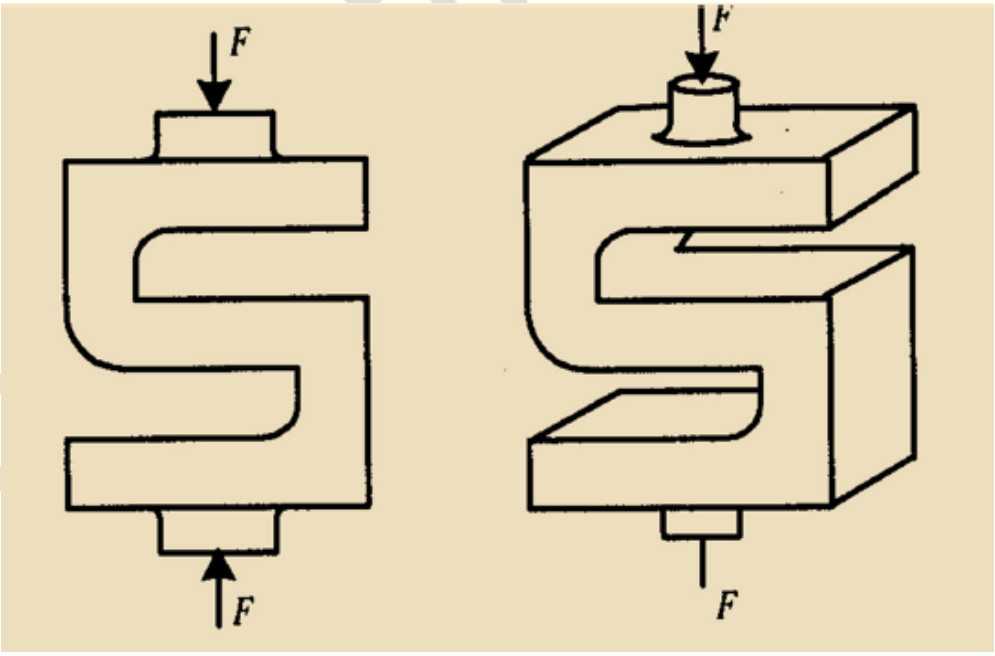
$$F = \frac{Ebt^3}{9.42r^3} y$$

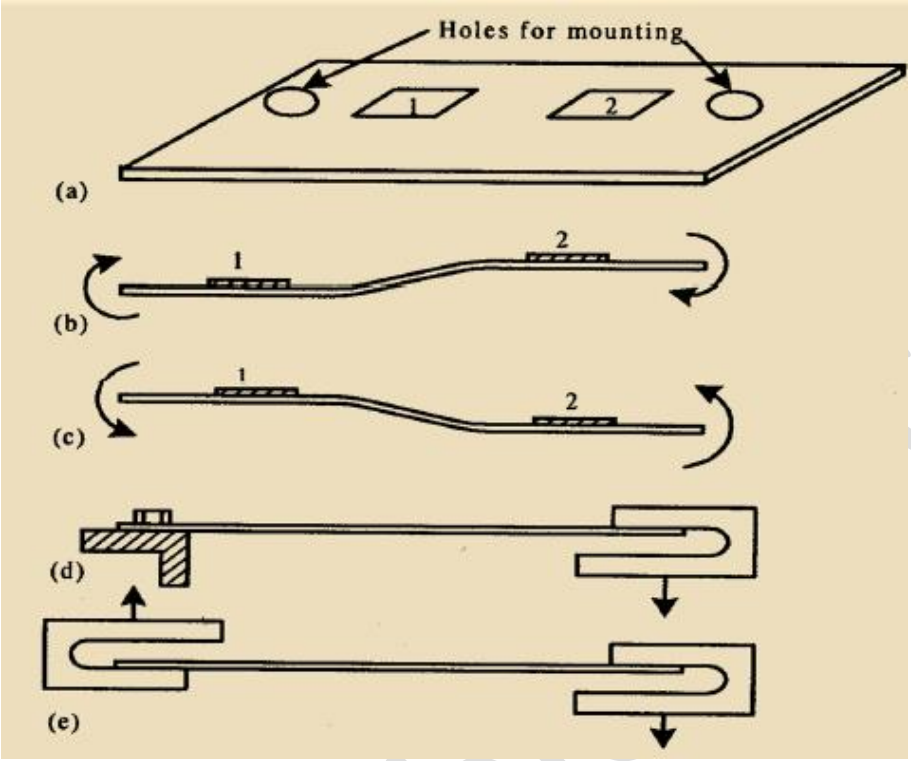


mihanmech.blogfa.com

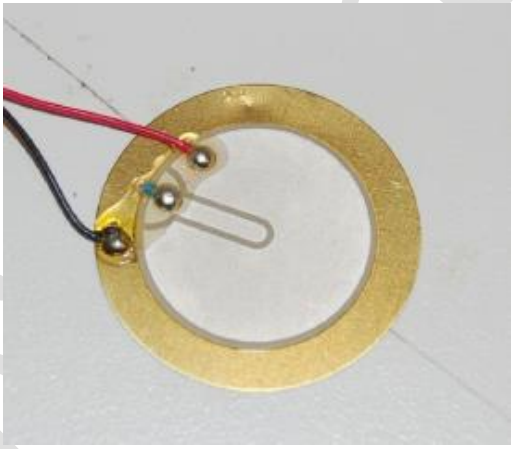
نکته مهم در استفاده از این نیرو سنجها رسیدن به یک رفتار خطی است. در این نوع نیرو سنجها باید طراحی بگونه ای باشد که به نیروهایی بغیر از نیرویی که قرار است اندازه گیری شود حساس نباشد.

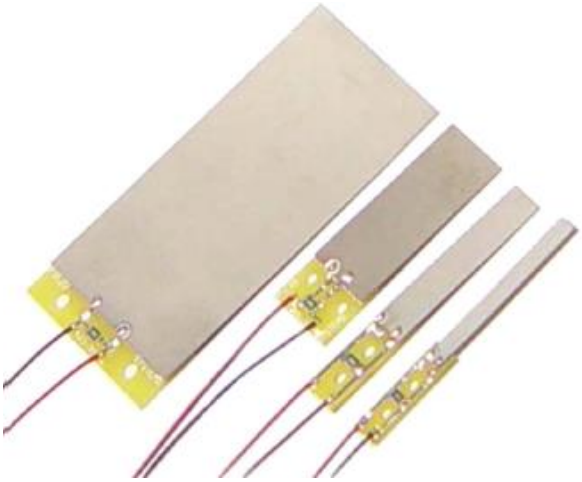
از معایب این مبدل ها تغییر فرم آنها در اثر اعمال بار بصورت مداوم و طولانی مدت است و باعث بوجود آمدن خطا در آن می شود. برای جلوگیری از بروز اینگونه خطاها باید این مبدلها از جنس مناسبی ساخته شود و در فواصل معینی کالیبره شوند. تغییر فرم در اینگونه مبدلها می تواند توسط یک کرنش سنج و یا توسط یک LVDT به سیگنال الکتریکی تبدیل شود. اگر از کرنش سنج استفاده شود معمولا تا 3×10^6 نیوتن وبا دقت اندازه گیری تا $\pm 0.05\%$ می تواند بکار گرفته شود و در صورت استفاده از LVDT معمولا تا 25×10^3 نیوتن و با دقت اندازه گیری$\pm 0.2\%$ خواهد بود. البته مزیت استفاده از LVDT می تواند طول عمر زیاد و سادگی نگهداری از آنها باشد. در شکلهای زیر برخی از این نوع مبدلها نمایش داده شده اند.





البته یکی دیگر از این نوع سنسورها، سنسورهای پیزوالکتریک هستند که به دلیل اینکه خروجی الکتریکی دارند، رفتار دینامیکی خوبی از خود نشان می دهند.





مبدل هایی که نیرو را به فشار تبدیل می کنند به نام لودسل (Load cell) معروف هستند. سنسور وزن یا لودسل با استفاده از استرین گیج، وزن و نیرو را به سیگنال الکتریکی تبدیل می کند.

حسگرهای فشار

سنسورهای فشار از جمله پرکاربردترین سنسورهای مورد استفاده در صنعت می باشند. در پروسه های صنعتی نه تنها اندازه گیری فشار مطرح است بلکه می توان باتبدیل کمیتهای دیگر مانند دما، نیرو و .... به فشار آنها را اندازه گیری کرد. قبل از بررسی این سنسورها، به چند تعریف مهم در رابطه اشاره می شود.

فشار: عبارتست از نیرو بر واحد سطح که توسط یک سیال بر سطح یک ظرف اعمال می شود.

فشار مطلق: مبدا اندازه گیری فشار مطلق، خلاء می باشد. در صورتیکه فشار برحسب Psi باشد، فشار مطلق را با PSI-A یا Psia نشان می دهند.

فشار اتمسفر (جو): فشاری که هوای اطراف زمین بر آن وارد می کند. فشار اتمسفر در سطح دریا تقریبا ۱۴.۷ پوند بر اینچ مربع و یا 750 mmHg و یا $1.013 \times 10^5 \ \frac{N}{m^2} \ (Pa)$ می باشد.

فشار نسبی: فشاری که برحسب فشار اتمسفر سنجیده می شود. در واقع فشار نسبی برابر با اختلاف بین فشار مطلق و فشار اتمسفر می باشد. در صورتیکه فشار برحسب Psi باشد، فشار نسبی را با PSI-G یا Psig نشان می دهند.

تعدادی از واحدهای فشار عبارتند از: پاسکال (Pascal)، بار (Bar)، متر جیوه (mHg) که معمولا برحسب میلیمترجیوه ذکر می شود، کیلوگرم نیرو بر سانتیمتر مربع ($Kg\ F/cm^2$) و پوند بر اینچ مربع (PSI) .

miryoosefi.blogfa.com

هر Bar برابر 100 kPa می باشد .

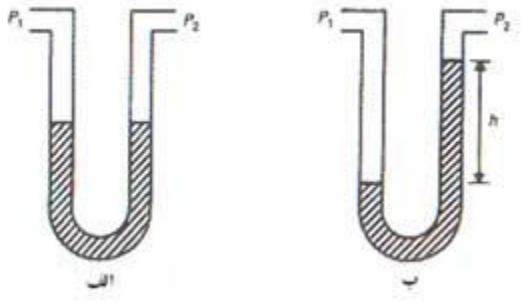
واحد دیگری به نام Torr نیز برای فشار استفاده می شود(به جهت قدردانی از توریچلی، فیزیکدان ایتالیایی) که با مقدار mmHg (میلیمتر جیوه) یکسان است.

انواع فشارسنج

- **فشارسنج مانومتری**

این فشار سنج اساساً از یک لوله خالی از هوا درست شده است که یک طرف آن مسدود و طرف دیگر آن که باز است در ظرف پر از جیوه فرو برده شده است. فشار هوای بیرون، جیوه را از منبع به سمت داخل لوله می راند. جیوه تا حدی که وزن آن در داخل لوله، دقیقاً معادل نیروی ناشی از فشار هوا گردد در لوله فشار سنج بالا می رود و سپس در حالت تبادل و سکون باقی می ماند. با تغییر فشار هوا، سطح جیوه در داخل لوله نیز بالا و پایین خواهد رفت.

جیوه در داخل لوله فشارسنج به دلیل خاصیت کشش سطحی دارای یک سطح محدب است که هنگام تعیین فشار، باید بالاترین سطح محدب قرائت شود. (درصورت استفاده از یک مایع چسبنده مانند آب، سطح آن بصورت مقعر می باشد)

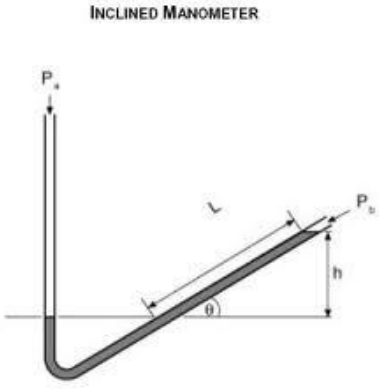


$$\Delta P = P_2 - P_1 = \rho g h$$

miryoosefi.blogfa.com

در رابطه فوق ρ چگالی مایع مانومتر، g شتاب جاذبه زمین و h ارتفاع مایع در شاخه نشان دهنده است.

مانو مترها می توانند بصورت تک شاخه ای، دو شاخه ای و مورب ساخته شوند. مانومتر مورب برای دستیابی به حد تفکیک بالاتر در تغییرات فشار کم مورد استفاده قرار می گیرد.



در صورت ترکیب مانومترها و LVDT می توان مقدار تغییر سطح مایع را به سیگنال الکتریکی تبدیل کرد.

از مشخصه های مطلوب سیال مانومتر عبارتند از، داشتن ویسکوزیته پایین و درنتیجه تطابق پذیری سریع با تغییر فشار و غیرخورنده بودن آن و نداشتن هیچگونه واکنش شیمیایی با سیالی که فشار آن مورد نظر است، می باشد. ضمنا اثر مویینگی و کشش سطحی ناچیزی داشته باشد.

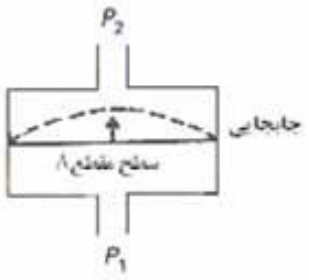
- **فشار سنج ارتجاعی**

در ساخت اینگونه فشارسنجها از خاصیت تغییر شکل مواد در اثر فشار استفاده می شود. فشار سنجهای دیافراگمی، کپسولها (Capsules)، لوله بوردون و خرطومی (Bellows) از نمونه های اصلی این نوع فشارسنج ها می باشند. مزیت

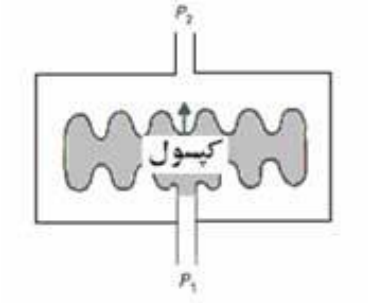
miryoosefi.blogfa.com

اینگونه فشار سنج ها سادگی، دوام و استحکام آنهاست و در صنایع نفت و گاز، کشتی ها و هواپیماها و ... استفاده گسترده ای دارد.

الف- فشار سنج دیافراگمی(Diaphragm): در اثر اعمال فشار بر سطح دیافراگم تغییر شکل حاصل می شود و با اندازه گیری مقدار تغییر می توان به مقدار فشار پی برد. هرچه سطح بزرگتر باشد، حساستر خواهد بود. جنس صفحه می تواند فلزی و یا غیرفلزی باشد. در نوع فلزی صفحه معمولا از جنس برنز، آلیاژهای مس، فولاد و برنج ساخته می شود. دیافراگم های غیرفلزی معمولا از جنس پلاستیک چرم و در ابعاد بزرگتر ساخته می شود و معمولا از یک فنر برای جلوگیری از خم شدن آن در حالت تعادل استفاده می شود.

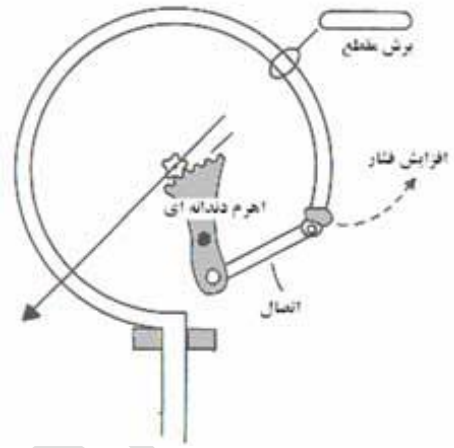


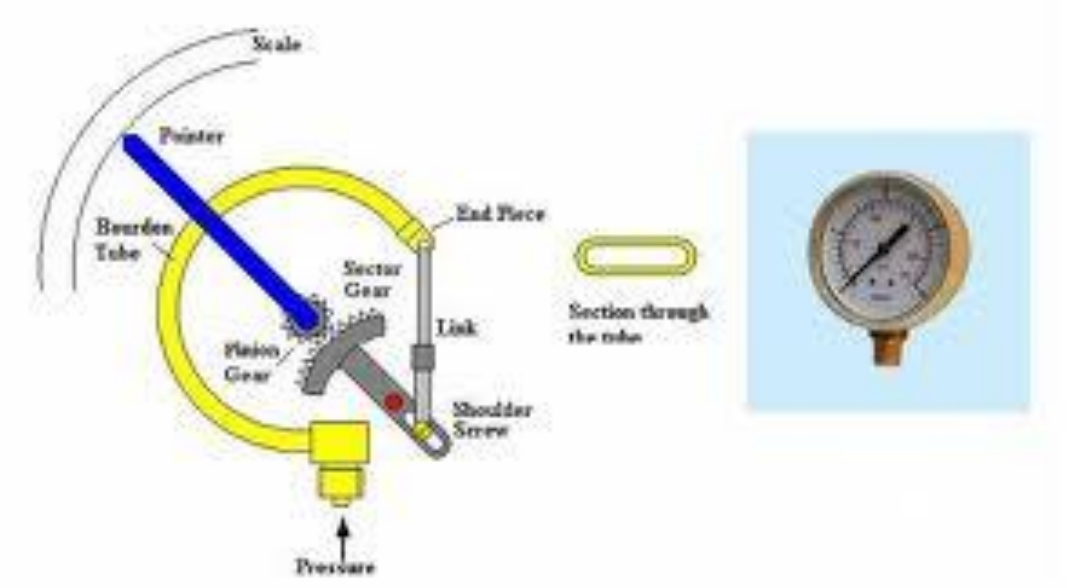
ب- فشارسنج کپسولی (Capsules): شامل یک کپسول است که دارای دو دیافراگم فلزی است که بهم جوش داده شده اند. در فضای بین دو دیافراگم یک سیال تراکم پذیر با ویژگی مخصوص پر شده است. جابجایی ناشی از فشار برابر مجموع جابجایی های کپسول می باشد. این نوع از فشارسنجها از نوع دیافراگمی دارای حساسیت بیشتری هستند.



miryoosefi.ofta.com

ج- فشارسنج لوله بوردون (Bourdon Tube): لوله بوردون یک لوله خمیده به شکل عصا می باشد (حدود ۲۵۰ درجه) که یک انتهای آن بسته و سر دیگر به سیالی که اندازه گیری فشار آن مدنظر است، متصل است. وقتی فشار به آن اعمال شود به دلیل تفاوت اندازه محیط بیرونی و درونی تمایل به صاف شدن پیدا می کند که میزان صافی متناسب با میزان فشار بوده و قابل اندازه گیری است. این تغییر را می توان توسط یک عقربه و یا با تبدیل آن به سیگنال الکتریکی با یک میتر درجه بندی کرد.



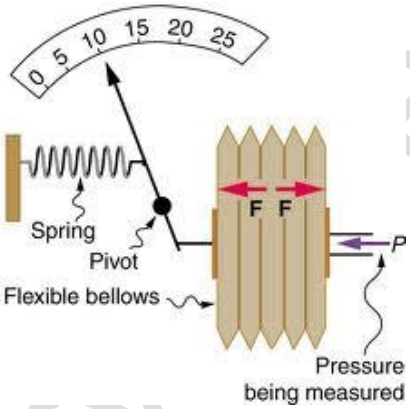


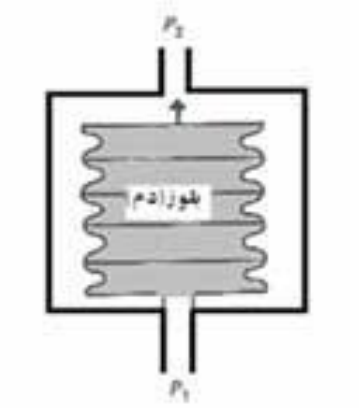
د- فشارسنج خرطومی یا لوله فانوسی (Bellows Tube): این فشار سنج به نام دم یا بلوز نیز معروف است و مانند یک آکاردئون و یا دمنده هوا در آهنگری است. ساختار آکاردئونی آن باعث می شود که در اثر اعمال فشار منبسط شده و متناسب با فشار اعمالی تغییر می کند. رابطه این فشارسنج مانند حرکت یک فنر است. ($X = K_S.P.A$)

در این رابطه K_S ضریب فنری دم ، P مقدار فشار و A سطح مقطع آکاردئونی دم می باشد.

جابجایی ایجاد شده را می توان به یک سیستم الکتریکی (همانند LVDT) اعمال نمود و آنرا به سیستمهای کنترلی الکتریکی وصل کرد. با توجه به اینکه معمولا از این فشارسنج در فشار معمول استفاده می شود، این وسیله فشار نسبی را اندازه گیری می کند، یعنی فشار مورد نظر را نسبت به فشار جو یا اتمسفر می سنجد.

از مزایای این نوع فشارسنج می توان به ارزانی، دوام بالا و سادگی آن اشاره کرد.



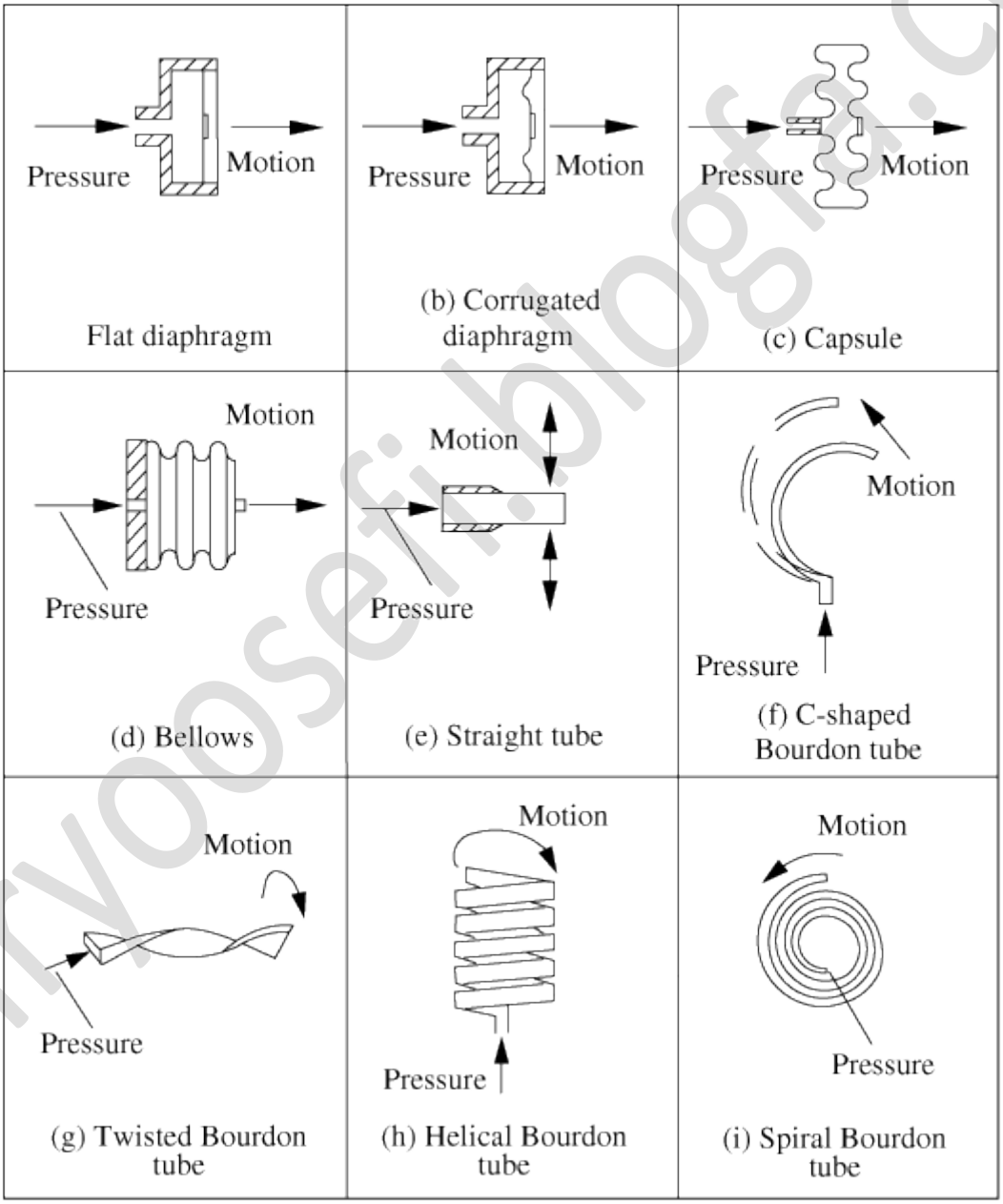


ه- فشارسنج لوله ی حلقوی (Helical Tube): نواری طولی است که دارای یک گام طولی می باشد و در اثر فشار تغییر شکل می دهد.

mirzaefi.blogfa.com

و- فشارسنج لوله ی حلزونی (Spiral Tube): به صورت لوله ای است که به دور خود پیچیده است و میزان حرکت آن نسبت به لوله بوردون به شکل C بیشتر است.

در شکل زیر مجموعه ای از فشارسنجهای ذکر شده در بالا را مشاهده می کنید.



mirvoosefi.blogfa.com

- **فشار سنج های الکتریکی**

فشارسنج های مانومتری و ارتجاعی از جمله فشارسنج های آنالوگ می باشند و درصورتیکه هدف، تبدیل خروجی این فشارسنجها به سیگنال الکتریکی باشد، به ابزار و اندازه گیرهای اضافی می باشد. برخی از اندازه گیرهای فشار مستقیما فشار را به سیگنال الکتریکی تبدیل می کنند و از این حیث می توان صرفه جویی قابل ملاحظه ای در هزینه ها نمود. همچنین چنین روشهایی معمولا با دقت بیشتری همراه می باشند. در ادامه به چند نمونه از این اندازه گیرهای فشار اشاره می شود.

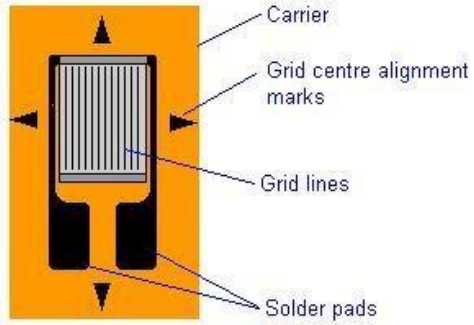
الف- استرین گیج یا کرنش سنج (Strain Gauge)

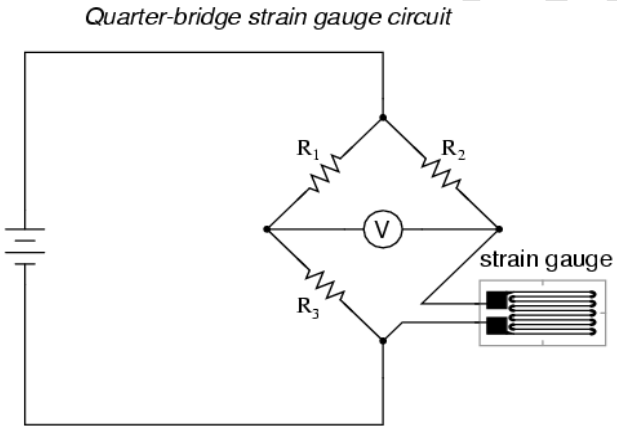
وقتی بر جسمی نیرو وارد میگردد استرس و استرین ایجاد میشود . استرس معرف مقاومت درونی جسم در مقابل نیرو است و استرین در حقیقت بیانگر جابجائی و تغییر شکل جسم میباشد .استرین گیج یا کرنش سنج در واقع برای اندازه گیری کرنش و تغییرات فیزیکی ناشی از اعمال فشار بر جسم طراحی گردید است و معمولا استرین گیج ها را از سیم هایی با جنس مس نیکل می سازند و به شکل رفت و برگشت روی پلاستیک های مقاوم و بسیار نازک در حد 5µm می چسبانند. در کاربردهایی که دمای محیط بالا باشد از یک لایه سرامیکی روی استرین گیج استفاده می شود. ابعاد استرین گیج ها از چند میلی متر مربع تا چند سانتی متر مربع است و دارای مقاومتی از 30 Ω تا 3 kΩ می باشند. استرین گیجها در اندازه گیری فشار ، وزن در لودسل ، گشتاور در ترک متر و همچنین سنسورهای موقعیت به وفور مورد استفاده قرار میگیرد .برای اندازه گیری تغییرات کم مقاومتی سنسور استرین گیج از پل وتستون استفاده می گردد.

در استرین گیج مقاومت از رابطه $R = \rho \frac{\ell}{s}$ بدست می آید که ℓ طول سیم استرین گیج و s سطح مقطع آن و ρ مقاومت ویژه آن می باشد.

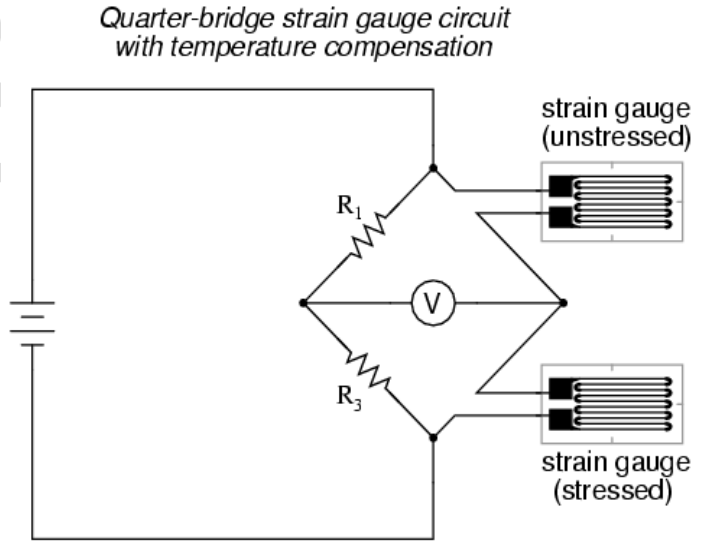
miryoosefi.blogfa.com

زمانیکه نیرویی به جسمی که استرین گیج به آن چسبیده است وارد می شود، سطح خارجی آن تغییر کرده و باعث ایجاد تغییر در مقاومت آن می شود. این تغییر مقاومت در حد چند میلی اهم است و به همین دلیل معمولا استرین گیج را روی یکی از بازوهای پل وتستون قرار می دهند.

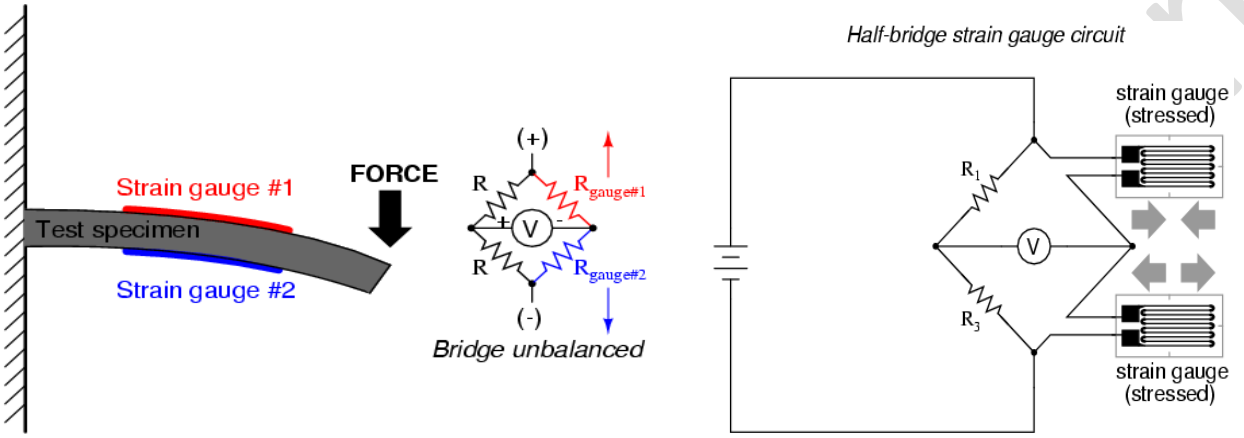




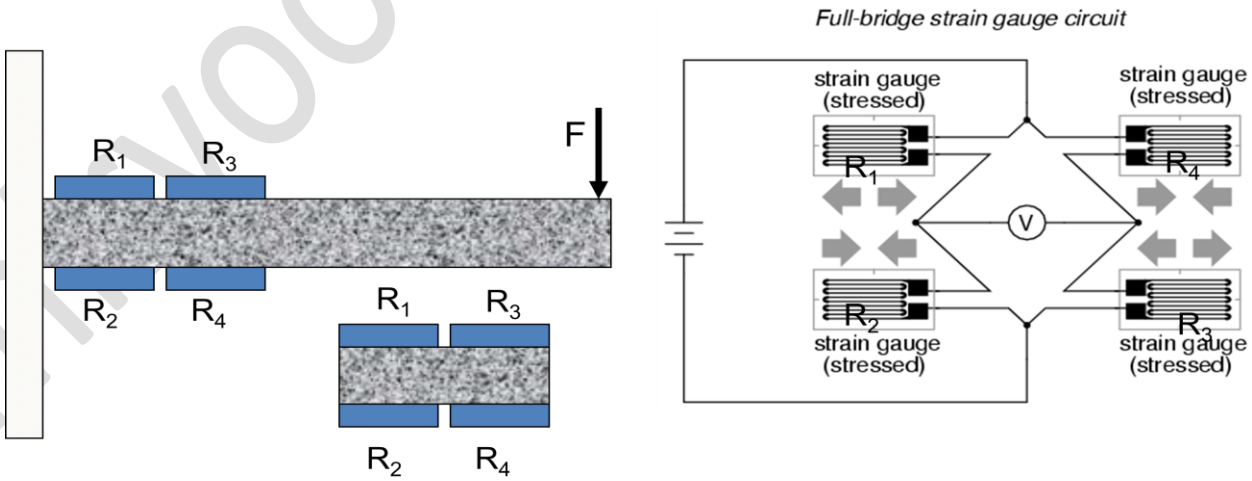
مقاومت سیمها در هنگام کار مدار باعث ایجاد گرما در استرین گیج شده و بروز خطا را به دنبال خواهد داشت. در این حالت از یک استرین گیج دیگر که تحت فشار نمی باشد (استرین گیج کمکی) در بازوی دیگر پل استفاده می شود تا اثر افزایش حرارت را خنثی کند.



در برخی کاربردها از دو استرین گیج مطابق شکل زیر استفاده می شود که در دو بازوی پل قرار گرفته و به هردو نیرو وارد می شود.



همچنین می توان از چهار استرین گیج در چهار بازوی پل مطابق شکل زیر استفاده کرد که با این کار حساسیت آن زیاد می شود. اینگونه استفاده از استرین گیج در جاییست که تغییرات جسم به ازای نیرو خیلی کم باشد. به این نوع استفاده از استرین گیج اصطلاحا Full Bridge گفته می شود.



mrvooseti.blog.ir

نسبت تغییر طول به طول اولیه در استرین گیج تنش نامیده می شود. ($\sigma = \frac{\Delta L}{L}$)

در استرین گیج مقدار تغییر در مقاومت نسبت به تغییر طول را با ضریبی به نام ضریب گیج یا گیج فاکتور (Gauge Factor) نشان می دهند و بصورت زیر بیان می شود:

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

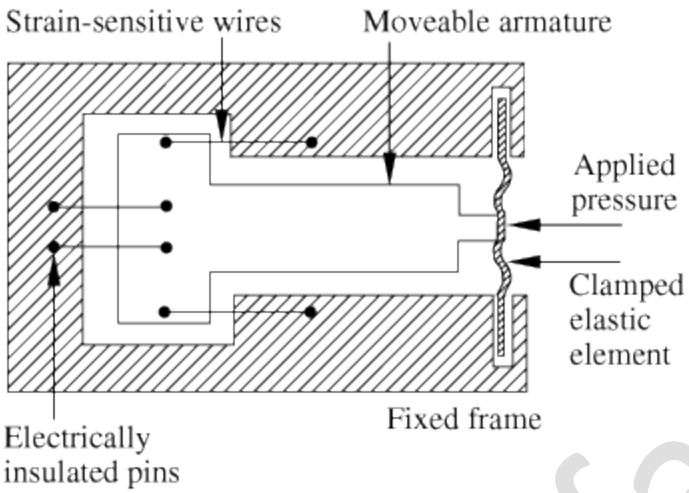
در این رابطه R و L به ترتیب مقدار مقاومت و طول جسم در حالتیکه نیرویی به آن وارد نشده است، می باشد و ΔR و ΔL میزان تغییرات آنها پس از اعمال نیرو می باشد. گیج فاکتور در استرین گیج های معمول تقریبا برابر ۲ است. یعنی اگر طول جسم ۱ درصد تغییر کند، مقاومت آن ۲ درصد تغییر خواهد کرد.

اگر از نیمه هادی بجای سیم فلزی استفاده شود، مقدار گیج فاکتور در نیمه هادی ها معمولا بین ۵۰ تا ۲۵۰ است و معمولا برای اندازه گیری فشارهای خیلی کوچک استفاده می شود ولی باید توجه داشت که این نوع از استرین گیج ها بسیار ظریف و حساس به دما می باشند.

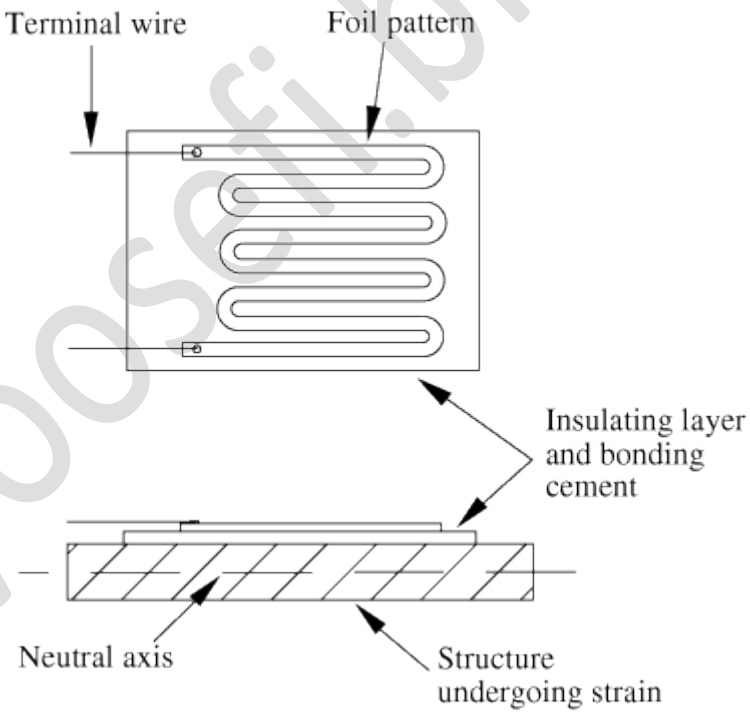
استرین گیج ها می توانند به دو دسته آزاد (Unbonded) و غیر آزاد (Bonded) وجود داشته باشند.

در نوع آزاد و یا نامحدود، استرین گیج از یک طرف به یک نقطه محکم شده است و طرف دیگر آن آزاد است و معمولا برای اندازه گیری کشش استفاده می شود. این نوع از استرین گیج ها دارای حساسیت بالا و دقت متوسطی می باشند و در مدت طولانی از حالت کالیبره خارج شده و به تنظیم مجدد نیاز دارند.

miryoosefi.blogfa.com



در استرین گیج های غیرآزاد روی جسم مورد نظر محکم شده و قابلیت جابجایی ندارند و نسبت به نوع دیگر نسبت به ناپایداری ها تحمل کمتری دارد.



miryoosefi.blogfa.com

در انتخاب استرین گیج بایستی به این موارد توجه داشت:

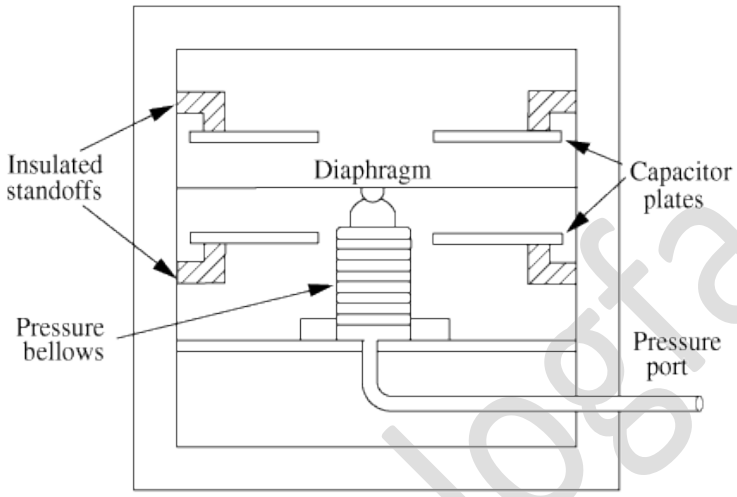
- فاکتور گیج بالا باشد (ایجاد کم کرنش سبب تغییرات زیاد در مقاومت)
- حساسیت کمتر به عوامل محیطی مثل دما
- سطح اشغال شده کم باشد تا بتوان به کرنش نقطه ای نزدیک شد
- رابطه بین تغییرات مقاومت و تغییرات کرنش خطی باشد
- مقاومت کرنش سنج کم ولی حساسیت به کرنش بالا باشد
- قیمت آن کم و کاربرد آن آسان باشد
- اندازه فیزیکی و جرم آن کم باشد
- انعطاف پذیر باشد تا بدون ایجاد تنش اضافی در کرنش سنج روی قطعه نسب گردد.
- توانایی اندازه گیری استاتیک و دینامیک
- پایداری بالا، خطی بودن و پسماند کم

ب- فشارسنج های خازنی (ظرفیتی)

همانطور که می دانیم ظرفیت یک خازن از رابطه $C = \varepsilon \frac{A}{d}$ بدست می آید. که در این رابطه A مساحت صفحات، d فاصله بین صفحات و ε ضریب دی الکتریک خازن می باشد. با تغییر هرکدام از این پارامترها می توان میزان خازن را تغییر داد. در اندازه گیرهای خازنی ، اغلب فشار مورد اندازه گیری به جابجایی و تغییر فاصله جوشن ها تبدیل شده و همین امر

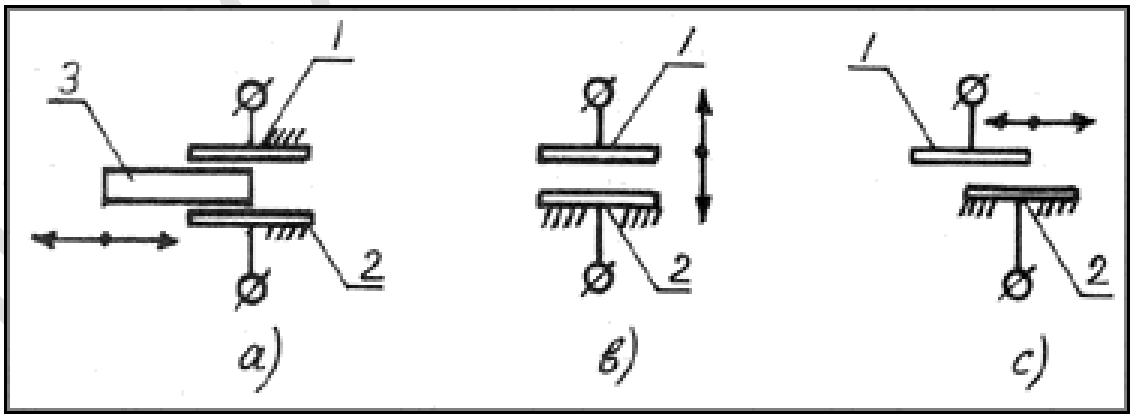
miryoosefi.blogfa.com

باعث ایجاد تغییر مقدار خازنی می شود. این تغییر ظرفیت معمولا توسط یک پل AC و یا یک مدار اسیلاتور، تبدیل به ولتاژ یا فرکانسی متناسب با فشار می گردد.



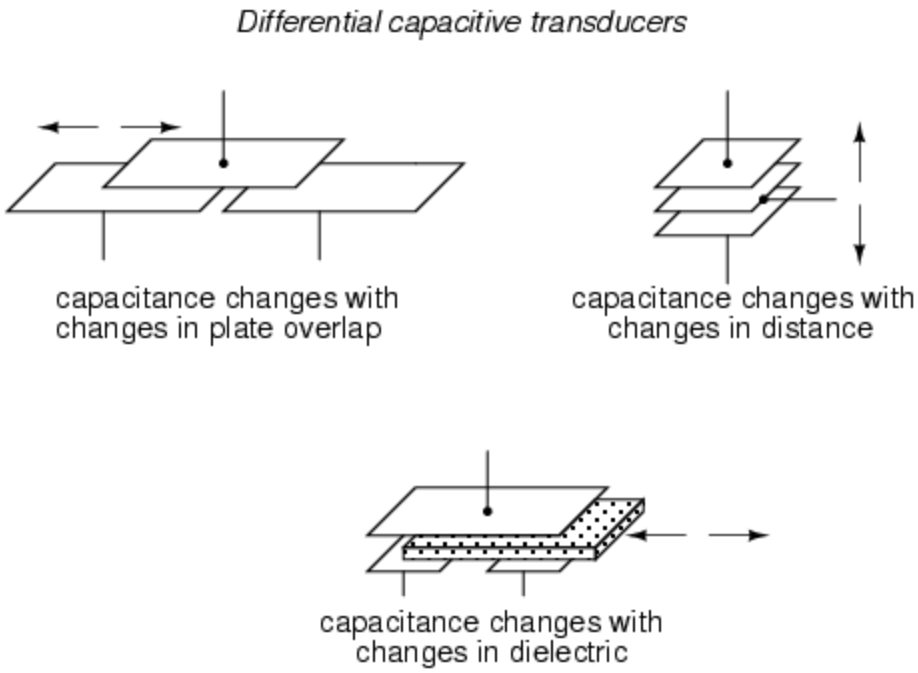
از مزایای این نوع سنسورها می توان به مصونیت نسبت به نویزهای الکترومغناطیسی و حرارت و مصرف پایین و همچنین سطح خروجی زیاد نام برد.

این نوع سنسورها مناسب تغییر مکان های کوچک ناشی از تغییرات فشار و شتاب (کمتر از ۱ میلی متر) می باشند.



a) تغییر موقعیت ماده دی الکتریک b) تغییر فاصله بین صفحات c) تغییر سطح موثر صفحات خازن

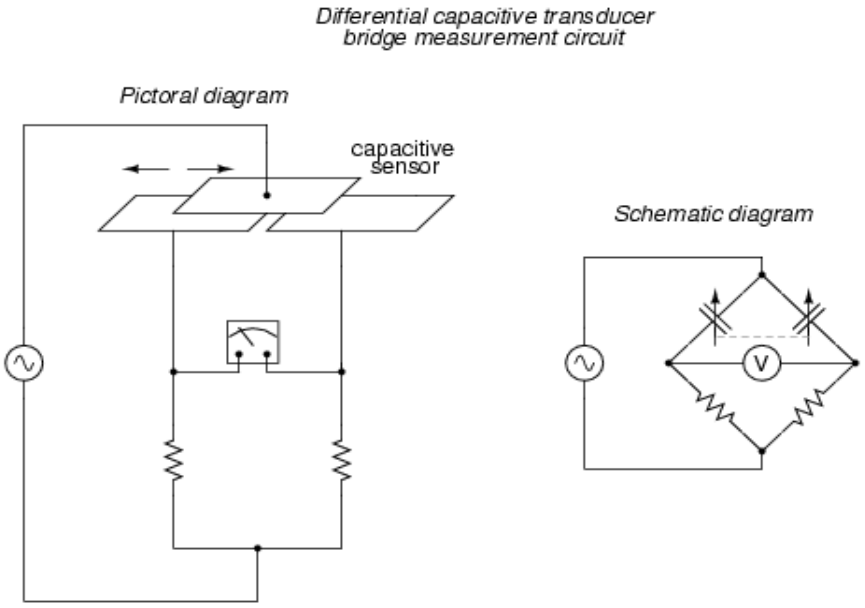
در عمل استفاده از نوع دو صفحه ای به دلیل خروجی غیرخطی، مناسب نیست و از نوع سه صفحه ای (تفاضلی) استفاده می شود.



این نوع مبدل ها به جای دو سیم از سه سیم استفاده شده و عملکردی مانند LVDT دارد و با تغییر جای صفحه وسط، مقدار خازن در یک طرف بیشتر و در طرف دیگر کمتر می شود. مدار به صورت پل عمل می کند و خروجی آن در حد پیکوفاراد است. (کوچکتر از 1000 PF)

مهمترین نکته در استفاده از این نوع مبدل این است که به شدت به رطوبت هوا حساس است و باید در محفظه کاملا آب بندی شده قرار گیرد.

miryooseti.com



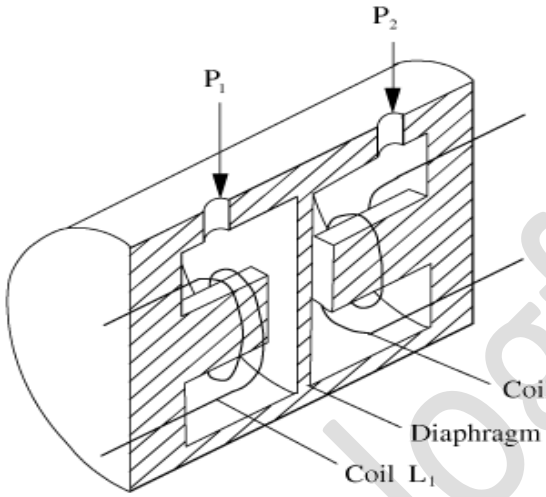
ج- فشارسنج های اندوکتانسی و رلوکتانسی

می دانیم ضریب خودالقایی یک سیم پیچ از رابطه $L = \frac{\mu N^2 A}{l}$ بدست می آید که در این رابطه L ضریب خودالقایی برحسب هانری ، μ ضریب نفوذپذیری مغناطیسی هسته، Nتعداد دور سیم پیچ، A سطح مقطع سیم پیچ و l طول متوسط سیم پیچ می باشد. در صورت تغییر مکان هسته سیم پیچ می توان مقدار ضریب خود القایی آن را تغییر داد. بنابراین اگر هسته سیم پیچ را به دیافراگم و یا قسمت های متحرک فشارسنج های ذکر شده وصل کنیم می توانیم تغییر فشار را به تغییر اندوکتانس تبدیل کرده و بسنجیم. از مزایای این نوع مبدل ها می توان به حساسیت مناسب و خروجی بالا و استحکام بالا و از معایب آن غیرخطی بودن در فشارهای زیاد و کارکردن فقط با جریان AC اشاره کرد.

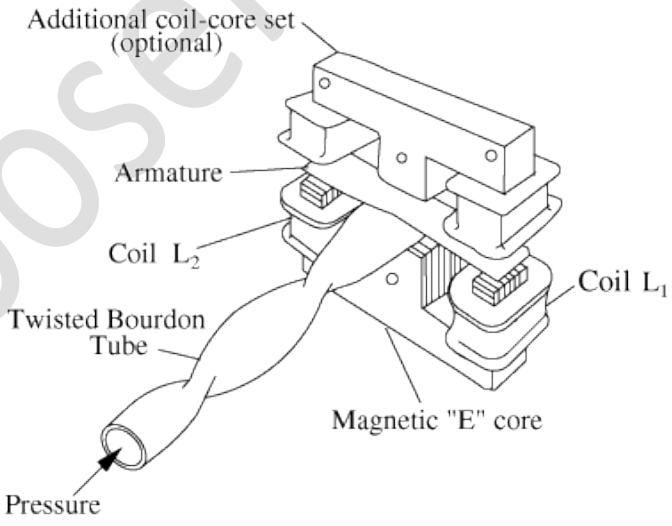
این مبدل ها ممکن است به سه صورت، مبدل های خودالقایی با یک یا دو سیم پیچ، مبدل های القاء متقابل دو سیم پیچه و سه سیم پیچه و مبدل های مقاومت متغیر وجود داشته باشند.

miryoosefi.blogfa.com

در مبدل های مقاومت متغیر یا رلوکتانسی، با تغییر فاصله هوایی در اثر فشار، میزان رلوکتانس آن تغییر کرده و در نتیجه فلوی مغناطیسی نیز تغییر می کند.



اندازه گیری دینامیکی از نوع LDT (Linear Displacement Transducer)



اندازه گیری استاتیکی از نوع رلوکتانس متغیر

miryoosefi.blogfa.com

د- مبدل های پتانسیومتری مقاومتی

در این نوع از مبدل ها اندازه گیری جابجایی ناشی از فشار، سرعت، نیرو، شتاب و غیره و تغییر مقدار مقاومتی پتانسیومتر، مدنظر می باشد.

مقاومت متشکل از سیمی با مقاومت زیاد (مثل نیکروم) می باشد که بر روی پایه ثابت نصب شده است و مقاومت متغیر بین یک انتهای سیم پیچ و اتصال لغزان می باشد. حرکت اتصال لغزان ممکن است خطی، چرخان و حتی مارپیچی باشد و محدوده حرکت در حرکتهای خطی بین ۵ تا ۱۰۰۰ میلی متر ودر حرکتهای گرد یا دورانی از ۱۰ درجه تا ۶۰ دور (۲۰۰۰۰ درجه) می باشد. اگرچه سعی می شود که خروجی آنها خطی باشد، ولی عملا در جابجایی های زیاد، رفتار غیرخطی نمایان می شود.

این پتانسیومترها می توانند در انواع مختلفی ساخته شوند. در نوع سیم پیچی شده (wire wound)تغییرات مقاومت ناشی از حرکت لغزنده به صورت پله ای است (حرکت از یک دور به دور بعد) و حداکثر رزولوشن ۴۰ ± میکرومتر است.

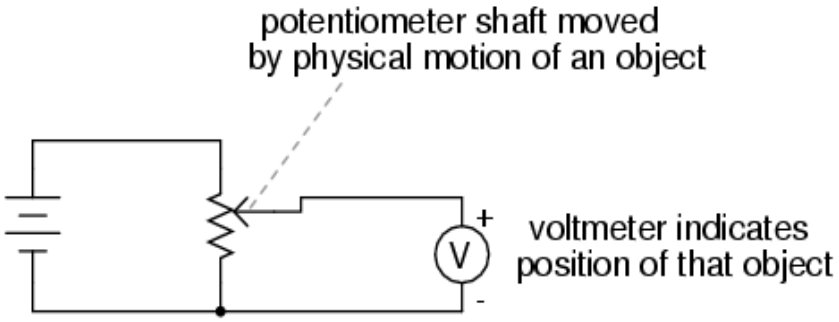
در نوع لایه کربنی (کرمت cermet) مخلوط سرامیک و فلز و یا پلاستیک هادی (مخلوط رزین پلاستیک و پودر فلز) که اصطلاحاً دارای رزولوشن بی نهایت هستند (غیر پرشی) و رزولوشن آنها بستگی به یکنواخت بودن ساختمان آنها دارد و از معایب آن اینست که نمی توانند جریانهای عبوری زیاد را تحمل کنند

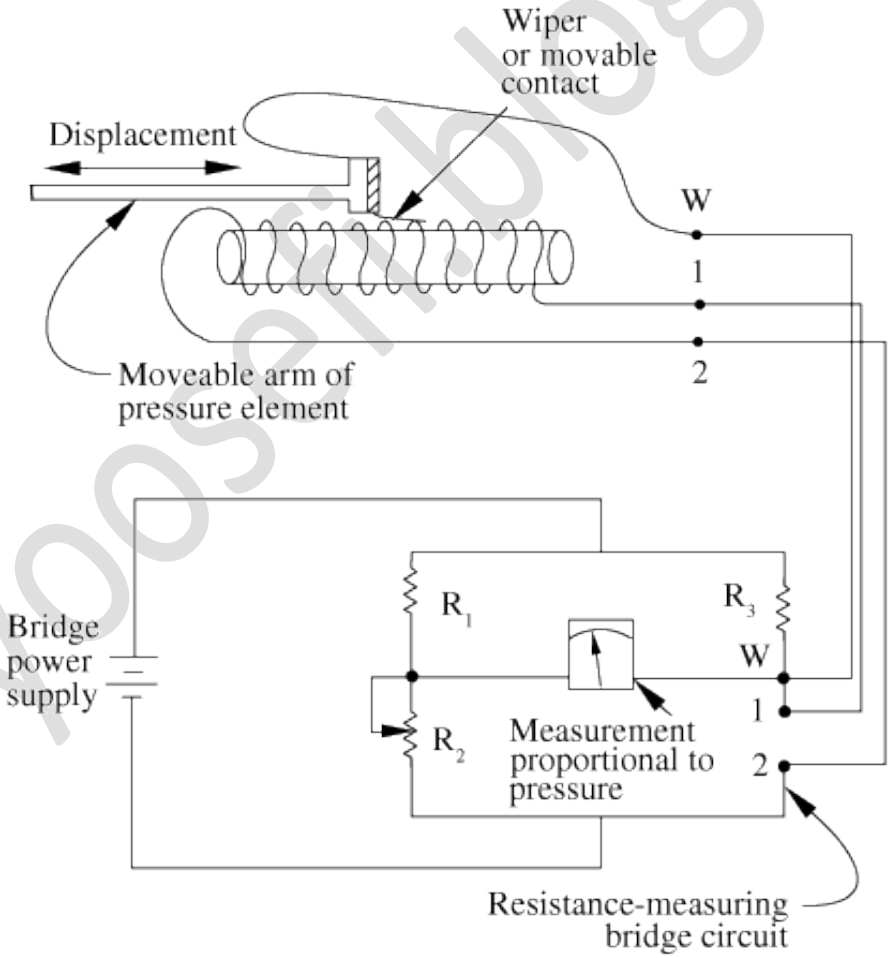
در نوع هیبرید نیز مزایای هردو را داراست و لایه ای از پلاستیک هادی بر روی سیم پیچ قرار گرفته است.

با اتصال اهرم رئوستا به قطعه مورد نظر حرکات قطعه را می توان بوسیله تغییر مقاومت اندازه گیری نمود .تغییر مقاومت به صورت تغییر ولتاژ خروجی می گردد و ولتاژ بین نقاط ۱ و ۲ متناسب با تغییر مکان است.

miryoosefi.blogfa.com

مقاومت مورد استفاده ممکن است خطی یا حلقوی باشد.

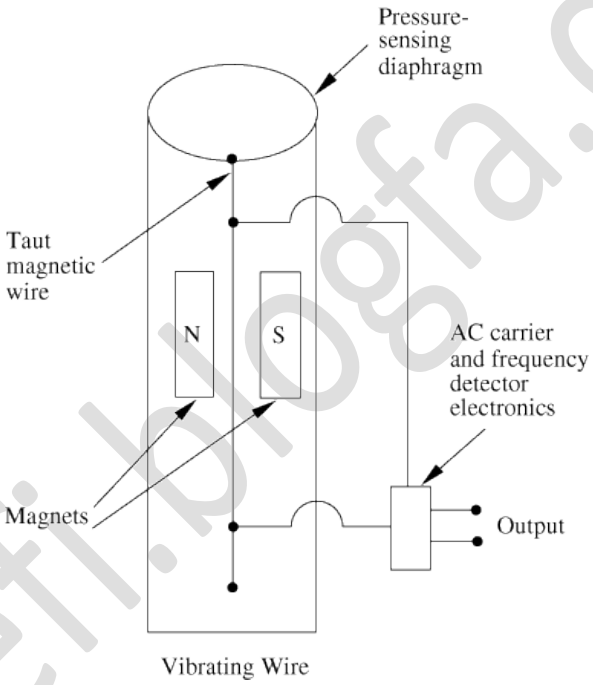




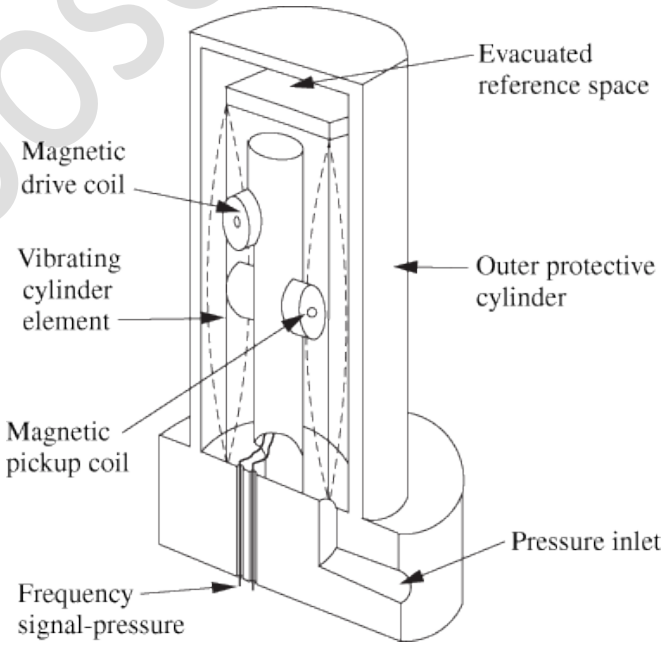
miryoosefi.blogfa.com

ه- مبدل فشار با سیم ارتعاش

مبنای کار این نوع مبدل سیمی است که در یک میدان مغناطیسی قرار گرفته است و از طریق یک اسیلاتور به ارتعاش در می آید. فرکانس ارتعاشات سیم، تابع طول و نیروی اعمال شده به آن می باشد.



Vibrating Wire

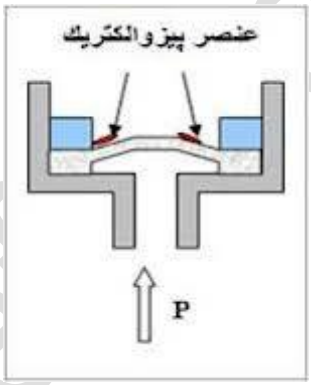


miryoosefi.blogfa.com

و- حسگرهای فشار پیزوالکتریکی

هرگاه یک عنصر پیزوالکتریک مانند کوارتز تحت فشار قرار گیرد، مقداری ولتاژ در آن تولید می شود. در حالت عکس نیز اگر به یک عنصری که خاصیت پیزوالکتریکی دارد، ولتاژی اعمال کنیم، موجب ایجاد یک فشار یا تنش در آن می شود. به عبارت دیگر عناصر پیزوالکتریک می توانند انرژی الکتریکی و مکانیکی را به یکدیگر تبدیل کنند.

ولتاژ تولیدی در پیزو ها به دلیل بالا بودن مقاومت داخلی آنها معمولا خیلی کوچک است و نیاز به تقویت کنندگی دارند.



miryoosefogha.com