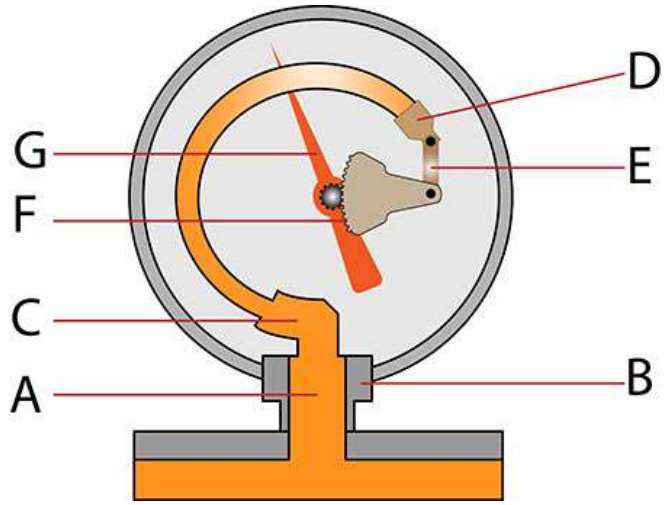
5.1.2. أجهزة قياس الضغط Pressure Measurements Gauges

- **اجهزة الضغط المقاييس (أنبوبة بوردن Bourdon Tube)**

جهاز الأنبوبة بوردن (Bourdon tube) هو جهاز يُستخدم لقياس الضغط، وهو يعتبر من الأجهزة الشائعة في مجالات الهندسة والصناعة. يتكون جهاز الأنبوبة بوردن (**C-D**) من عدة أجزاء، ومبدأ عمله يعتمد على تغيّر شكل أنبوبة معينة بناءً على الضغط الذي يتعرض لها. الشكل (8) يوضح الجهاز واهم اجزاءه فيما يلي شرح للأجزاء الرئيسية ومبدأ عمل جهاز الأنبوبة بوردن:



8-2

8-1

الشكل 8 : أجزاء جهاز ضغط يعمل حسب مبدأ أنبوبة بوردن : 1: الشكل الخارجي ; 2: التركيب الداخلي

A. **مدخل الانبوب : Inlet Pipe :** وظيفتة تثبيت النهاية الثابتة من الانبوبة مع معدن او تركيب المقياس الخارجي

B. **الغطاء الخارجي : Socket Block :** الجزء الخارجي من المقياس

C. **الجزء الثابت من الانبوب: Stationary End:** وهي النهاية الثابتة من انبوبة بوردن

D. **النهاية المتحركة: Moving End :** هي عبارة عن أنبوب مغلق في شكل حلقة ملفوفة أو حلزونية. يُصنع الأنبوب بشكل يميل إلى الانتفاخ أو الانقباض بناءً على تغيير الضغط الذي يتعرض له.

E. **المحور الرابط : Connecting rode:** يربط الأنبوبة بوردن بالمحور المتصل، ويحمل المحور بحيث يمكن للأنبوبة الانبساط أو الانقباض دون مقاومة كبيرة.

F. **المحور المسنن :Gear Sector:** جزء ذو نهاية مسننة و يربط الطرف الآخر من الأنبوب بوردن بجهاز قياس الضغط (مؤشر أو جهاز إلكتروني)

G. **المؤشر: Indicator Needle:** عبارة عن مؤشر مرتبط مع الجزء المسنن لغرض تحديد كمية التغيير في الضغط من خلال التأشيرات الموجودة في اسطوانة التأشيرات.

أما مبدأ عمل جهاز الأنبوبة بوردن:

عند تغيير الضغط في المادة المحيطة بالأنبوبة بوردن، يحدث انبساط أو انقباض في الأنبوبة بناءً على تلك التغييرات في الضغط. عندما يزيد الضغط، يتسبب ذلك في انبساط الأنبوبة بوردن. وعندما ينخفض الضغط، يتسبب ذلك في انقباضها. يتم تحويل هذا التغيير في شكل الأنبوبة إلى حركة دورانية على المحور المتصل. يتم قياس هذه الحركة باستخدام جهاز قياس، والتي يتم تحويلها إلى قراءة لقيمة الضغط بوحدات المقياس المناسبة (مثل بار أو psi).

هذا النوع من أجهزة القياس يصنع عادة من معادن مختلفة مثل النحاس او البرونز او الصلب الكاربوني Stainless steel ويُستخدم بشكل واسع في مختلف التطبيقات، مثل قياس الضغط في الغلايات، وأنظمة التكييف، وصناعة النفط والغاز، والصناعات الكيميائية، والعديد من التطبيقات الصناعية الأخرى.

- **أجهزة قياس الضغط بمبدأ المنفاخ الكبسولة Bellows Pressure Gauges**

مقياس الضغط بمبدأ الكبسولة (Bellows) هو نوع آخر من مقاييس الضغط، حيث يستخدم كبسولة معدنية (كبسولة بيلوز) لقياس الضغط. إليك شرح لأجزاء مقياس الضغط بمبدأ الكبسولة ومبدأ عمله:

أجزاء مقياس الضغط بمبدأ الكبسولة:

A. **الكبسولة:(Bellows)** هي هيكل أسطواني معدني مرن مصنوع عادةً من الفولاذ المقاوم للصدأ. تكون مغلقة في الأطراف وفارغة من الهواء أو ملئها بغاز خاص.

B. **المحور المتصل:** يُربط محورًا بأحد طرفي الكبسولة.

C. **المحور الحر:** يُربط محورًا آخر بالطرف الآخر من الكبسولة.

D. **المحور الرابط :(Connecting rode)** يُربط الكبسولة بالمحور المتصل بحيث يمكن للكبسولة التمدد أو الانقباض بحرية.

الشكل 9 : أجزاء جهاز ضغط يعمل حسب مبدأ المنفاخ : 1: الشكل الخارجي ; 2: التركيب الداخلي

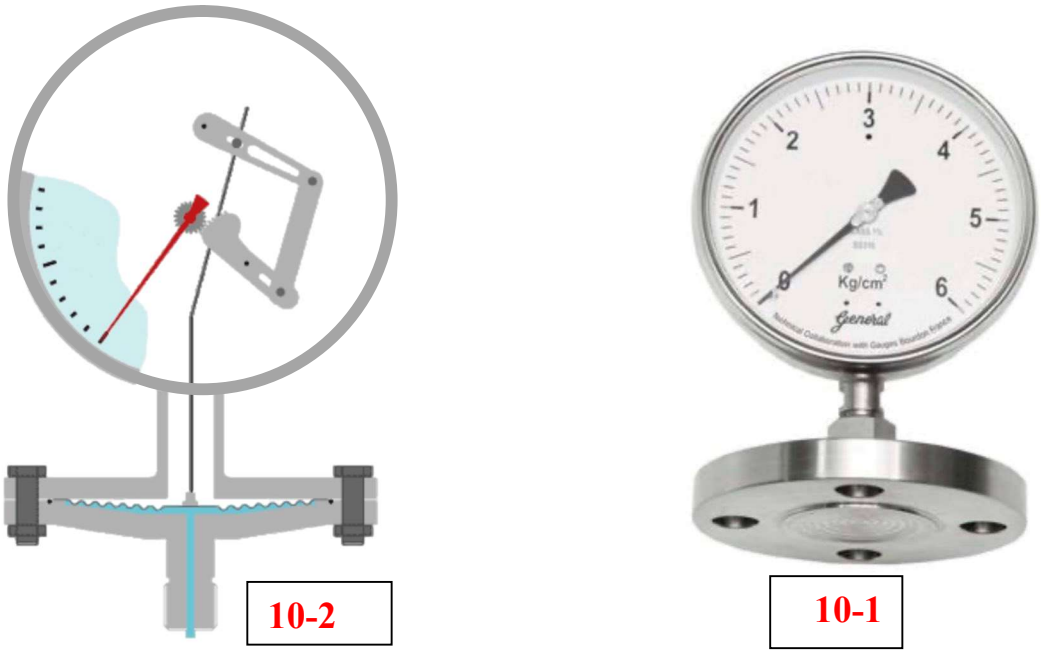
مبدأ عمل مقياس الضغط بمبدأ الكبسولة:

- عندما يتعرض الكبسولة لتغيير في الضغط المحيط بها، تمتد أو تنقبض الكبسولة بناءً على هذا التغيير.
- عند زيادة الضغط، يحدث انبساط في الكبسولة، في حين يتم انقباضها عند انخفاض الضغط.
- تحول الحركة التمددية أو الانقباضية للكبسولة إلى حركة دورانية حول المحور المتصل.
- يُقاس هذا التحرك باستخدام جهاز قياس، ويتم تحويله إلى قراءة لقيمة الضغط بوحدات المقياس المناسبة.

يتميز مقياس الضغط بمبدأ الكبسولة بأنه يوفر دقة عالية واستجابة سريعة لتغييرات الضغط. يستخدم هذا النوع من المقاييس في تطبيقات مثل صناعة البتروكيماويات، والأفران الصناعية، وأنظمة التدفئة والتكييف، والمجالات الطبية، حيث يكون الضغط معاملًا حساسًا للغاية.

- **أجهزة قياس الضغط بمبدأ الدايفرام Diaphragm Pressure Gauges**

الغشاء (Diaphragm) هو جزء أساسي في بعض أنواع مقاييس الضغط والأجهزة الحساسة للضغط. الدايفرام (Diaphragm) هو هيكل رقيق ومرن يعمل كغشاء فاصل بين منطقتين ذات ضغط مختلف. يتم تصميم الدايفرام عادة بشكل دائري أو بيضاوي لتحقيق أفضل استجابة لتغييرات الضغط. مبدأ عمل مقياس الضغط بدايفرام:



الشكل 10 : أجزاء جهاز ضغط يعمل حسب مبدأ المنفاخ : 1: الشكل الخارجي ; 2: التركيب الداخلي

أجزاء مقياس الضغط بدايفرام:

A. **الدايفرام:(Diaphragm)** هو هيكل رقيق مرن، غالبًا مصنوع من المعدن أو المطاط. يُوضع الدايفرام بحيث يكون في اتصال مع المادة أو السائل الذي يتم قياس ضغطه.

B. **المحاور الثابتة:** يتم تثبيت الدايفرام عند حوافه على محاور ثابتة.

C. **المحور الرابط :(Connecting rode)** : يربط الدايفرام بالمحور المتصل بحيث يكون لديه حرية في التمدد أو الانقباض.

مبدأ عمل مقياس الضغط بدايفرام:

- عند تغير الضغط الذي يتعرض له الدايفرام، يحدث تمدد أو انقباض في هيكل الدايفرام.
- تكون حركة التمدد أو الانقباض نتيجة تغييرات الضغط، وهي تُرسل عادةً عبر زنبرك الربط إلى جهاز قياس.
- يُقاس هذا التحرك باستخدام جهاز قياس، وتتم تحويله إلى قراءة لقيمة الضغط.

مقايس الضغط بدايفرام تستخدم في تطبيقات متنوعة، مثل قياس الضغط في الصناعات الكيميائية، وصناعة الأغذية، وأنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء(HVAC) ، وفي الأجهزة الطبية. يتم اختيار نوع المواد المستخدمة في الدايفرام وتصميمها بناءً على السياق التطبيقي والسوائل أو الغازات التي ستتعامل معها.

- **أجهزة قياس الضغط الرقمية (المرسلة) Pressure Transducers**

أجهزة قياس الضغط الرقمية، المعروفة أيضًا باسم المرسلات (Pressure Transducers)، هي أجهزة تُستخدم لتحويل إشارات الضغط إلى إشارات كهربائية قياسية يمكن قراءتها وفهمها بواسطة أجهزة قياس إلكترونية أو أنظمة التحكم. هذه المرسلات توفر قدرة على قياس الضغط بدقة عالية وتكامل مع أنظمة الأتمتة والمراقبة.

الشكل 11 : انواع مختلفة من حساسات الضغط الرقمية

أجزاء أجهزة قياس الضغط الرقمية:

A. **المستشعر:(Sensor)** يكون هذا الجزء مسؤولًا عن تحويل التغييرات في الضغط إلى إشارة كهربائية. يمكن أن يكون المستشعر مبنيًا على تقنيات مثل القدرة الكهربائية المتغيرة (capacitive).أو السعوي السعوي (strain gauge) أو الضغط السعوي (piezoelectric)
B. **الدوائر الإلكترونية :**تقوم بتحسين وتكبير إشارة المستشعر وتحويلها إلى إشارة قياسية يمكن فهمها من قبل الأجهزة الإلكترونية الرقمية.
C. **الواجهة الرقمية:** توفير الإشارة الرقمية التي يمكن قراءتها ومعالجتها من قبل الأنظمة الرقمية وواجه المستخدم.
D. **التحكم في الطاقة:** يحتوي الجهاز على دوائر لتوفير الطاقة اللازمة لتشغيل المستشعر والإلكترونيات.
E. **الإنتاج:(Output)** تقوم المرسلة بتوليد إشارة خرج رقمية قياسية، مثل الإشارة الكهربائية الأمبيرية (4-20 مللي أمبير) أو الجهد (0-5 فولت، 0-10 فولت).

مبدأ عمل أجهزة قياس الضغط الرقمية:

A. **القياس الفيزيائي:** يتم تحويل تغيرات الضغط إلى تغيرات في خصائص الجهاز الفيزيائي، مثل المستشعر.
B. **تحويل إلى إشارة كهربائية:** يقوم المستشعر بتحويل التغييرات في الضغط إلى إشارة كهربائية، ويمكن أن تكون هذه الإشارة إما جهدًا أو تيارًا.
C. **معالجة الإشارة:** يتم تكبير وتحسين إشارة المستشعر باستخدام الدوائر الإلكترونية.
D. **الإخراج الرقمي:**يتم تحويل الإشارة إلى إشارة رقمية تُقرأ وتفهم بواسطة الأنظمة الرقمية.

منفذ الإخراج يمكن أن يكون مناسبًا للتوصيل المباشر بأنظمة التحكم أو PLC (وحدة تحكم برمجية قابلة للبرمجة). تقدم المرسلات الرقمية مزايا كبيرة من حيث دقة القياس وتكاملها في أنظمة الأتمتة.