

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA HÀ
NỘI
VIỆN ĐIỆN**



**CẢM BIẾN VÀ
XỬ LÝ TIN HIỆU**



Nguyễn Thị Huế
BM: Kỹ thuật đo và Tin học công nghiệp

Nội dung môn học

- ❖ Chương 1: Tổng quan về cảm biến và Các mạch xử lý trong đo lường
- ❖ Chương 2: Chuyển đổi nhiệt điện
- ❖ Chương 3: Chuyển đổi điện trở
- ❖ Chương 4: Cảm biến tĩnh điện(áp điện, điện dung)
- ❖ Chương 5: Chuyển đổi điện từ
- ❖ Chương 6: Chuyển đổi tĩnh điện Chuyển đổi điện từ và ion
- ❖ Chương 7: Chuyển đổi hóa điện
- ❖ Chương 8: Chuyển đổi khác
- ❖ **Chương 9: Cảm biến đo lưu lượng**

Tài liệu tham khảo

➤ Sách:

- ❖ Kỹ thuật đo lường các đại lượng điện tập 1,2- Phạm Thượng Hàn, Nguyễn Trọng Quế....
- ❖ Đo lường điện và các bộ cảm biến: Ng.V.Hoà và Hoàng Sĩ Hồng

➤ Bài giảng và website:

- ❖ Bài giảng kỹ thuật đo lường và cảm biến-Hoàng Sĩ Hồng.
- ❖ Bài giảng Cảm biến và kỹ thuật đo: P.T.N.Yến, Ng.T.L.Huong, Lê Q. Huy
- ❖ Bài giảng MEMs ITIMS - BKHN

➤ Website: [sciencedirect.com/sensors](https://www.sciencedirect.com/sensors) and actuators A and B

■ Khái niệm:

- ❖ Là số lượng về thể tích hoặc khối lượng di chuyển được của chất lưu trong một đơn vị thời gian.
- ❖ Đôi khi lưu lượng được tính tổng để tính toán số lượng vật liệu chảy qua.
- ❖ Tốc độ dòng chảy là cự ly di chuyển được của chất lưu trong một đơn vị thời gian.

Lưu lượng



■ Đơn vị:

❖ Hệ Anh:

- ✓ Đo theo đơn vị thể tích: gpm (gallons/minute)
- ✓ Đo theo đơn vị trọng lượng: lbs/phút
- ✓ Đo theo đơn vị tốc độ: ft/phút
 - Lưu lượng nước là 60gpm, một gallons nước nặng 8,33 pounds, nên ở đơn vị trọng lượng là $60 \times 8,33 = 500$ lbs nước/phút

❖ Hệ SI:

- ✓ Lưu lượng thể tích: m³/h
- ✓ Lưu lượng khối lượng: kg/h
- ✓ Đơn vị tốc độ: m/h

Lưu lượng



■ Đơn vị:

❖ Lựa chọn dựa trên các yếu tố:

- ✓ Trạng thái vật liệu (khí, dung dịch, chất rắn)
- ✓ Đơn vị đo hệ Anh hay hệ SI.
- ✓ Số lượng vật liệu di chuyển trong một khoảng thời gian là bao nhiêu.

Lưu lượng



- Các yếu tố ảnh hưởng đến dòng chảy
 - ❖ Ma sát
 - ❖ Khối lượng riêng
 - ❖ Độ nhớt
 - ❖ Dạng đường ống
 - ❖ Khoảng cách di chuyển
 - ❖ Khả năng chịu nén của khí

Lưu lượng



■ Các mối quan hệ:

❖ Giữa lưu lượng thể tích và lưu lượng khối lượng:

Lưu lượng thể tích \times khối lượng riêng = Lưu lượng khối lượng

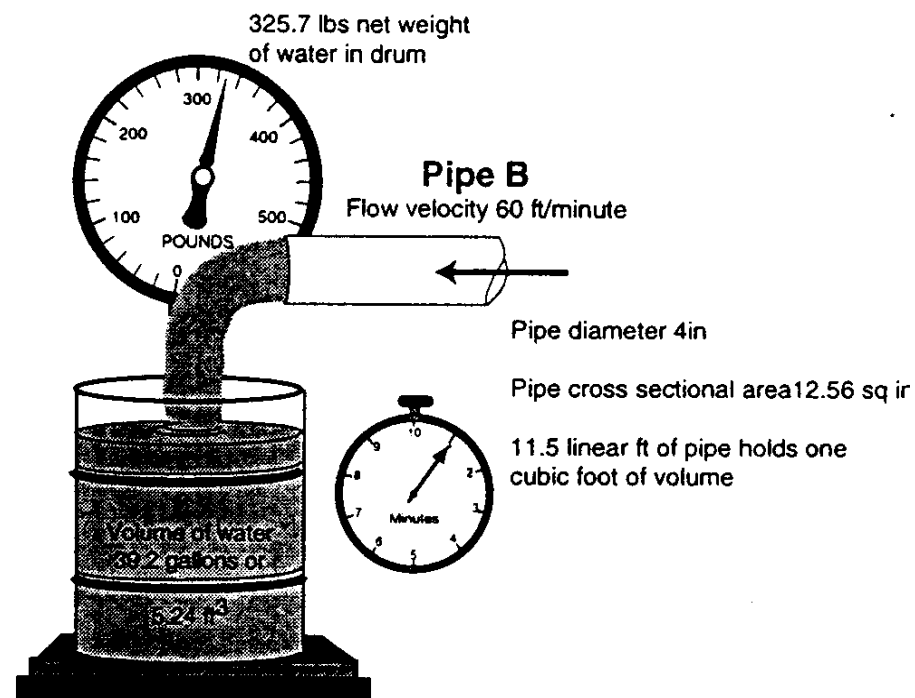
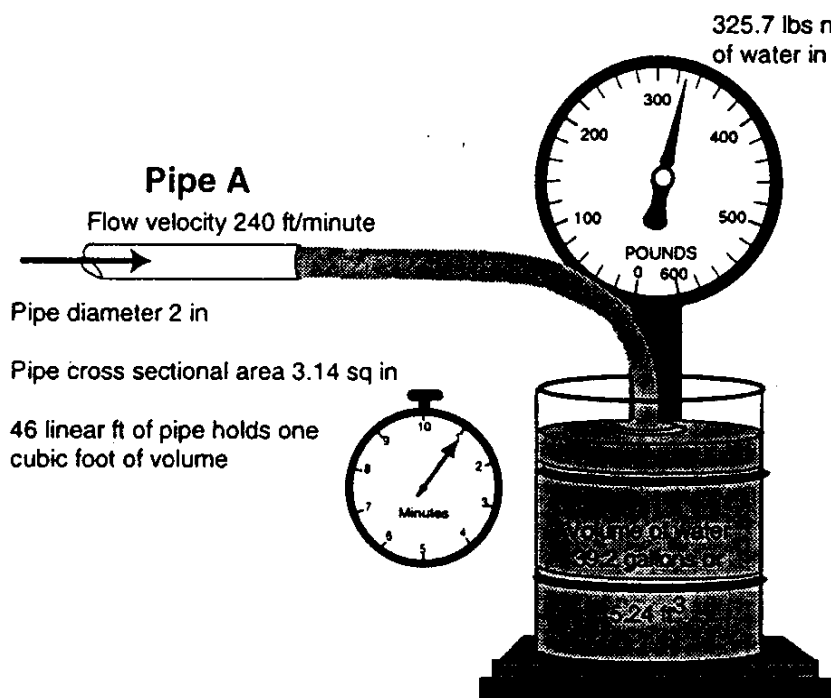
❖ Giữa lưu lượng và vận tốc dòng:

Lưu lượng thể tích = vận tốc \times tiết diện ngang của ống

Lưu lượng



■ Các mối quan hệ:



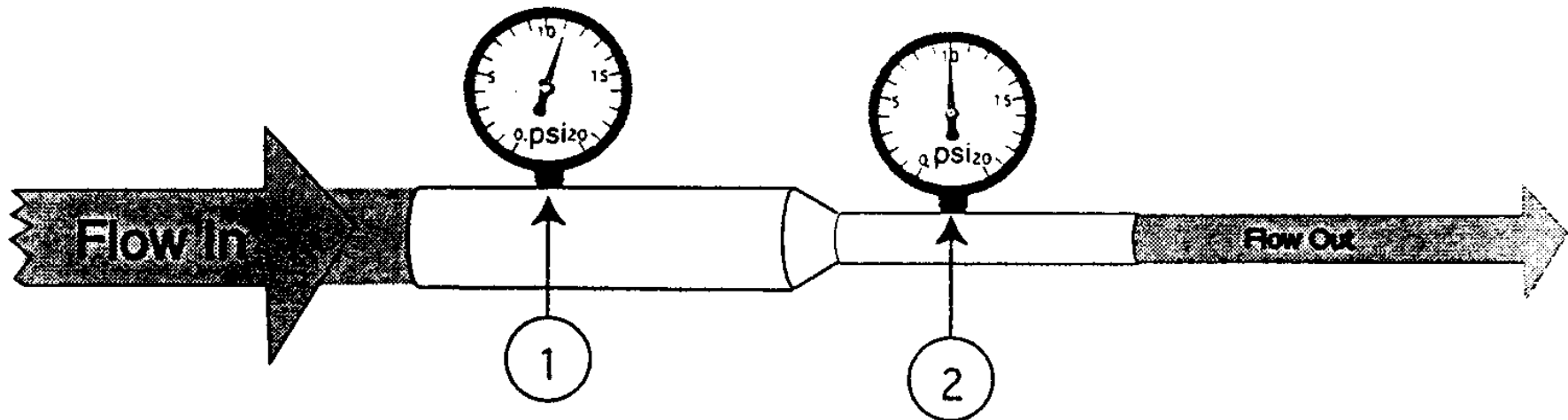
Lưu lượng



■ Các mối quan hệ:

❖ Giữa áp suất và vận tốc dòng

Nếu lưu lượng thể tích duy trì không đổi, áp suất giảm khi vận tốc dòng tăng.

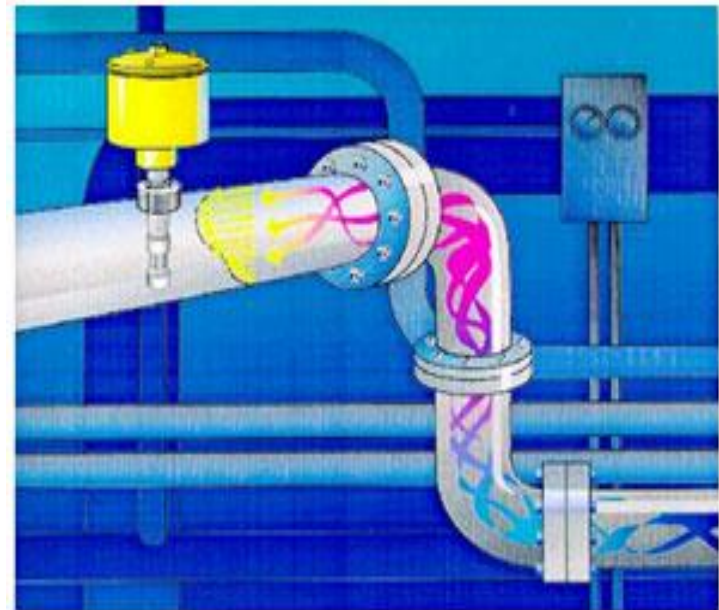
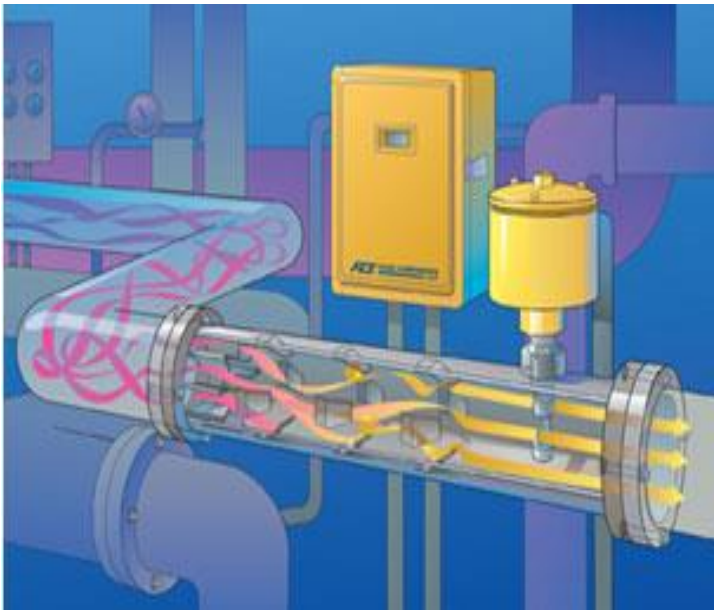


Lưu lượng

- Trên thực tế, khi lựa chọn thiết bị đo lưu lượng để kiểm soát cho dòng môi chất cần trong ứng dụng đã có rất rất nhiều các **yếu tố khách quan** (vị trí lắp đặt thiết bị đo dòng môi chất, nhiệt độ dòng môi chất/nhiệt độ môi trường xung quanh, môi trường lắp đặt, dải lưu lượng tương thích của dòng môi chất qua ống, tính kinh tế/chất lượng/độ chính xác/tính năng hỗ trợ

Lưu lượng

- Một vấn đề thường xuyên gặp phải trong quá trình lắp đặt thiết bị đo, đặc biệt đồng hồ đo lưu lượng là khoảng cách dòng chảy thẳng trước (upstream) và sau (downstream) thiết bị. Với mỗi một hãng sản xuất đồng hồ đo thì có vị trí lắp đặt tương ứng khác nhau cho thiết bị đo của mình.



Lưu lượng

- Bộ điều tiết kiểu **Honeycomb Vane** được dùng phổ biến trong hệ thống HVAC hoặc các ứng dụng trong hệ thống xử lý khí nén. Với rất nhiều thiết kế khác nhau và các chất liệu có sẵn



Vane

Lưu lượng

- Bộ điều tiết kiểu **Perforated Plate** thường chọn để ứng dụng trong đường ống dẫn khí đốt tự nhiên hoặc khí sạch khác và các ứng dụng chất lỏng. Việc cài đặt rất đơn giản và không cần mảnh spool, nhưng cũng có thể dễ bị tắc nghẽn trong các đường ống chứa khí bẩn.



Perforated Plate

Lưu lượng

- Bộ điều tiết kiểu **Tube Bundles** và Vanes đã được sử dụng trong nhiều thập niên. Ống bundles rất có hiệu quả trong việc lạo bỏ dòng xoáy, nhưng có xu hướng "đóng băng" các trạng thái vận tốc và do đó không hiệu quả khi điều chỉnh biến dạng dòng chảy



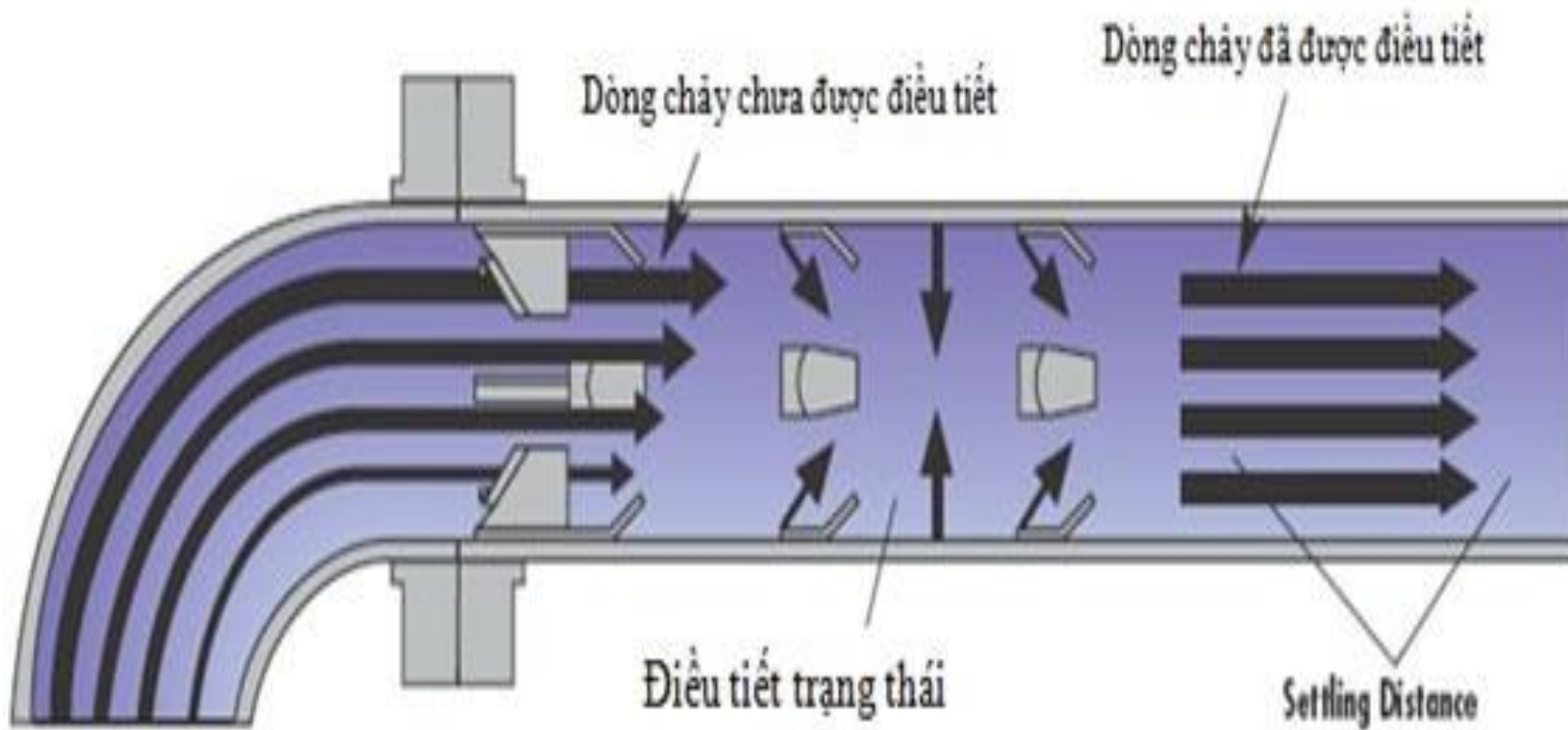
Lưu lượng

- Bộ điều tiết kiểu **Tab** là một lựa chọn tốt dùng cho khí sạch hoặc bẩn và chất lỏng vì những thiết kế giảm dần của các tab. Chúng cung cấp những sự kết hợp tuyệt vời để loại bỏ các dòng xoáy và điều chỉnh trạng thái vận tốc đúng với áp suất tối thiểu.



Tab Type

Lưu lượng



Dụng cụ đo lưu lượng đọc trực tiếp

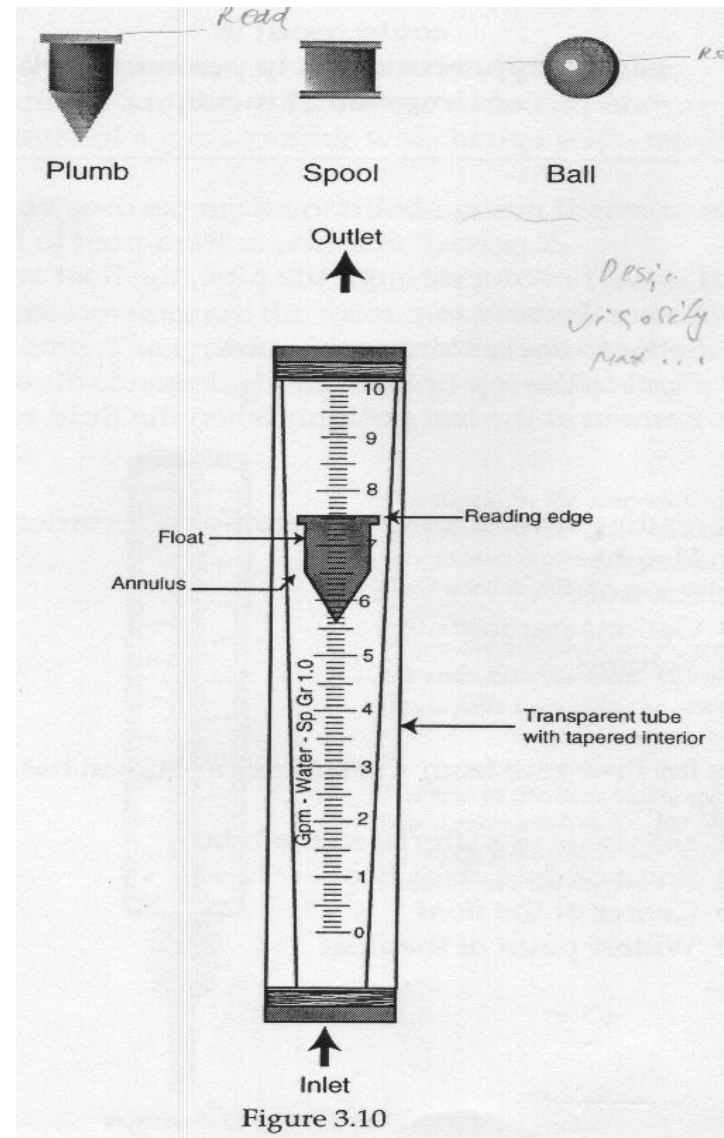
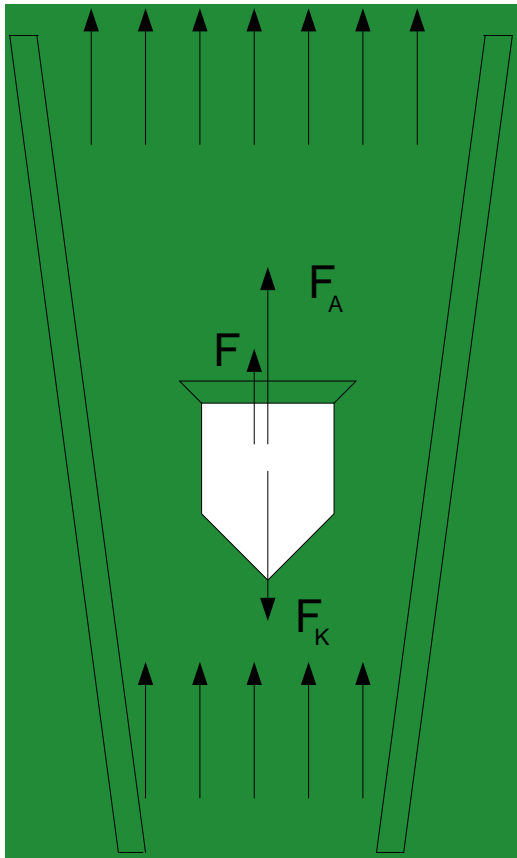
■ Rotameter

- ❖ Là dụng cụ đo lưu lượng trong ống dẫn kín.
- ❖ Cấu tạo:
 - ✓ Gồm một ống thủy tinh có đường kính nhỏ dần có chứa phao (còn gọi là cục trọng lượng).
 - ✓ Phao có thể di chuyển tự do trong ống.
 - ✓ Ống được gắn vào đường ống theo chiều thẳng đứng, đầu có đường kính nhỏ hướng xuống dưới là lối vào của chất chảy.
 - ✓ Phao có nhiều hình dạng khác nhau như: hình quả rọi, ống chỉ, cầu.

Dụng cụ đo lưu lượng đọc trực tiếp



■ Rotameter



ĐO LƯU LƯỢNG BẰNG PHAO CHÌM



- Thiết bị gồm một ống hình côn trụ thẳng đứng cho dòng chất lỏng chảy từ dưới lên trên.
- Phao được thả vào trong chất lỏng sẽ tìm được vị trí đứng yên khi nó cân bằng giữa trọng lực và lực đẩy.
- Chiều cao vị trí của phao chìm tỉ lệ với lưu lượng của dòng chảy.
- Trên vành phao, người ta tạo thành rãnh xiên nhỏ làm phao quay quanh trục.

ĐO LƯỜNG BẰNG PHAO CHÌM

- Quan hệ giữa lưu lượng và vị trí của phao:

$$q_m = A_r \cdot C \cdot \sqrt{(\rho_s - \rho_1) \rho_1}$$

Trong đó:

- A_r là tiết diện của khe hở tròn
- ρ_s Tỷ trọng của phao.
- ρ_1 Tỷ trọng chất lỏng.
- C Hệ số kể đến lực ma sát.

Cảm biến lưu lượng

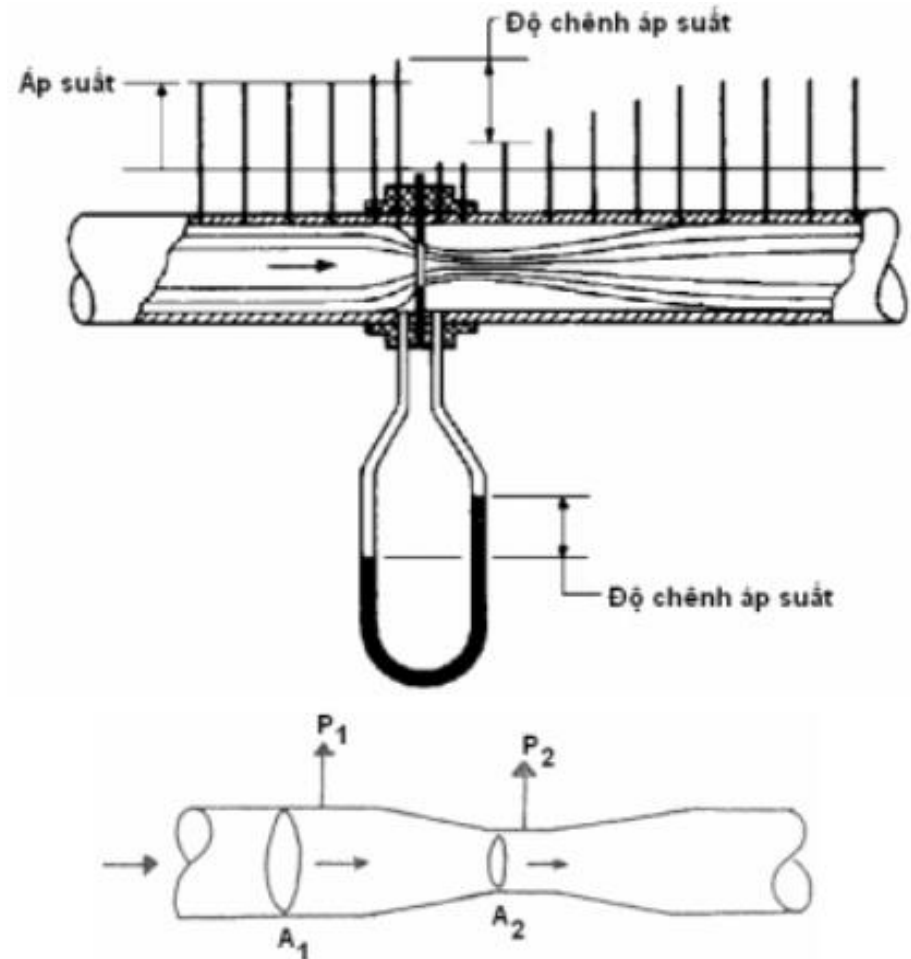


- Kiểu chênh áp (DP)
- Kiểu Vortex (tần số dòng xoáy)
- Kiểu siêu âm
- Kiểu từ tính
- Kiểu thể chỗ (PD)
- Kiểu cơ khí:
 - Lưu lượng kế cánh quạt-tuabin (Turbine flowmeters),
 - Lưu lượng kế phao nổi (Variable-area flowmeters)
- Kiểu khối lượng
 - Coriolis Mass Flowmeter
 - Thermal Mass Flowmeter

Cảm biến lưu lượng kiểu chênh lệch áp suất

❖ Nguyên lý đo lưu lượng bằng chênh áp

- Nguyên tắc thay đổi độ giảm áp suất qua ống thu hẹp
- ✓ Các ống “venturi”, các tấm “orifice” và các “nozzle” là những thiết bị giảm áp thường được đặt trong đường ống quá trình để đo lưu lượng. Cả ba đều tạo nên một chênh lệch áp suất mà có thể dễ dàng đo được và từ đó tính được lưu lượng thể tích.
- Độ chênh áp suất này phụ thuộc vào lưu lượng chảy qua ống



Cảm biến lưu lượng kiểu chênh lệch áp suất



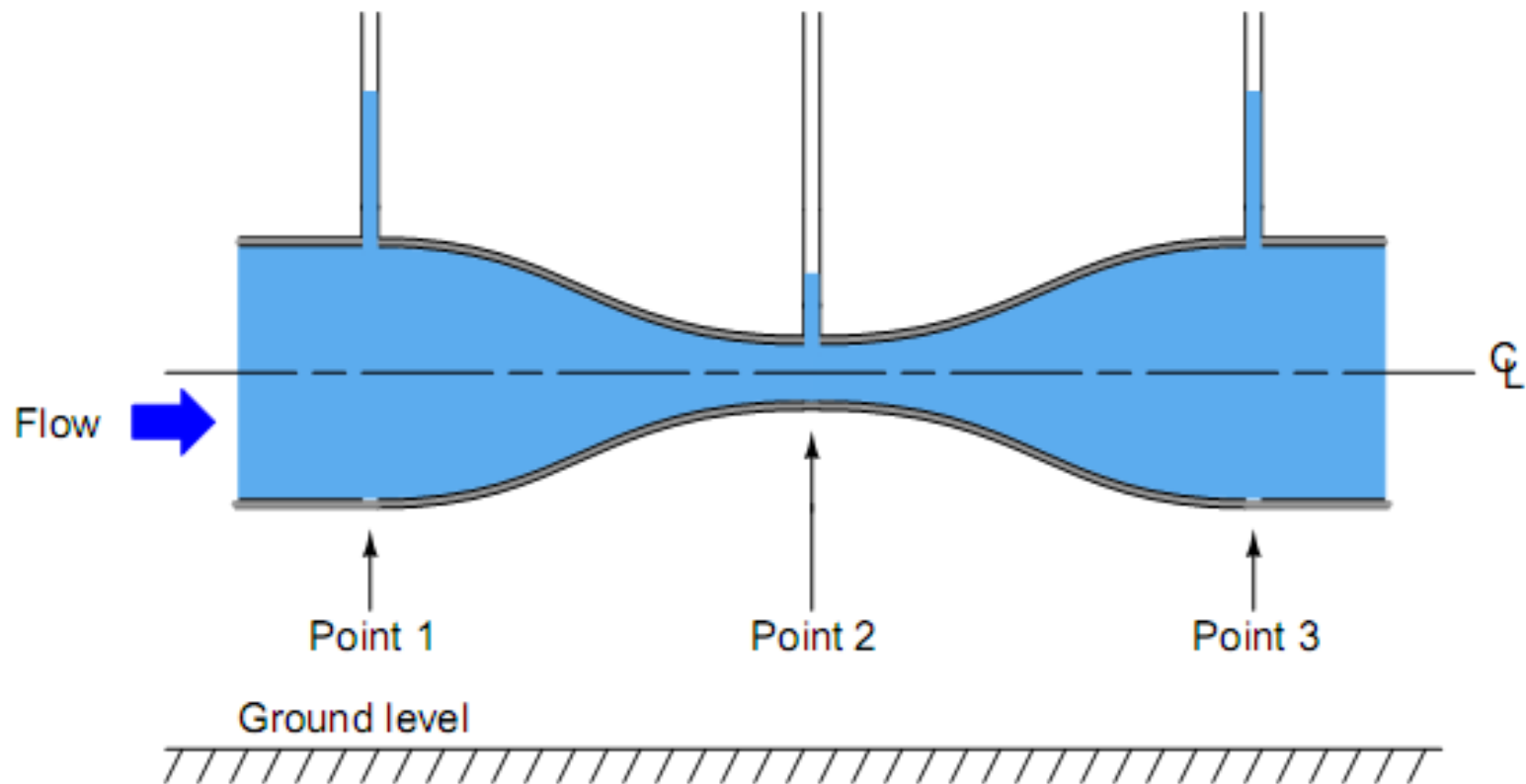
❖ Nguyên lý:

- Dòng chảy có lưu lượng thể tích không đổi đi qua một vùng giới hạn, vận tốc dòng chảy tăng lên. Sự thay đổi về vận tốc làm giảm áp suất tĩnh nơi mà dòng chảy tăng tốc.

❖ Hoạt động:

- Áp suất trên mỗi phía của vùng giới hạn có thể đo được nhờ sử dụng đồng hồ đo áp suất hoặc thiết bị cảm biến áp suất chênh lệch.
- Một đồng hồ áp suất được đặt phía trước vùng giới hạn, và cái còn lại được đặt nơi dòng chảy hẹp nhất và có vận tốc cao nhất

ĐỊNH LUẬT BERNOULLI



$$z_1 \rho g + \frac{v_1^2 \rho}{2} + P_1 = z_2 \rho g + \frac{v_2^2 \rho}{2} + P_2$$

ĐỊNH LUẬT BERNOULLI

Trong đó:

z_1, z_2 là chiều cao của dòng quá trình so với đất

ρ Khối lượng riêng.

g gia tốc trọng trường.

v là vận tốc dòng quá trình

P là áp suất dòng quá trình

ĐỊNH LUẬT BERNOULLI

- Bỏ qua z_1, z_2 ta có:

$$\frac{v_1^2 \rho}{2} + P_1 = \frac{v_2^2 \rho}{2} + P_2$$

$$\frac{\rho}{2} (v_2^2 - v_1^2) = P_1 - P_2$$

- Lưu lượng trước và sau lỗ thu hẹp không thay đổi:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

→

$$v_1 = \frac{A_2}{A_1} v_2$$

ĐỊNH LUẬT BERNOULLI

$$\frac{\rho}{2} (v_2^2 - (\frac{A_1}{A_2})^2 v_2^2) = P_1 - P_2$$

$$\frac{\rho}{2} v_2^2 (1 - (\frac{A_1}{A_2})^2) = P_1 - P_2$$

$$v_2 = \sqrt{2} \sqrt{\frac{1}{1 - (\frac{A_1}{A_2})^2}} \sqrt{\frac{(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

ĐỊNH LUẬT BERNOLLI

- Lưu lượng chất lỏng chảy qua một đường ống:

$$Q = A.v$$

$$A_2 v_2 = \sqrt{2} A_2 \sqrt{\frac{1}{1 - \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2} \frac{(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

$$Q = \sqrt{2} A_2 \sqrt{\frac{1}{1 - \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2} \frac{(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

ĐỊNH LUẬT BERNOLLI

- Lưu lượng chất lỏng chảy qua một đường ống:

$$Q = A.v$$

$$Q = \sqrt{2}A_2 \sqrt{\frac{1}{1 - \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2} \frac{(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

$$Q = k \sqrt{\frac{(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

Đo lưu tốc- hiệu áp suất

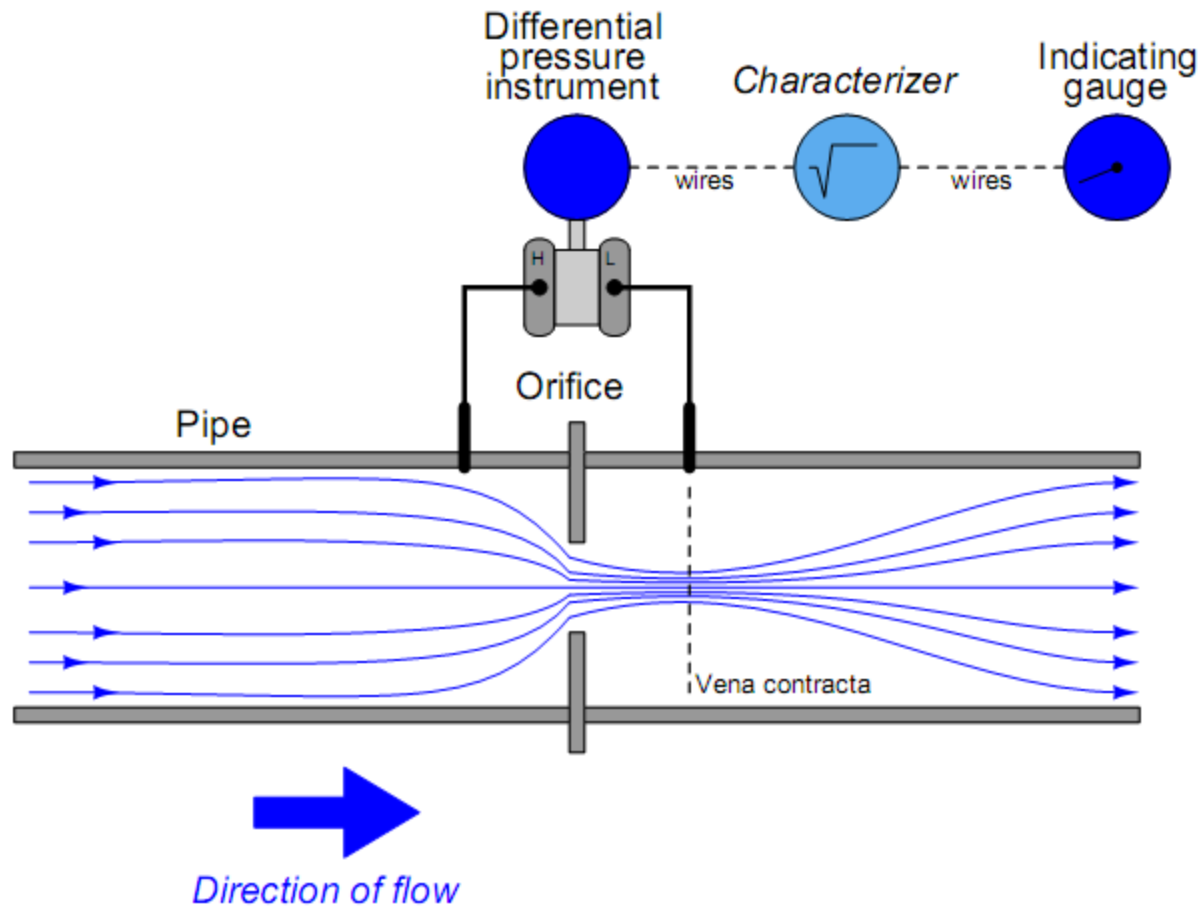
- Một trong những phương pháp được dùng rất nhiều trong Công nghiệp là cảm biến hiệu áp suất.
- Trong một ống dẫn chất lỏng hoặc khí, khi có một vật chắn đặt trên ống dẫn thì dòng chảy bị rối và tạo ra một hiệu áp suất trước và sau vật chắn. Theo công thức

•Berloulli

$$q_v = k\mu S \sqrt{\frac{h}{\rho}} \qquad q_g = k\mu S \sqrt{h\rho}$$

- q_v - lưu tốc tính bằng thể tích của chất lỏng.
- q_g - lưu tốc tính bằng trọng lượng của chất lỏng.
- k - Hệ số phụ thuộc vào hình dáng hệ số biến đổi kích thước giữa ống và lỗ chắnvv..
- μ - độ nhớt của chất lỏng.
- S - Diện tích của ống dẫn
- h - hiệu áp suất trước và sau lỗ chắn.
- ρ - trọng lượng riêng của chất lỏng.

ĐỊNH LUẬT BERNOULLI



Cảm biến lưu lượng kiểu chênh lệch áp suất



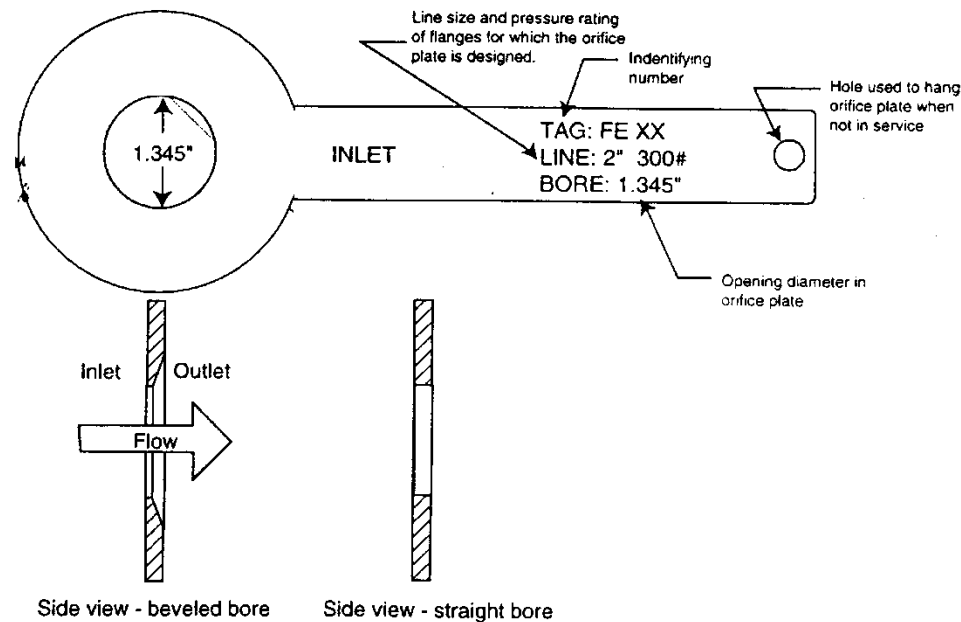
- Ưu điểm:
 - Không có thành phần chuyển động.
 - Thích hợp với nhiều loại vật liệu (such as air, hydrogen, ethane, methane, nitrous oxide, carbon dioxide, carbonmonoxide, helium, oxygen, argon, propane and neon,...)
- Nhược điểm:
 - Chỉ dùng với vật liệu sạch.

Cảm biến lưu lượng kiểu chênh lệch áp suất



■ Tấm Orifice:

- ❖ Tấm orifice là dạng thiết bị giới hạn phổ biến nhất dùng cho cảm biến lưu lượng kiểu chênh áp. Một tấm orifice về cơ bản là một tấm kim loại mỏng với lỗ khoan ở giữa. Lỗ khoan phải nhẵn, một vết khía hoặc gờ có thể làm cho kết quả đọc bị sai lệch, tạo ra xoáy cho dòng chảy.

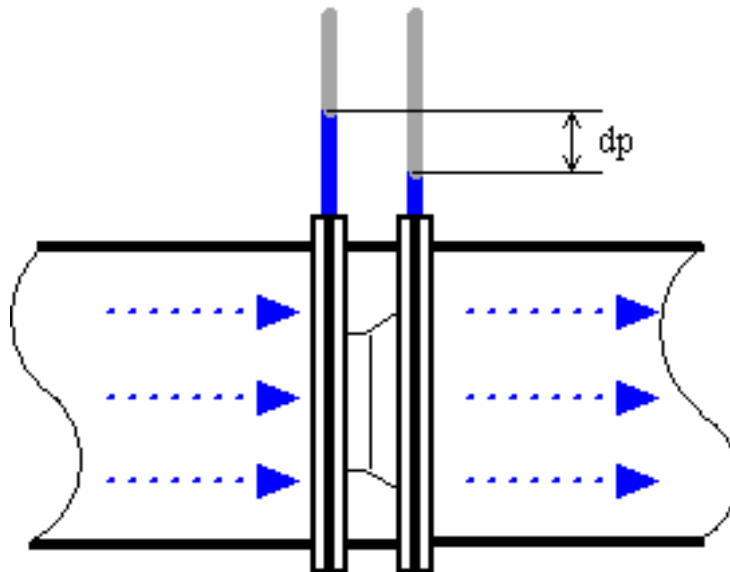


Cảm biến lưu lượng kiểu chênh lệch áp suất



■ Tầm Orifice:

- ❖ Tầm “orificie” được đặt trong dòng chảy quá trình giữa hai mặt bích nằm trên các ống nằm ngang hay thẳng đứng.

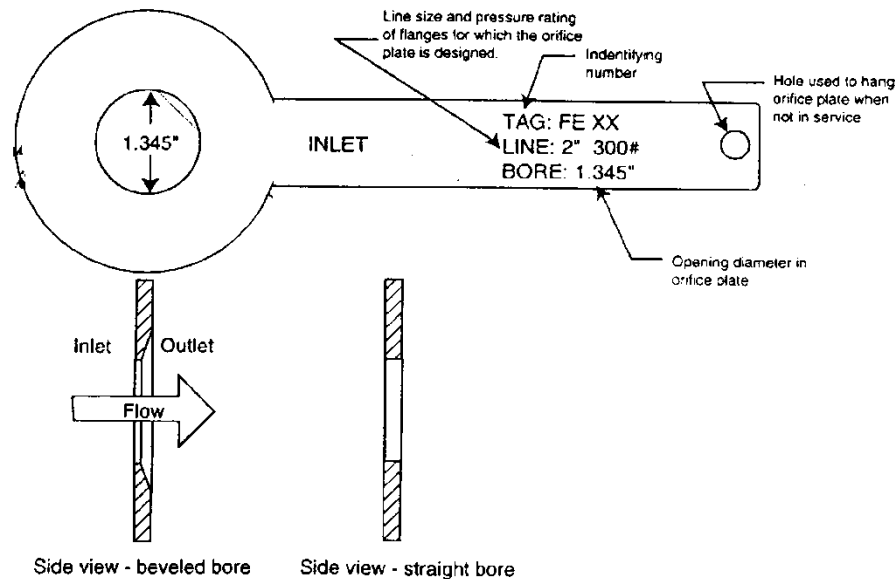


Cảm biến lưu lượng kiểu chênh lệch áp suất



■ Tấm Orifice:

- ❖ Phía vào của tấm “orifice” thường được đánh dấu trên tay cầm của nó. Nó có thể được nhận dạng bằng cách kiểm tra lỗ khoan.
- ❖ Thông thường, các tấm “orifice” được đánh dấu các thông tin nhận dạng bên phía mặt vào.

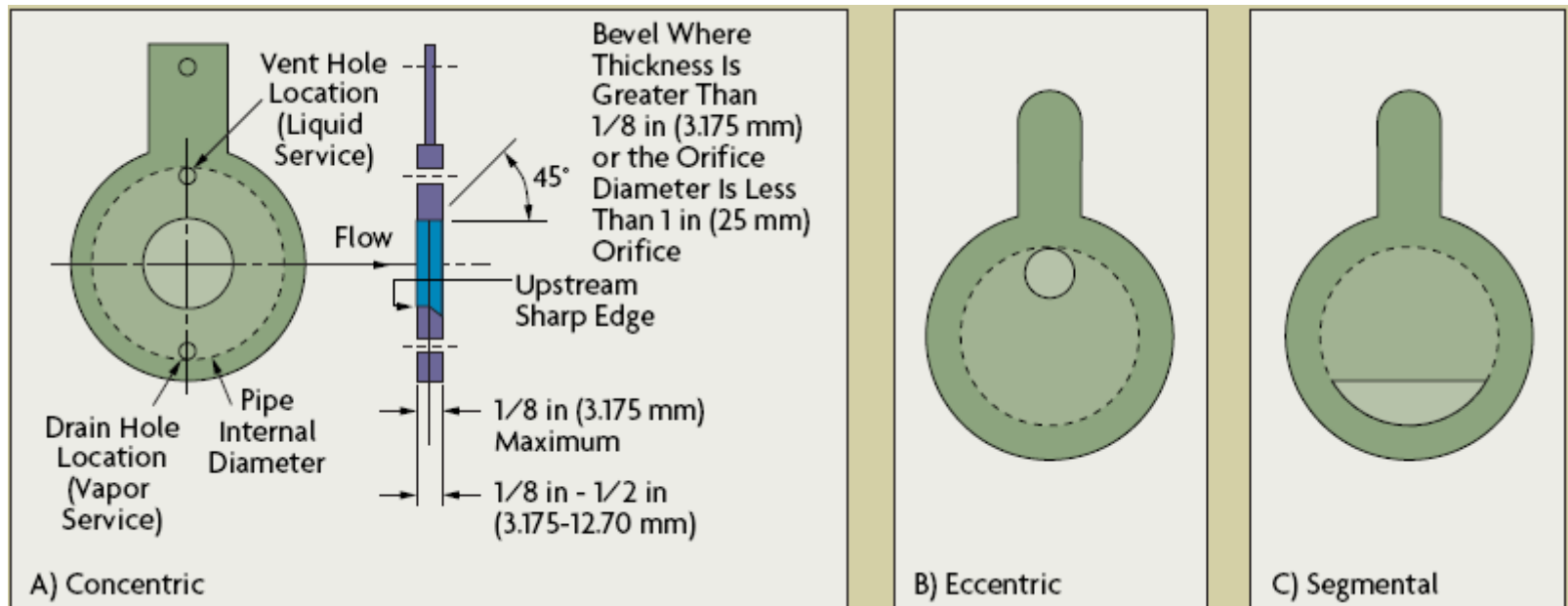


Cảm biến lưu lượng kiểu chênh lệch áp suất



■ Tầm Orifice:

❖ Hình dáng lỗ khoan:



Đồng tâm

Lệch tâm

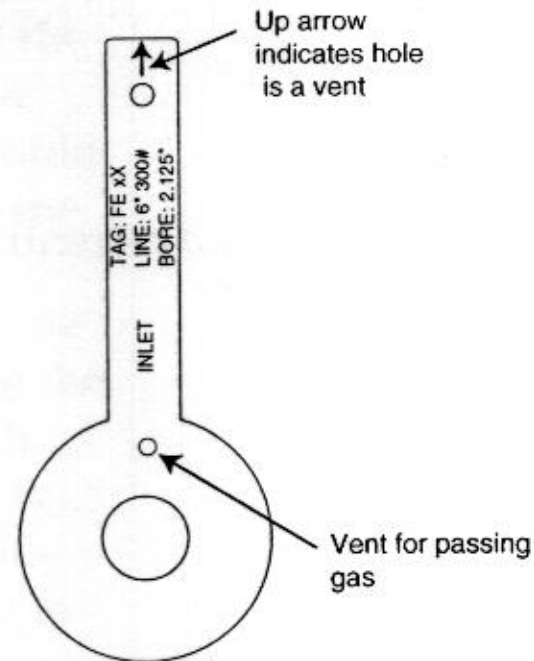
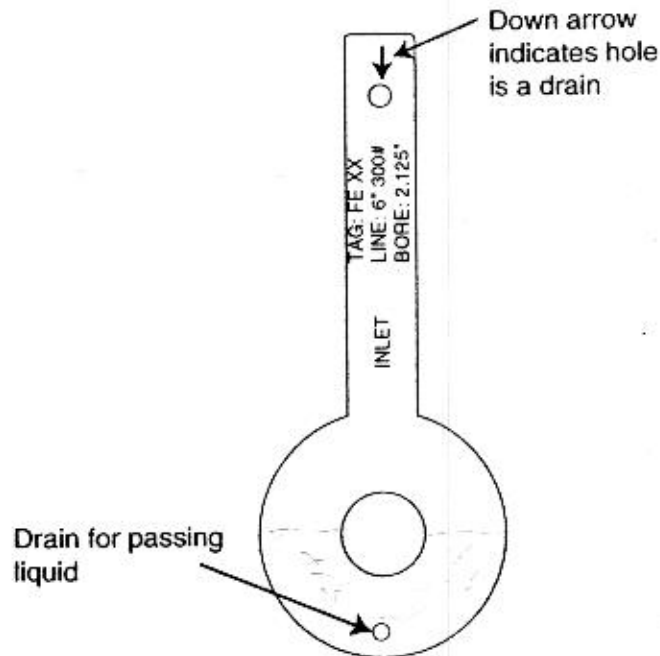
Vòm

Cảm biến lưu lượng kiểu chênh lệch áp suất



■ Tắm Orifice:

- ❖ Tắm orifice có thể có lỗ hờ với hình dáng và vị trí khác nhau phụ thuộc vào tính chất của chất chảy.



Cảm biến lưu lượng kiểu chênh lệch áp suất

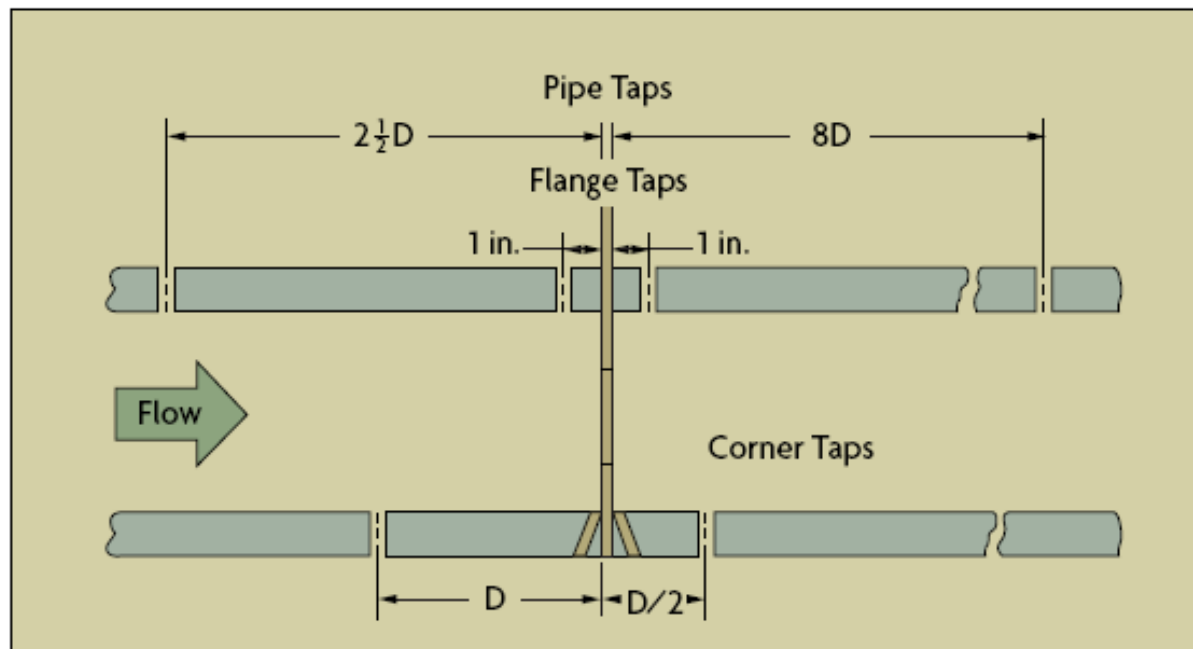


■ Tắm Orifice:

Cách xác định vị trí đo áp suất:

Phía áp suất cao đủ xa để không bị ảnh hưởng thay đổi áp suất do lỗ khoan gây ra, phía áp suất thấp ở vị trí tốc độ dòng chảy là cao nhất.

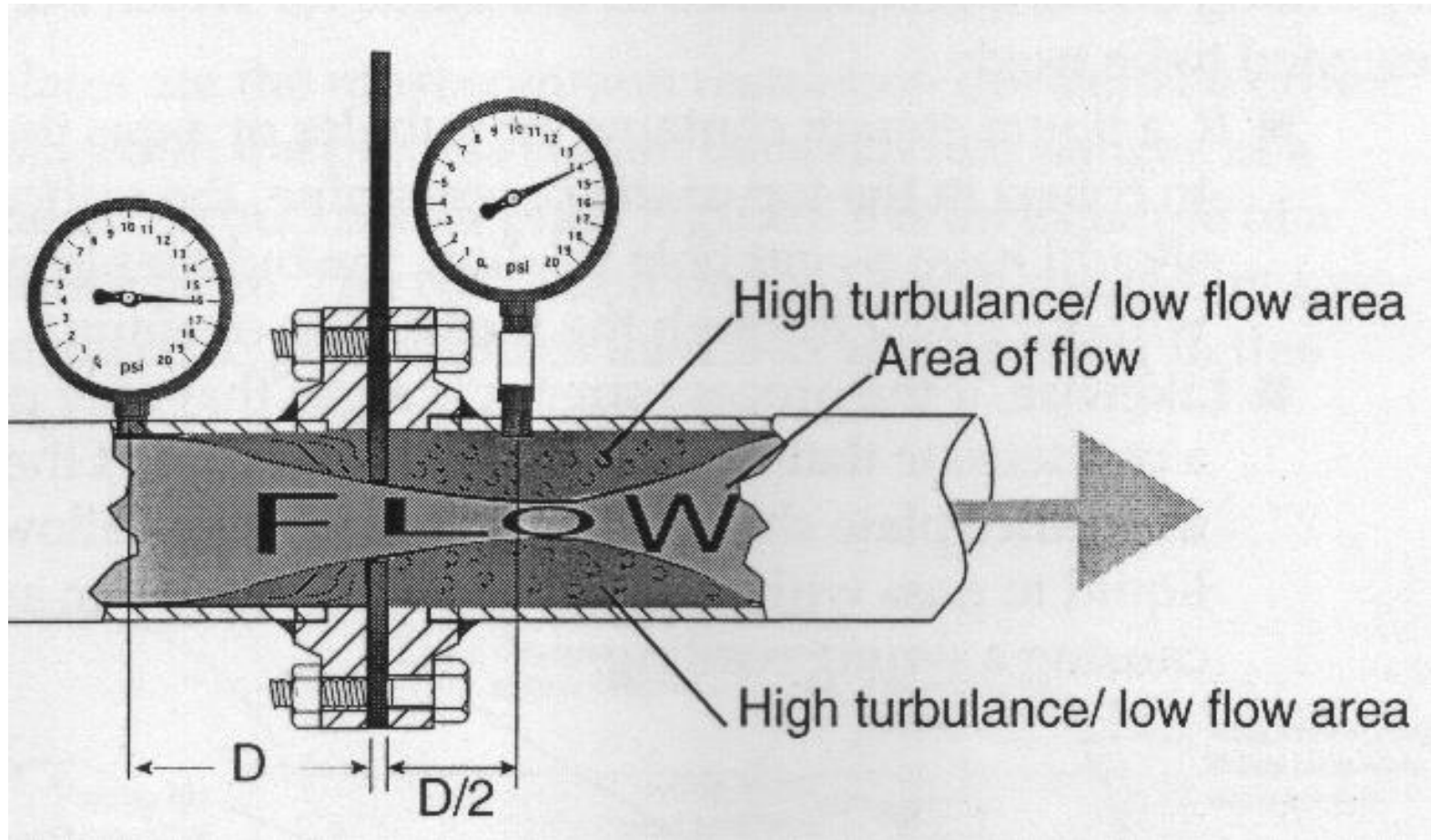
Thông thường ta có hai tỉ lệ sau: $D - D/2$ hoặc $2\frac{1}{2}D - 8D$ với D là đường kính ống.



Cảm biến lưu lượng kiểu chênh lệch áp suất



■ Tắm Orifice:



Cảm biến lưu lượng kiểu chênh lệch áp suất



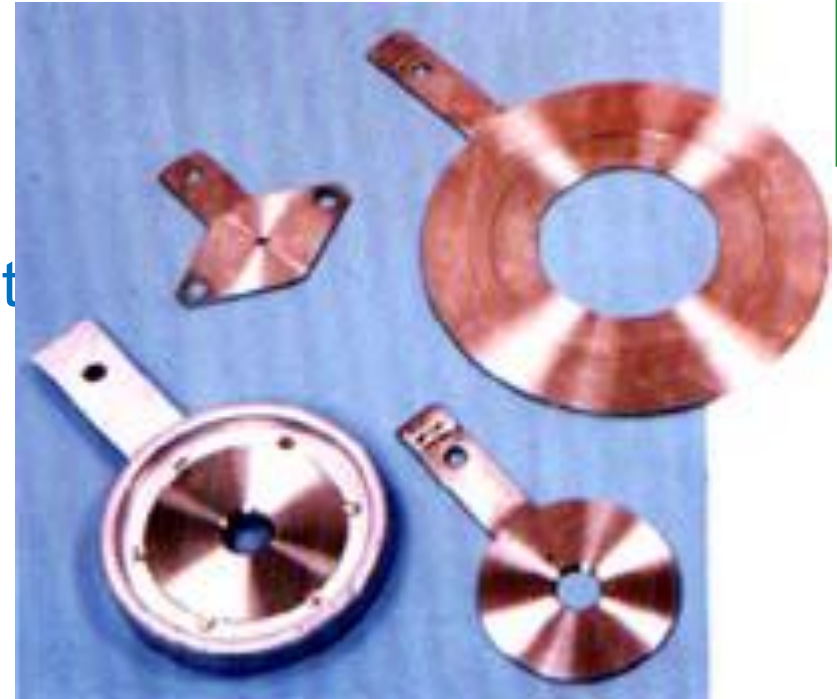
■ Tăm Orifice:

❖ Ưu điểm:

- ✓ Tạo ra chênh áp cao
- ✓ Giá thành thấp
- ✓ Dễ dàng lắp đặt và thay thế

❖ Nhược điểm:

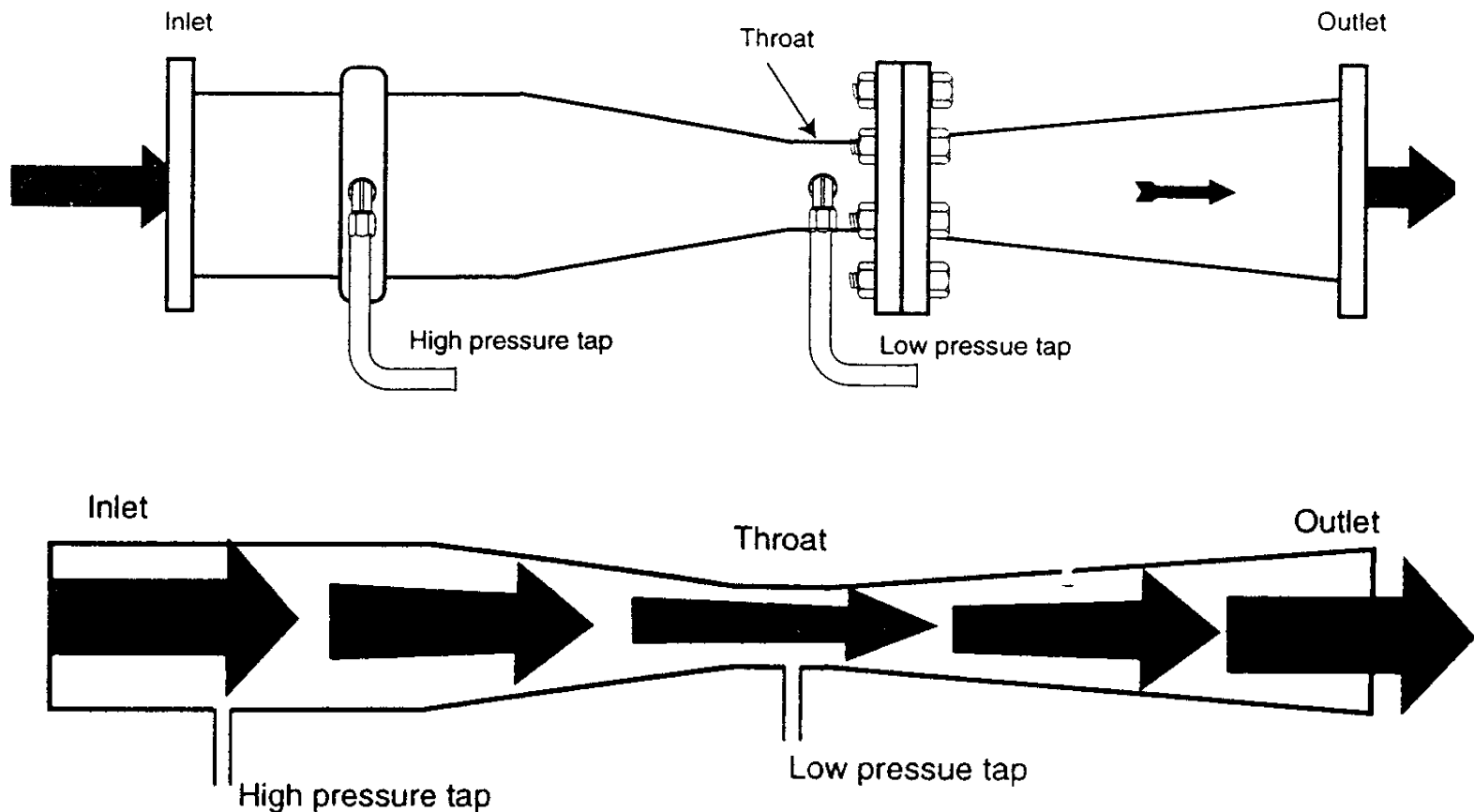
- ✓ Tăng chi phí về bơm



Cảm biến lưu lượng kiểu chênh lệch áp suất



■ Ống Venturi:



Cảm biến lưu lượng kiểu chênh lệch áp suất



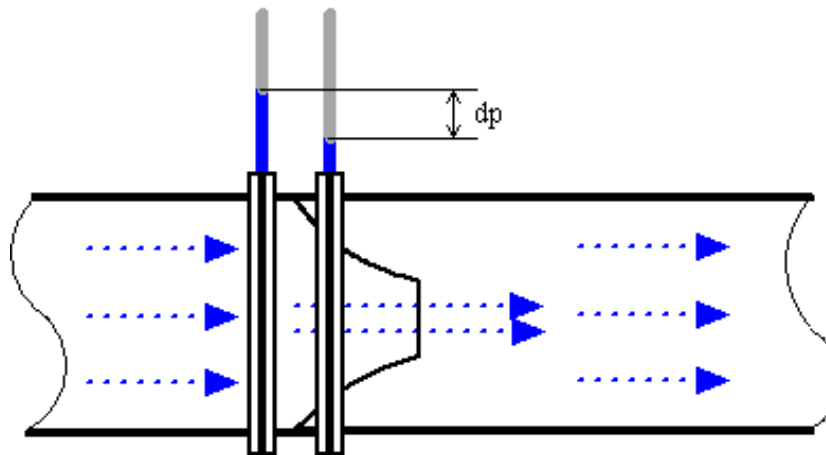
■ Ống Venturi:

- ❖ Kém chính xác hơn so với tấm Orifice
- ❖ Chênh áp tạo ra cũng nhỏ hơn với tấm Orifice
- ❖ Cồng kềnh và đắt tiền
- ❖ Có thể sử dụng với vật liệu bẩn

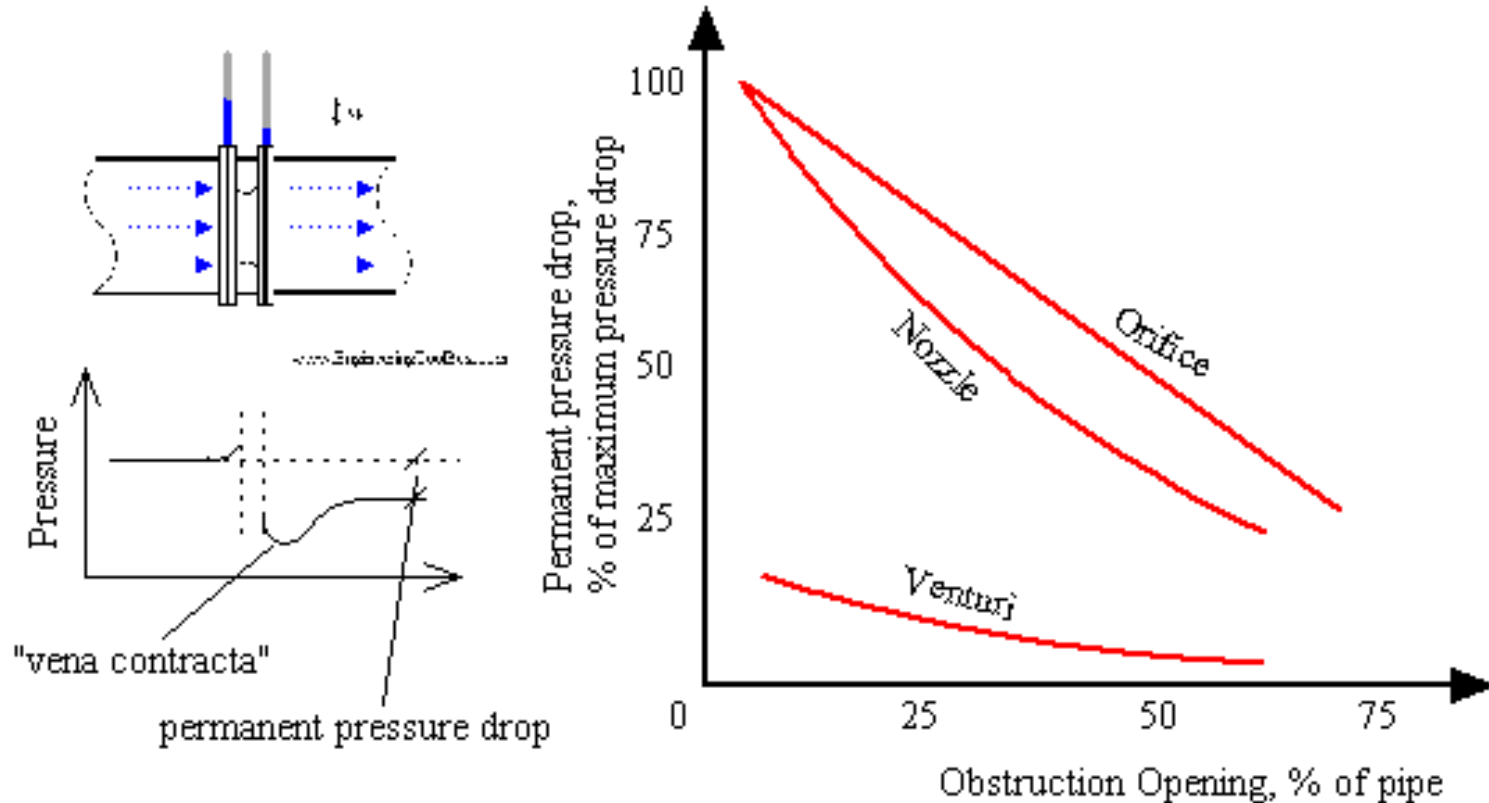
Cảm biến lưu lượng kiểu chênh lệch áp suất



- Vòi Nozzle:
 - Chênh áp tạo ra nhỏ hơn tấm orifice nhưng lớn hơn ống venturi.
 - Rẻ hơn ống venturi
 - Thích hợp với những dòng chảy có tốc độ cao



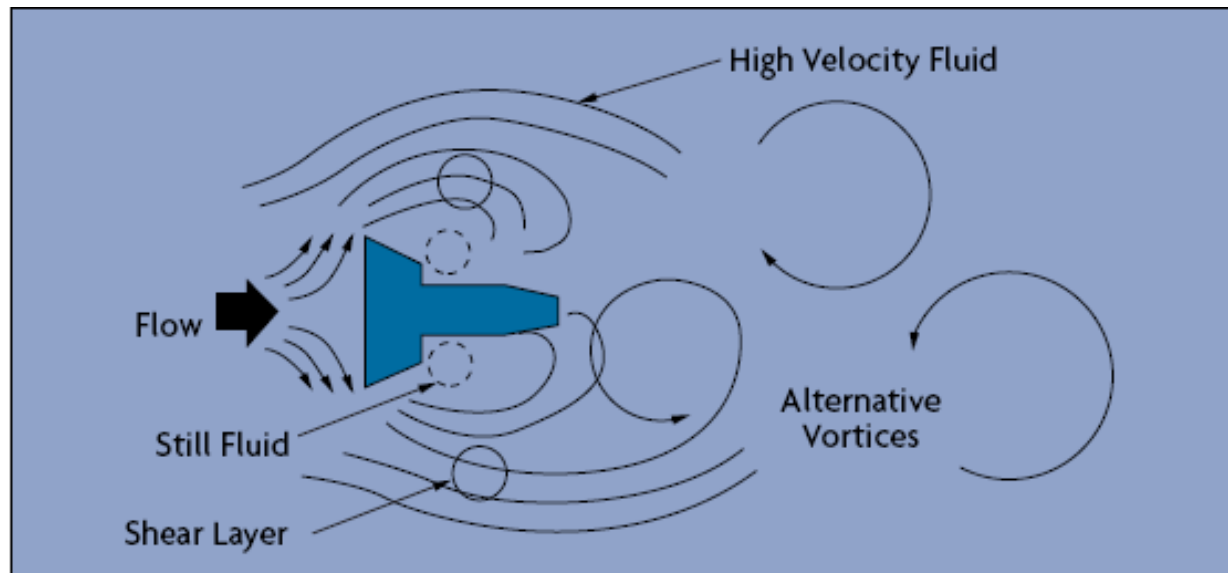
Cảm biến lưu lượng kiểu chênh lệch áp suất



Cảm biến lưu lượng kiểu Vortex

■ Nguyên lý hoạt động:

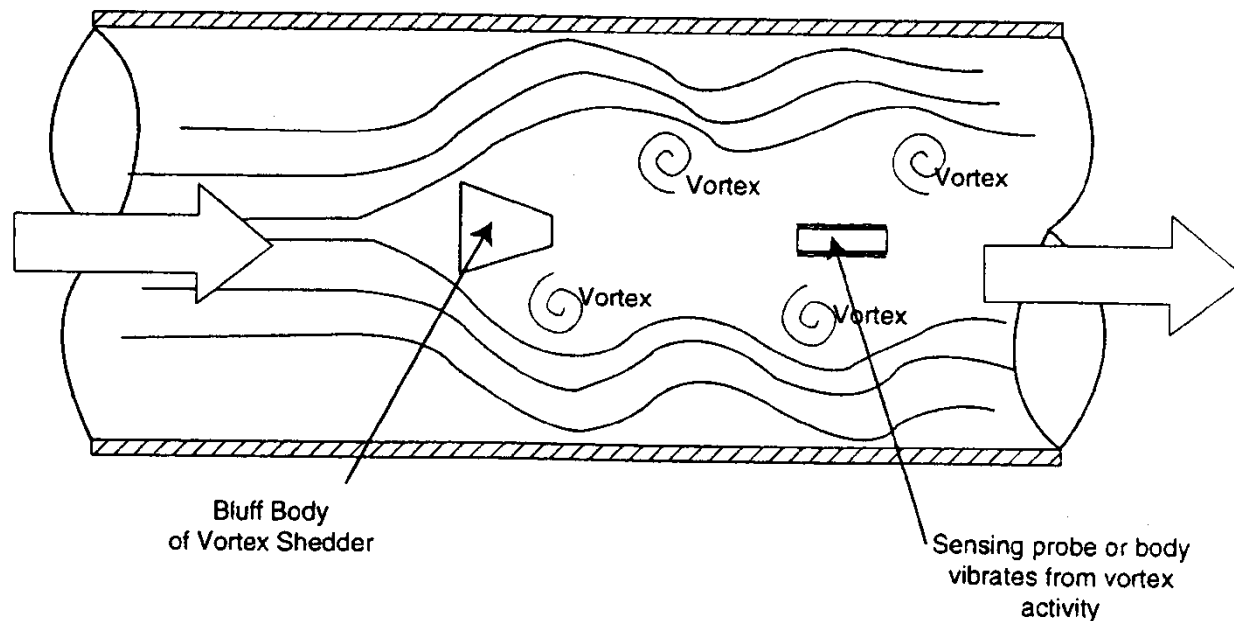
- ❖ Khi một dòng chất chảy nhanh tác động vào một vật cản dốc đứng đặc vuông góc với dòng chảy sẽ tạo ra các vùng xoáy.
- ❖ Tốc độ tạo xoáy trong dòng chất chảy tăng lên khi lưu lượng tăng.



Cảm biến lưu lượng kiểu Vortex

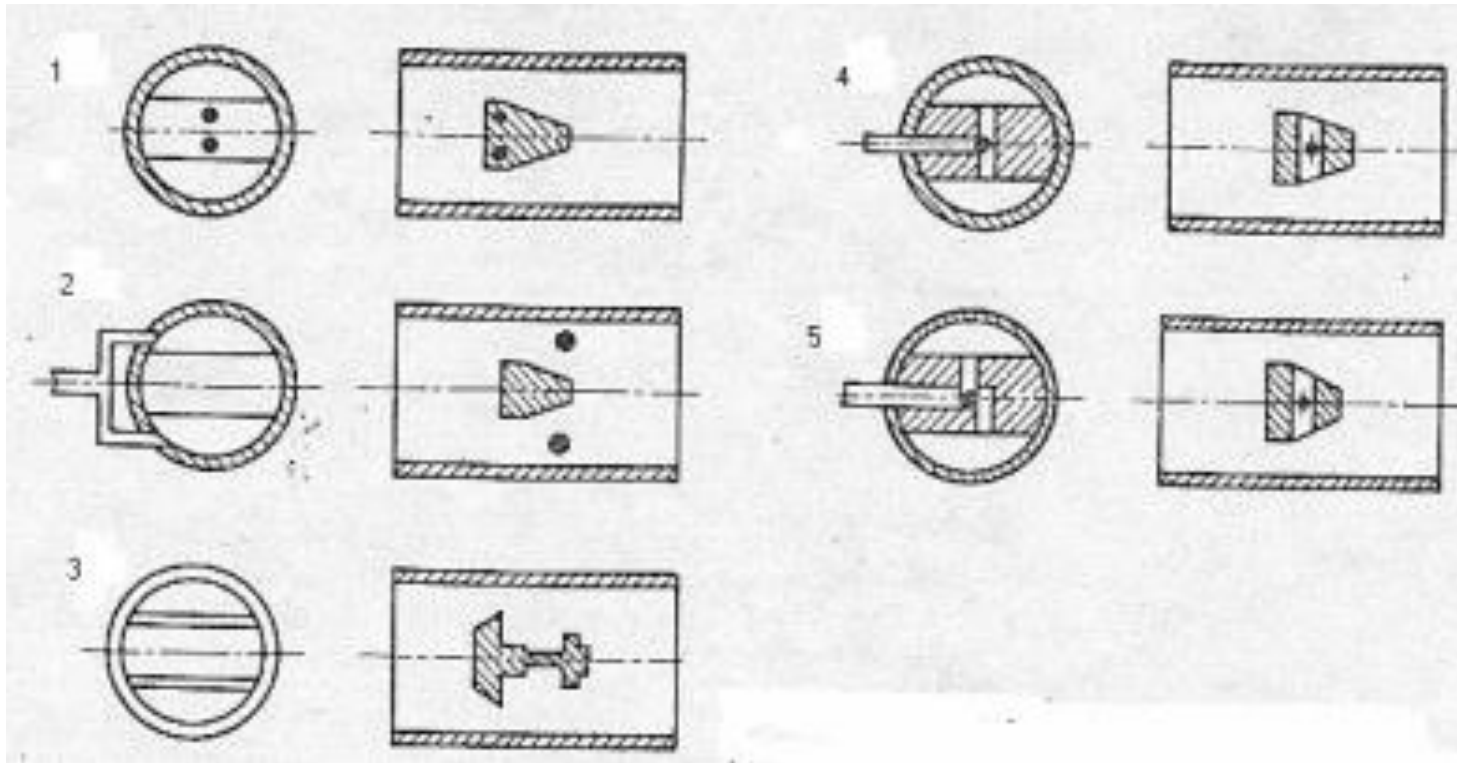
■ Cấu tạo:

- ❖ Vật cản dòng chảy, có chức năng tạo ra các kiểu xoáy định trước tùy thuộc vào hình dáng vật cản.
- ❖ Một cảm biến bị làm rung bởi dòng xoáy, chuyển đổi sự rung động này thành các tín hiệu điện.

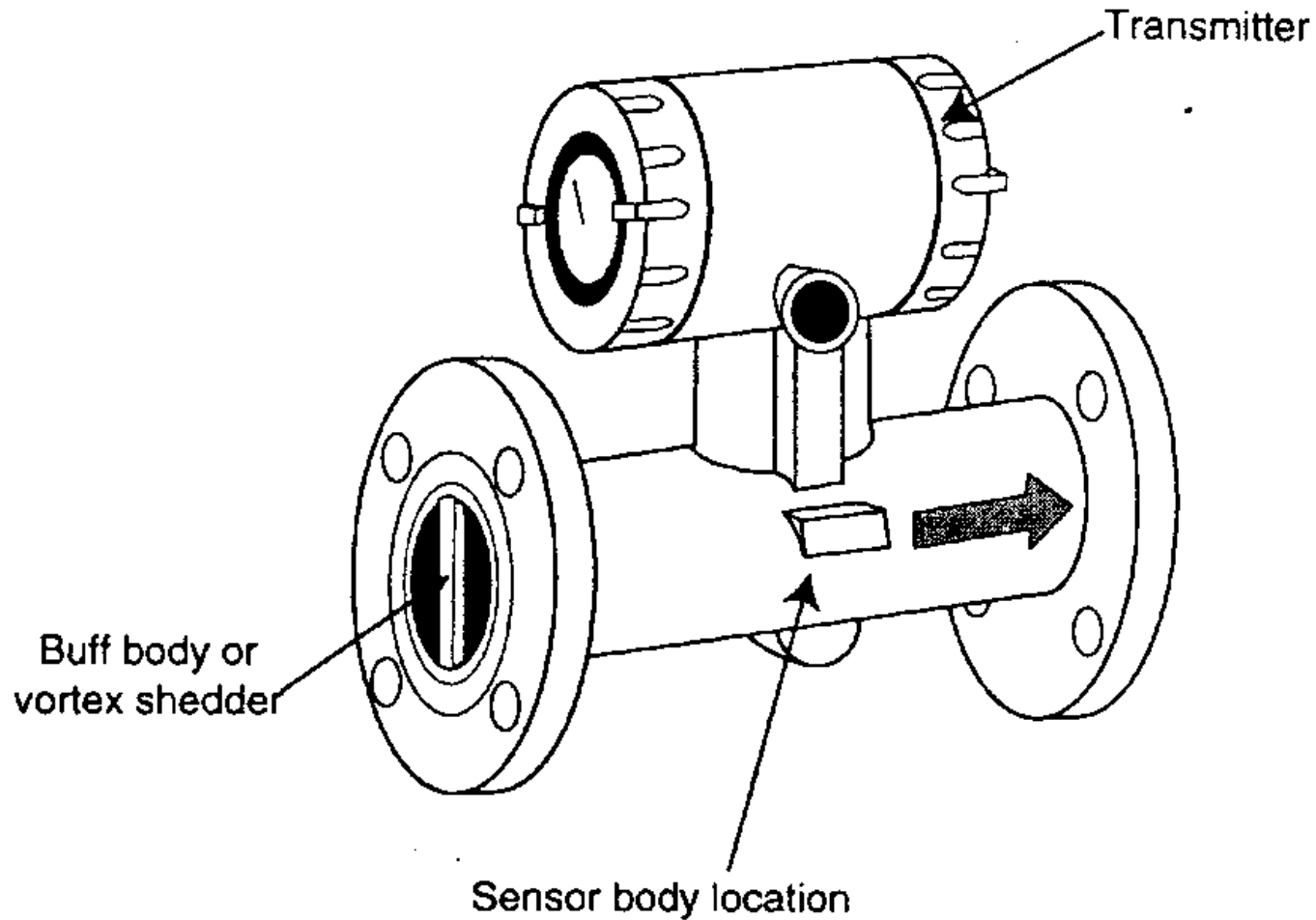


Cảm biến lưu lượng kiểu Vortex

Một số hình dạng vật chắn

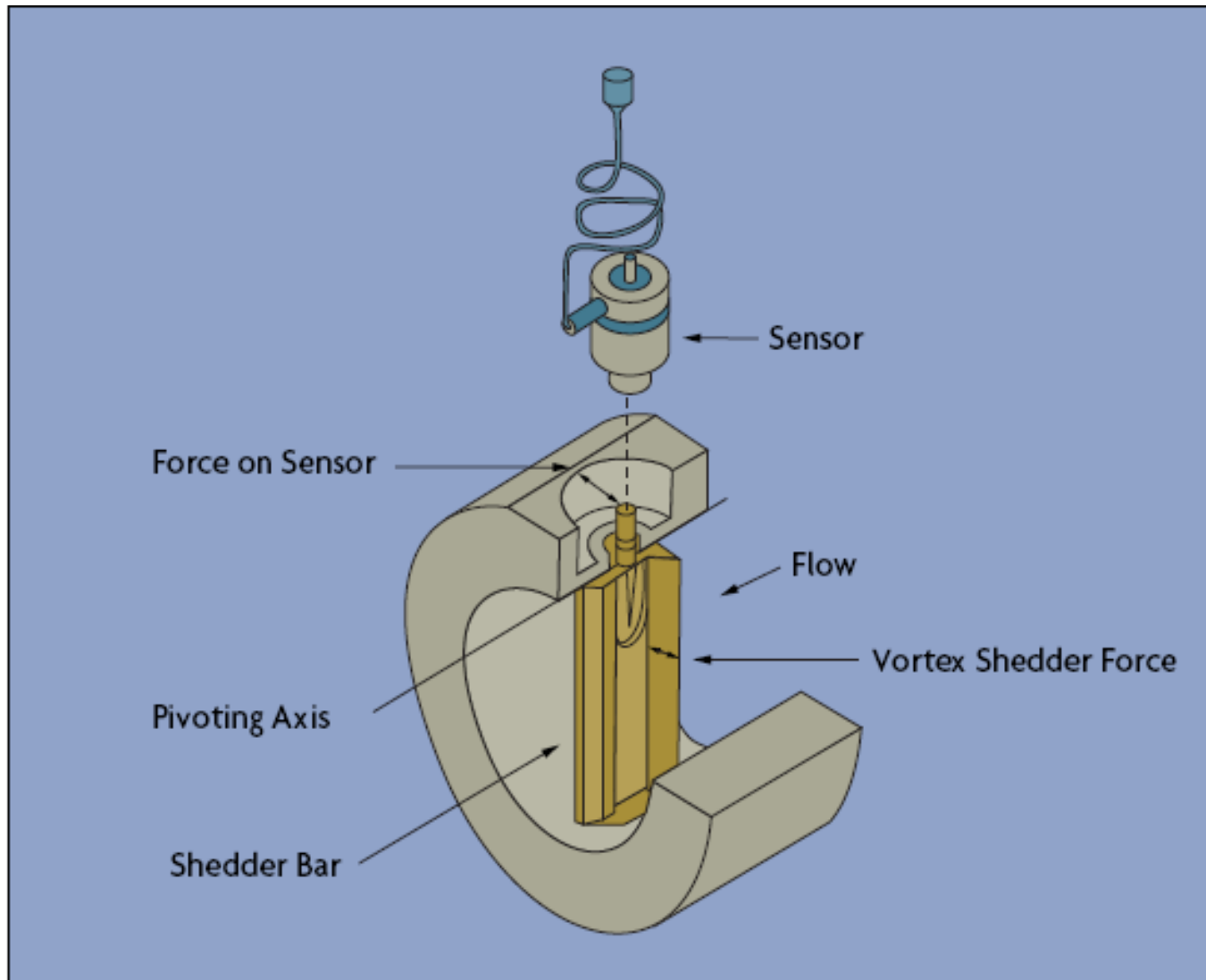


Cảm biến lưu lượng kiểu Vortex



Profile of typical vortex flow sensor

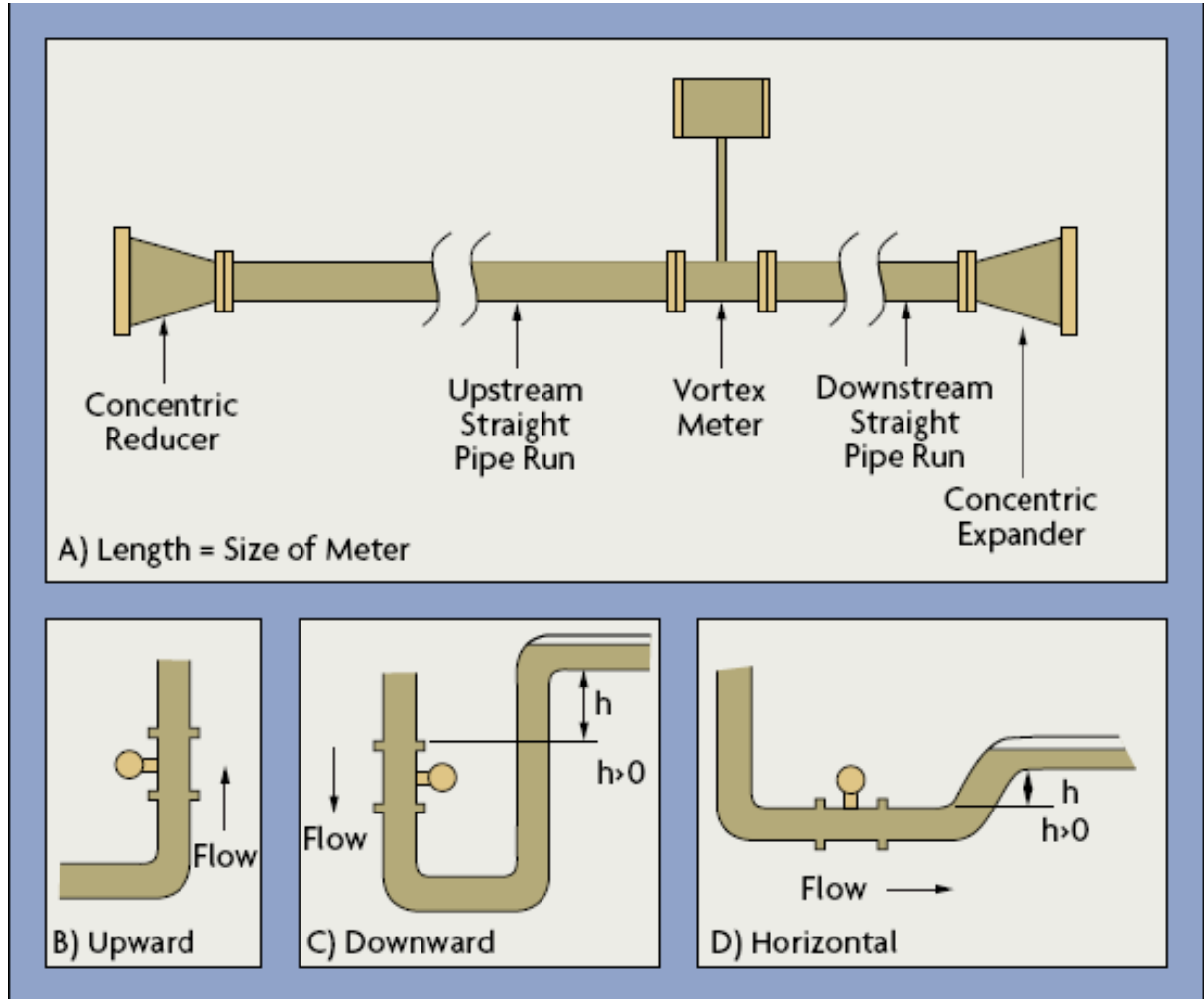
Cảm biến lưu lượng kiểu Vortex



Cảm biến lưu lượng kiểu Vortex



Figure 6
This photo shows a typical vortex meter. It may be installed horizontally or vertically in the pipe.

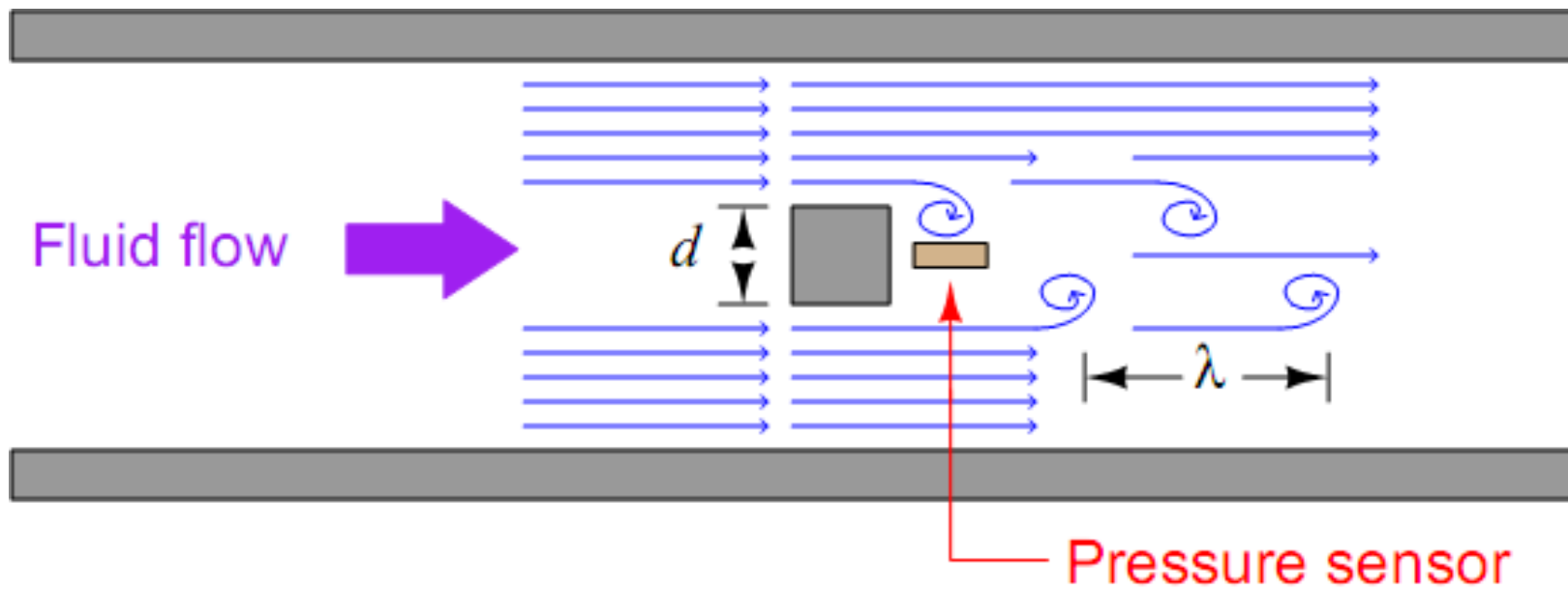


CẢM BIẾN VORTEX

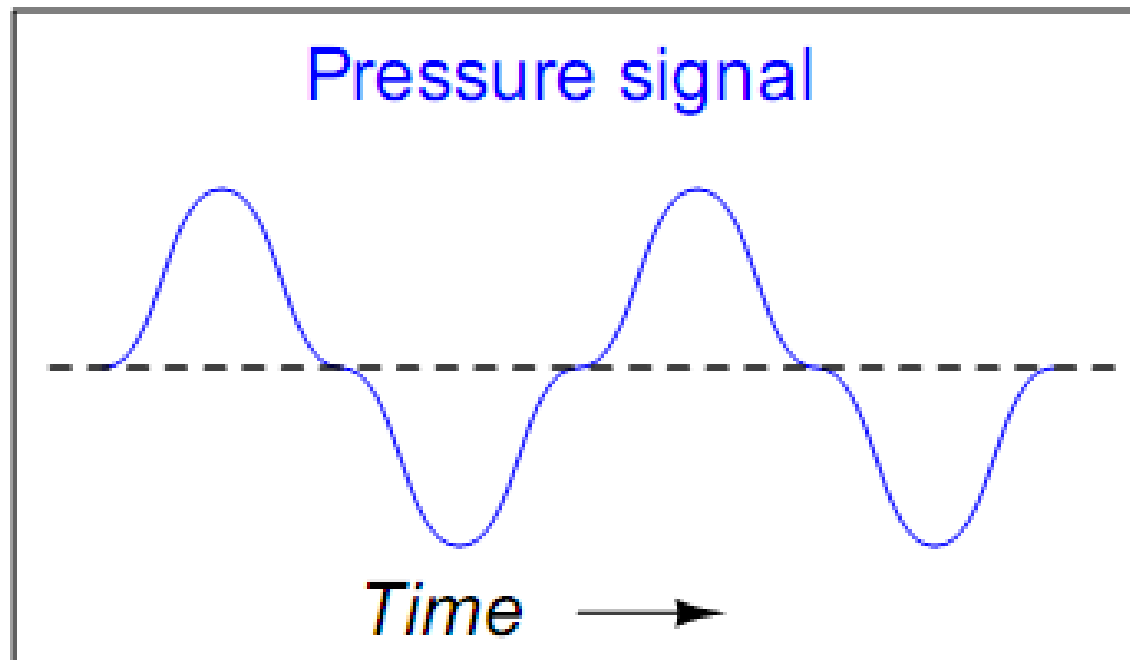


- Người ta sử dụng một vật cản hình côn (Bluff Body of Vortex Shedder) đặt vuông góc và chắn dòng chảy.
- Khi lưu chất gặp thiết bị này sẽ hình thành lên các xoáy nước phía hạ nguồn.
- Lưu lượng càng lớn thì các xoáy nước hình thành càng nhiều.
- Để xác định lưu lượng người ta sẽ đặt cảm biến đo dao động do các Vortex này gây nên.

CẢM BIẾN VORTEX



CẢM BIẾN VORTEX



CẢM BIẾN VORTEX

- Từ tín hiệu tần số đo được từ cảm biến ta có thể xác định được vận tốc của dòng chảy theo công thức:

$$v = \lambda f$$

- Từ đó ta biết được chiều dài của bước sóng sẽ bằng độ rộng của vật cản chia cho hằng số Strouhal ($\approx 0,17$):

$$v = \frac{d}{0.17} f$$

- Ta có công thức giữa tần số và lưu lượng:

$$f = k.Q$$

Trong đó : k là hệ số Vortex

Cảm biến lưu lượng kiểu Vortex

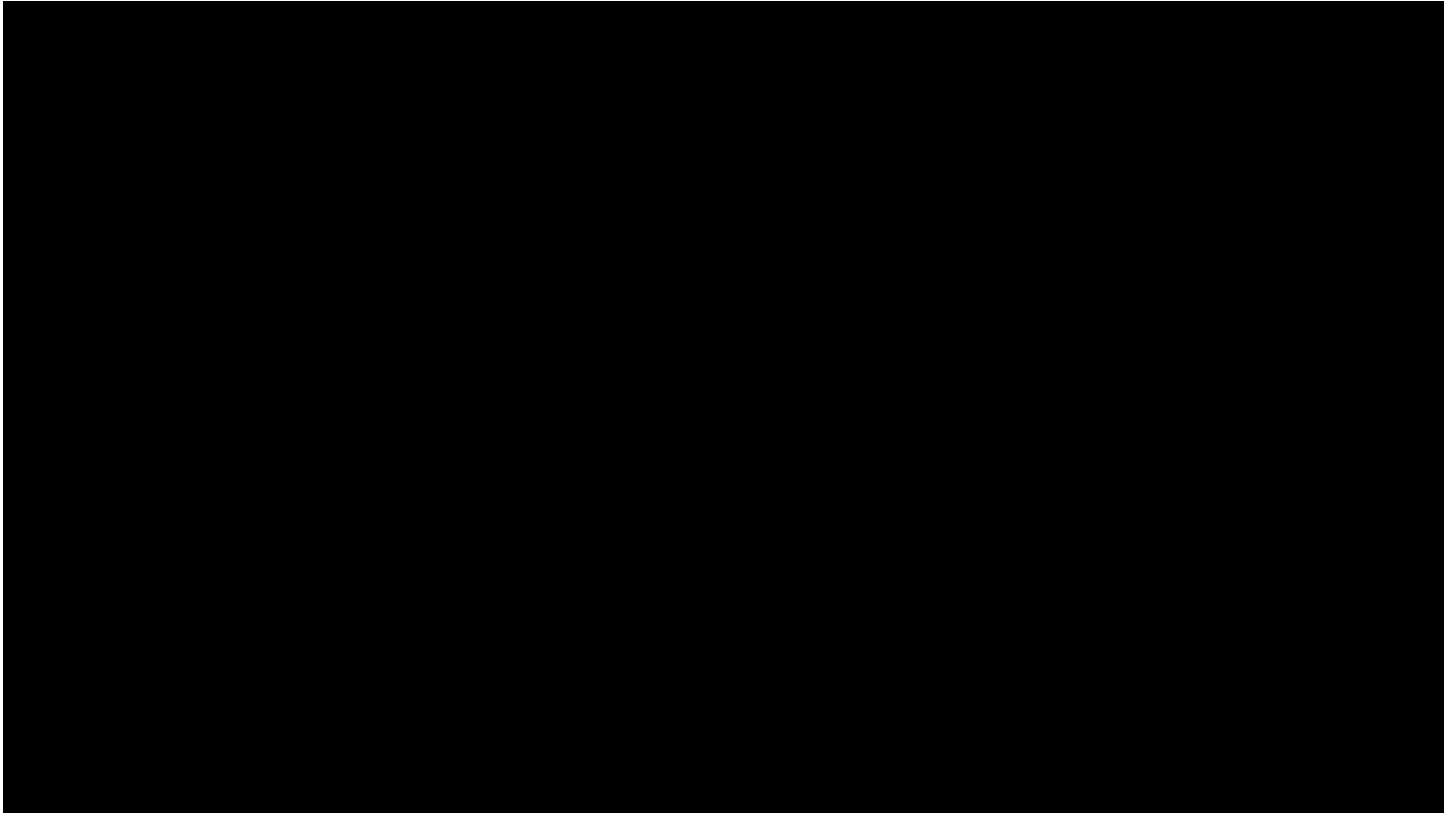


■ Ưu điểm:

- ❖ Không có thành phần động
- ❖ Không cần bảo dưỡng thường kỳ
- ❖ Thích hợp với cả chất lỏng, chất khí hoặc hơi.
- ❖ Độ chính xác ổn định
- ❖ Chi phí lắp đặt thấp
- ❖ Dùng được với nhiều cỡ ống

● Nhược điểm:

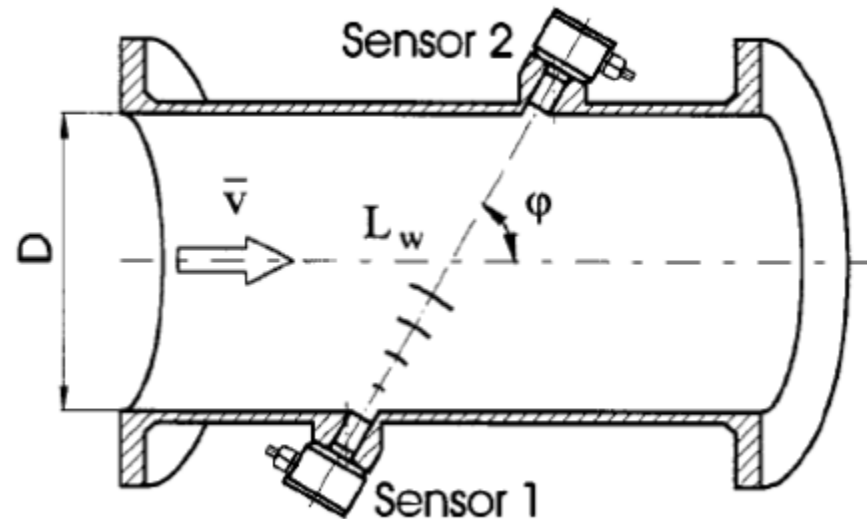
- Không thích hợp với tốc độ dòng thấp ($< 3 \text{ ft/s}$).
- Bị ảnh hưởng bởi rung động bên ngoài.



Cảm biến kiểu siêu âm

■ Ultrasonic flowmeter

Cấu tạo:



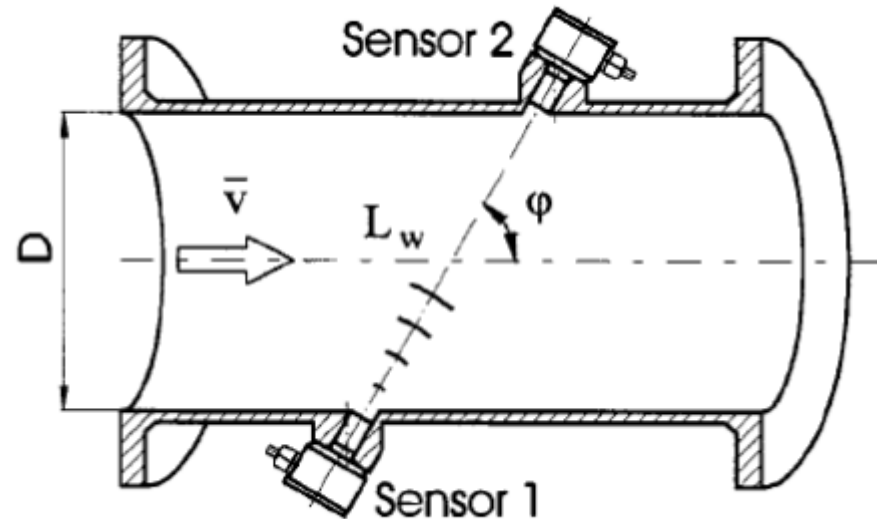
Có nhiều phương pháp để đo lưu lượng dựa vào cảm biến siêu âm, cách đơn giản và sử dụng rộng rãi trong công nghiệp là tính toán dựa vào khoảng thời gian của sóng truyền ngược dòng và xuôi dòng (transmit time).

Cảm biến kiểu siêu âm

Ultrasonic flowmeter

$$t_{12} = \frac{L_w}{c + v_a \cos \varphi}$$

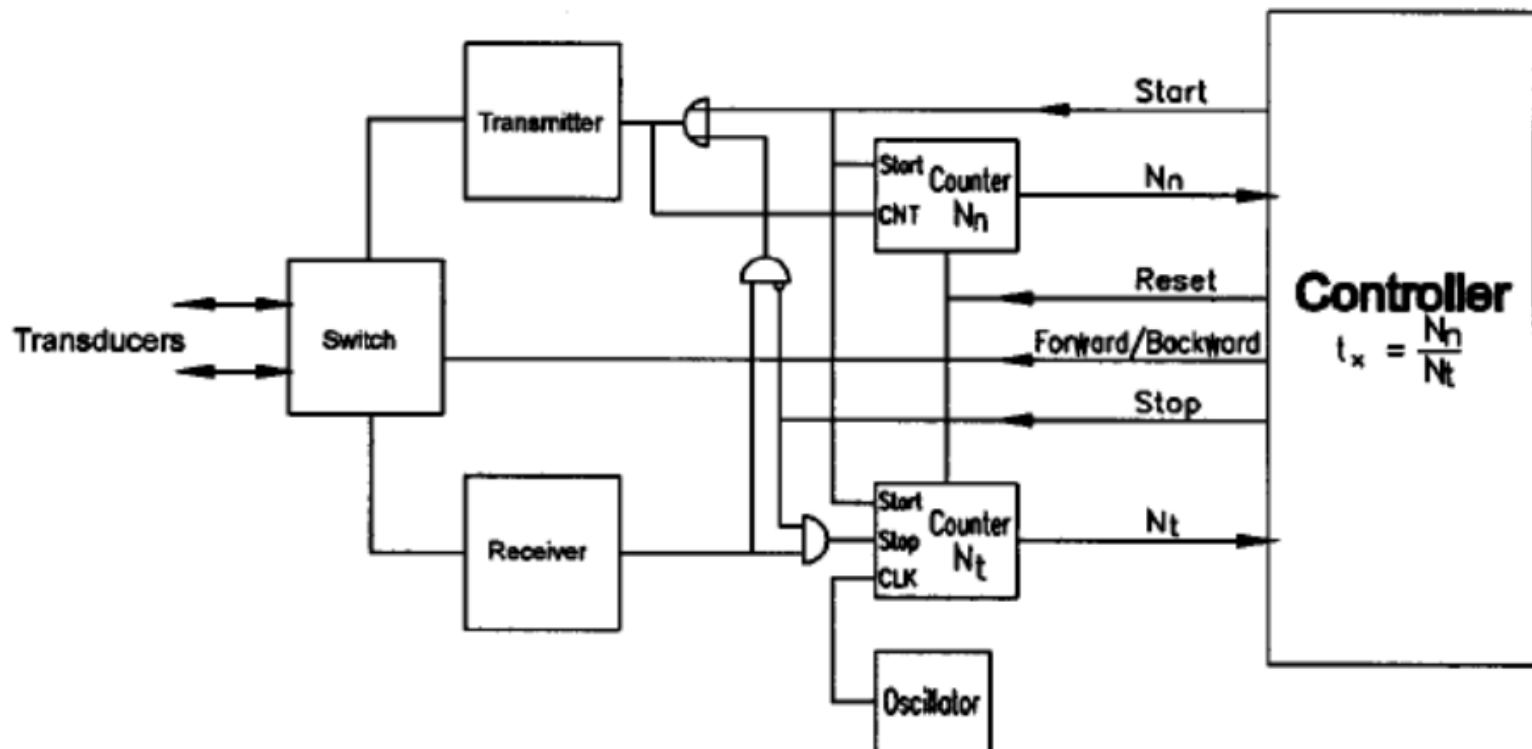
$$t_{21} = \frac{L_w}{c - v_a \cos \varphi}$$



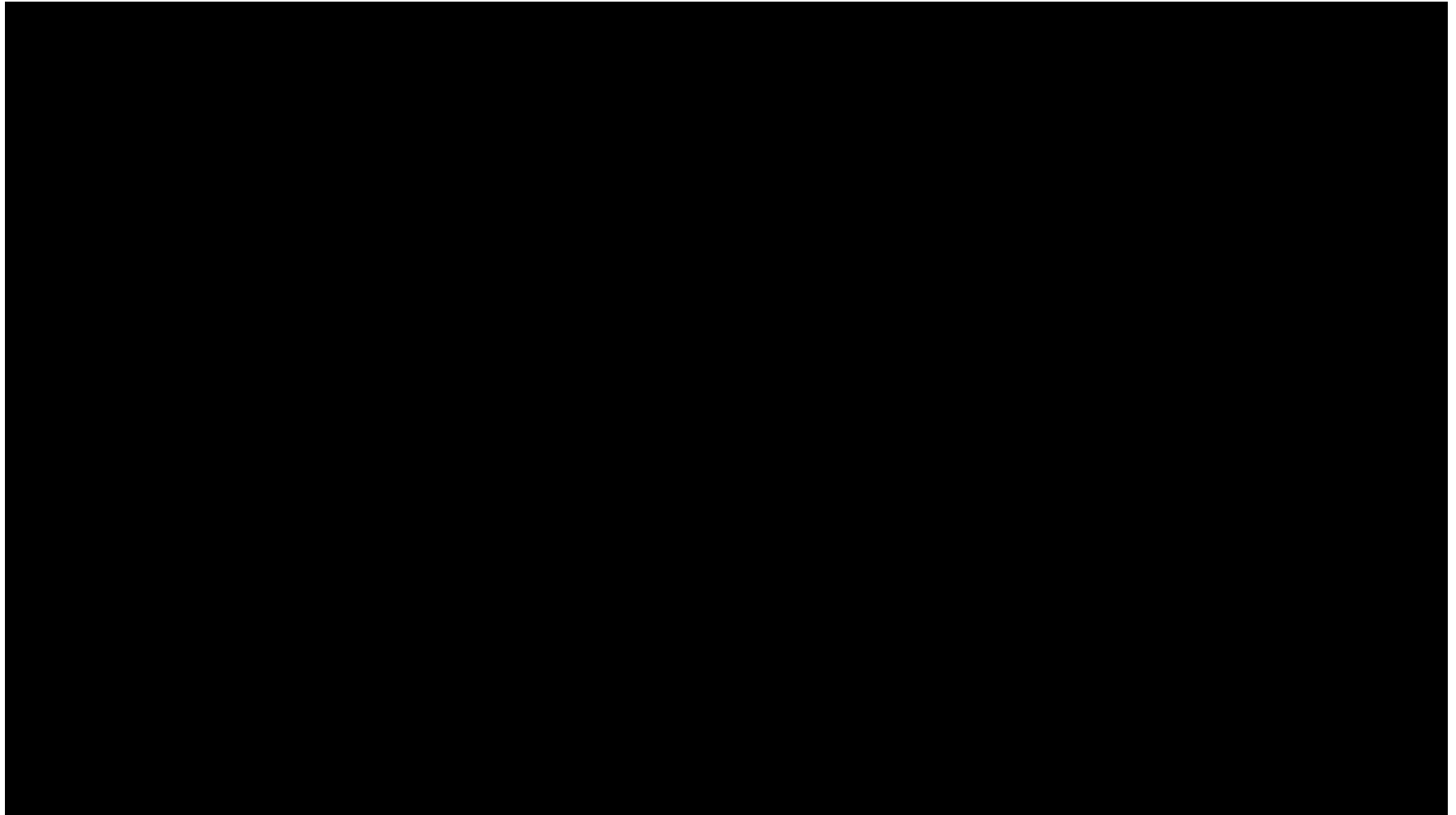
$$\bar{v}_a = \frac{L_w}{2 \cos \varphi} \left(\frac{1}{t_{21}} - \frac{1}{t_{12}} \right) = \frac{D}{2 \cos \varphi \sin \varphi} \left(\frac{1}{t_{21}} - \frac{1}{t_{12}} \right)$$

Cảm biến kiểu siêu âm

Ultrasonic flowmeter



Cảm biến kiểu siêu âm



Cảm biến lưu lượng kiểu từ tính

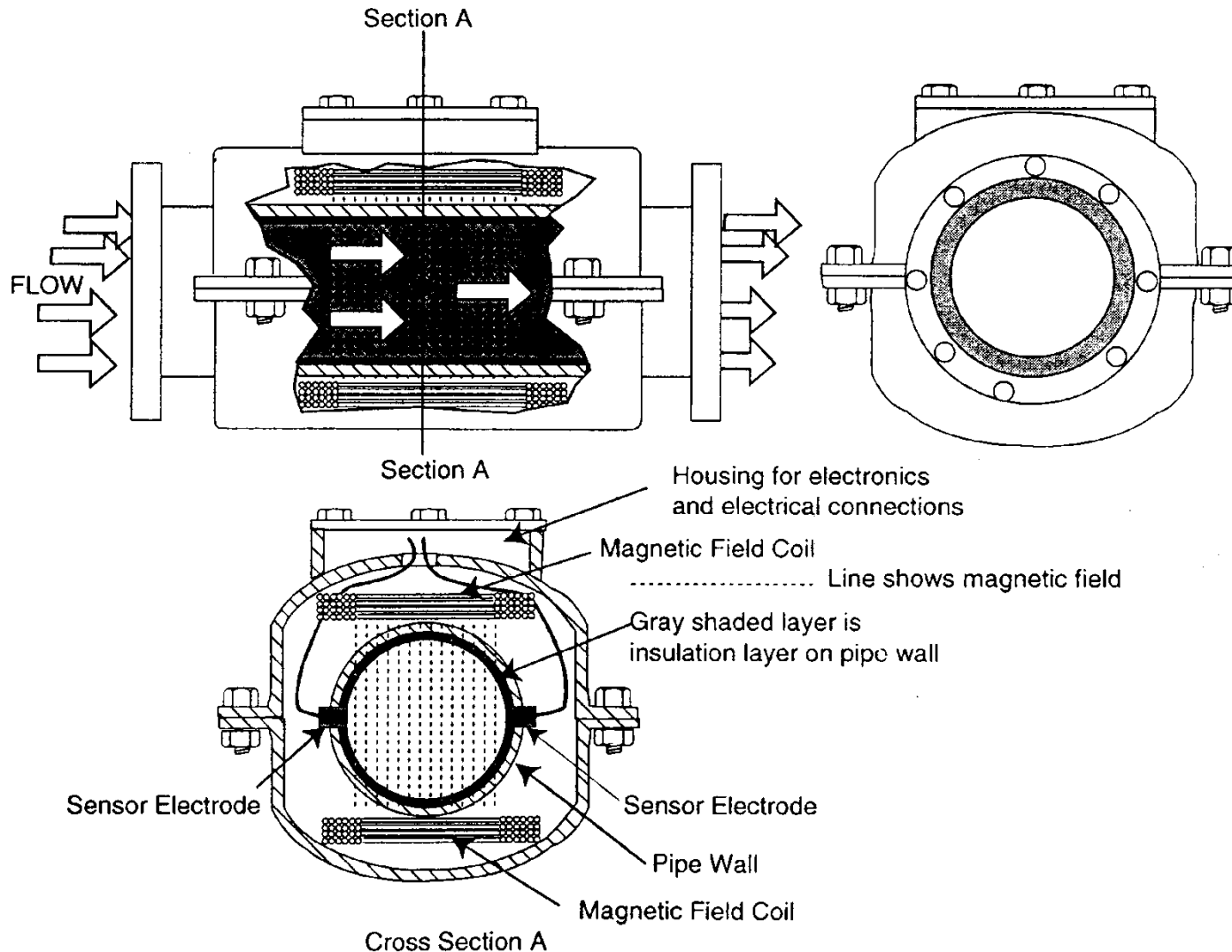
■ Nguyên lý hoạt động:

- ❖ Tương tự máy phát điện, khi vật dẫn điện đi qua từ trường, một điện áp sẽ được tạo ra trên vật dẫn điện (chất lỏng hay chất dạng vữa)
- ❖ Dòng chảy càng nhanh, điện áp tạo ra càng lớn.

● Cấu tạo và hoạt động:

- Hai cuộn dây từ tính, được đặt đối diện nhau trong một ống cách ly, tạo ra một từ trường qua đường kính ống.
- Điện áp tạo ra khi vật liệu dẫn điện chạy qua ống được đo bởi các điện cực lắp trên thành ống.
- Các điện cực chuyển đổi điện áp này thành tín hiệu điện ngõ ra tỷ lệ thuận với lưu lượng thể tích.

Cảm biến lưu lượng kiểu từ tính



Nguyên lý



- Công thức sức điện động:

$$E = Blv$$

- Trong đó:

B là từ trường của nam châm

d= l chiều dài của từ trường

v là vận tốc dòng chảy.

- Lưu lượng dòng chảy:

$$Q = A.v$$

- Trong đó: A là diện tích đường ống

$$E = Bd \frac{Q}{A}$$

- Trong đó: $A = 4\pi d^2$:

$$E = Bd \frac{Q}{4\pi d^2}$$

- Từ đó ta tìm được lưu lượng

$$Q = \frac{\pi d E}{4B}$$

Cảm biến lưu lượng kiểu từ tính

■ Ưu điểm:

- ❖ Không cản trở dòng chảy, không tạo ra chênh áp
- ❖ Không nhạy với độ nhớt, nhiệt độ và áp suất
- ❖ Có thể đáp ứng tốt với dòng chảy thay đổi nhanh
- ❖ Độ chính xác tốt (0.5 đến 1%)
- ❖ Không có thành phần chuyển động
- ❖ Thích hợp được với nhiều loại vật liệu dẫn điện trong đó có chất ăn mòn

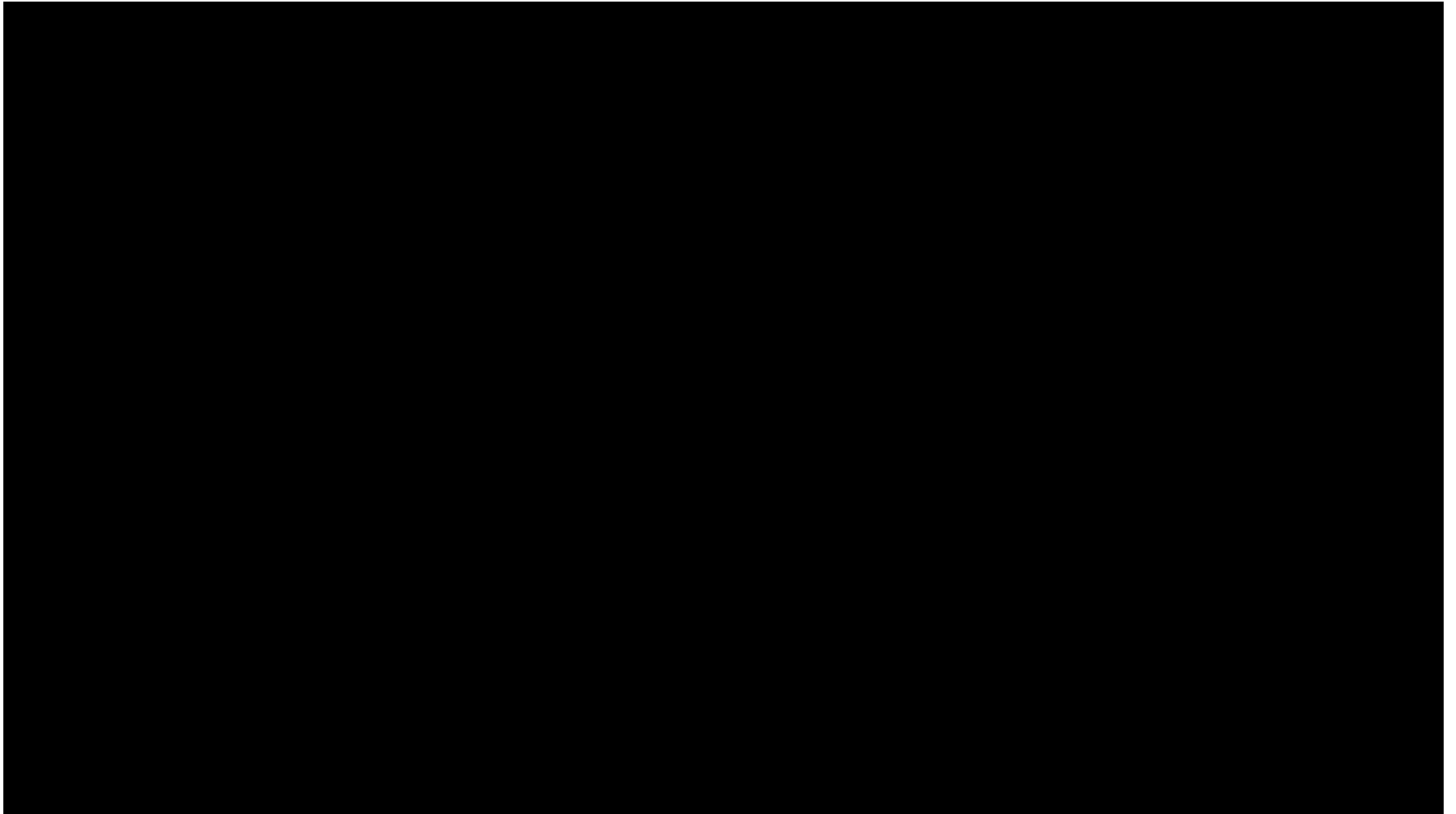
Cảm biến lưu lượng kiểu từ tính

■ Nhược điểm:

- ❖ Chỉ thích hợp được với chất lỏng dẫn điện
- ❖ Các hư hỏng đối với bộ phận cách ly ống và các điện cực có thể làm hỏng máy đo.

Cảm biến lưu lượng kiểu từ tính





Cảm biến lưu lượng kiểu thể chỗ



■ Nguyên lý hoạt động:

- ❖ Tính các lượng chất lỏng riêng biệt khi nó chảy liên tục qua 1 khoang chứa của thiết bị đo.
- ❖ Thể tích của khoang chứa hay thể tích của mỗi lượng chất chảy vào đó là một hằng số biết trước.
- ❖ Lưu lượng được xác định bằng cách nhân thể tích của khoang chứa (hay thể tích của chất lỏng nằm trong khoang) với số lượng tín hiệu trên một đơn vị thời gian. Từ đó có thể tính toán tổng dòng chảy.

Cảm biến lưu lượng kiểu thể chổi



■ Cấu tạo:

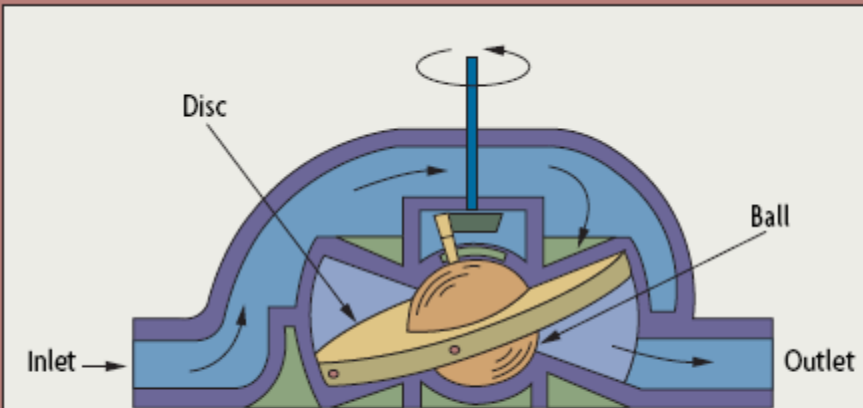
- ❖ Khoang chứa
- ❖ Các phần tử cơ khí di chuyển theo chất lỏng
- ❖ Các van để điều khiển khoang chứa đầy và rỗng.
- ❖ Một cảm biến - bộ chuyển đổi để tính toán số chu kỳ thực hiện và gửi tín hiệu đến các phần tử khác trong vòng điều khiển.

Cảm biến lưu lượng kiểu thể chổi

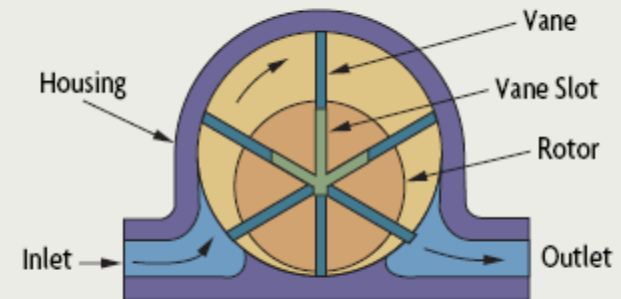
Các máy đo lưu lượng kiểu thể chổi tích cực có thể sử dụng một trong những cơ chế sau đây để cách ly và chuyển động mỗi khi có một lượng chất lỏng đi qua:

- ❖ Các màng ngăn mềm dẻo
- ❖ Pittông chuyển động qua lại
- ❖ Pittông chuyển động quay
- ❖ Cánh quạt quay
- ❖ Bánh công tác và hộp số

Cảm biến lưu lượng kiểu thể chỏ



A) Nutating Disc



B) Rotating Valve

Figure 3-1: Positive Displacement Flowmeter Designs

Cảm biến lưu lượng kiểu thể chỏ

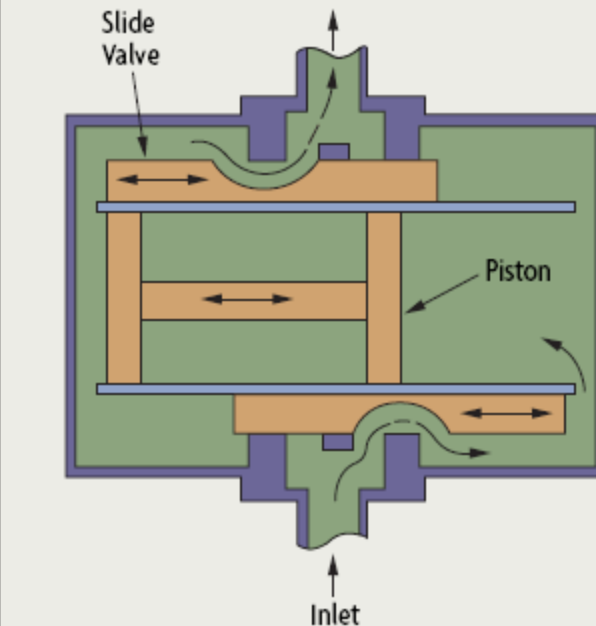
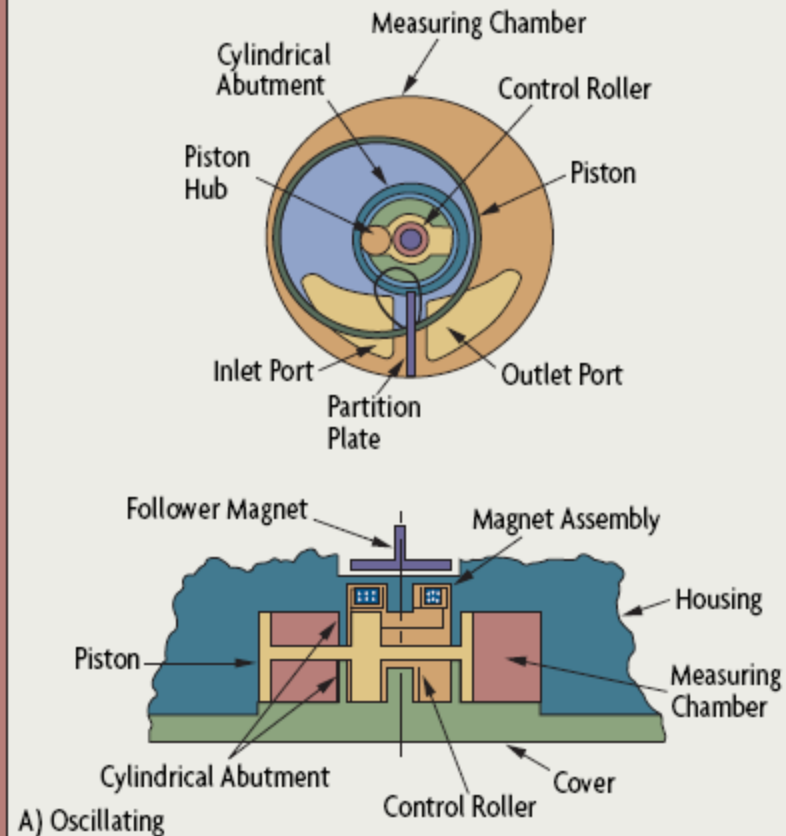
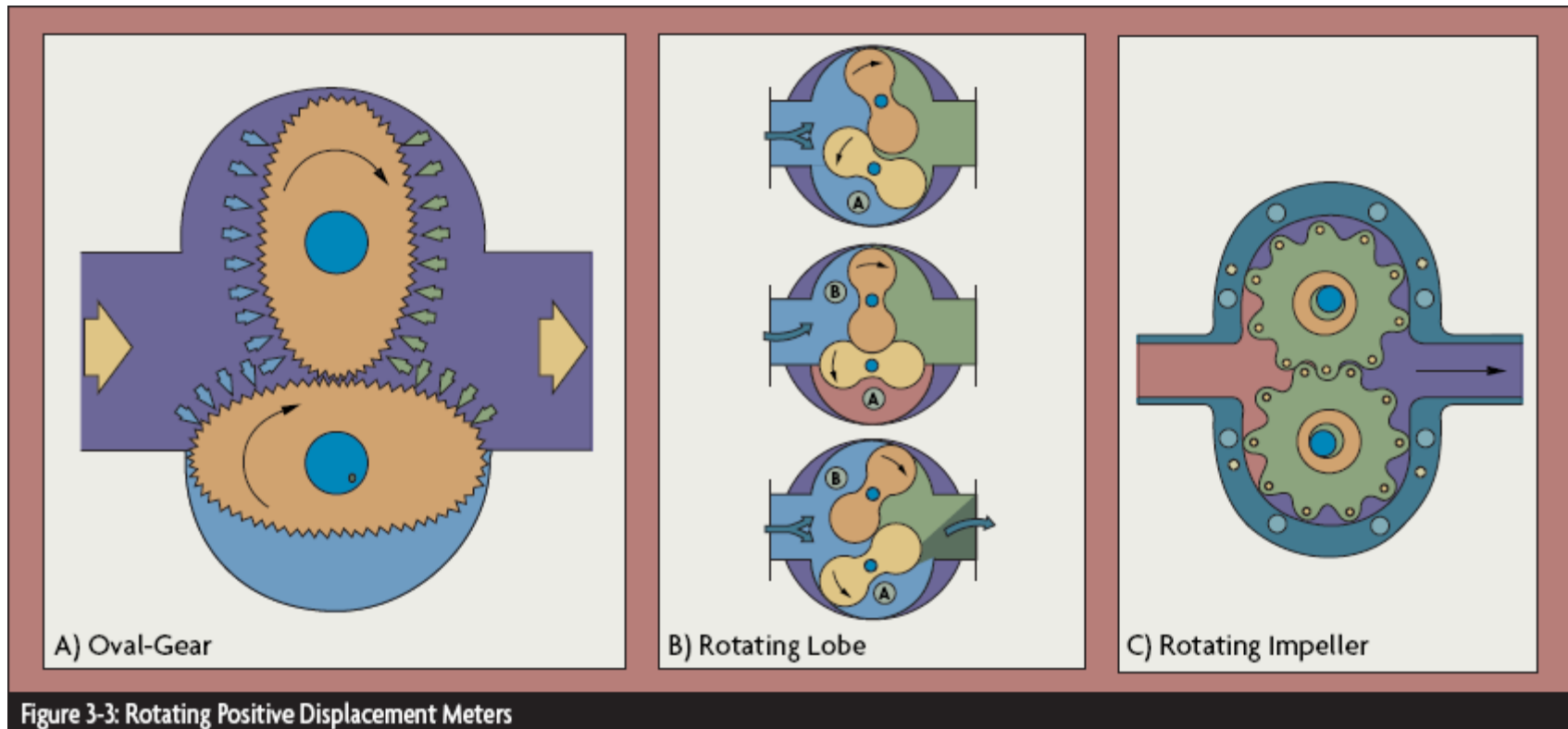


Figure 3-2: Piston Meter Designs

Cảm biến lưu lượng kiểu thể chỏ



Cảm biến lưu lượng kiểu thể chổi



■ Chú ý:

- ❖ Các bộ phận phải được chế tạo tinh vi để tránh sự rò rỉ và đảm bảo thể tích ngăn chứa chính xác.
- ❖ Loại này ít được sử dụng khi chất lỏng có tính ăn mòn hoặc phủ lên thiết bị nó tiếp xúc

Cảm biến lưu lượng kiểu tuabin



■ Nguyên lý hoạt động:

- ❖ Khi một chất lỏng chạy qua sẽ làm tuabin xoay với tốc độ tỷ lệ với lưu lượng chất lỏng.
- ❖ Khi chất lỏng đi qua khắp cánh rotor, chúng quay.
- ❖ Một đầu cảm biến được gắn trên thành của tuabin, máy đo sẽ phát hiện được sự hiện diện của từ trường nam châm vĩnh cửu (được gắn trên rotor hoặc trên một trong các cánh của rotor) khi nó đi qua ứng với mỗi vòng quay của tuabin.
- ❖ Cảm biến từ trường sẽ gửi ra một tín hiệu xung ứng với mỗi vòng quay của tuabin.
- ❖ Số lượng xung trong một khoảng thời gian cho trước có thể được sử dụng để xác định lưu lượng.

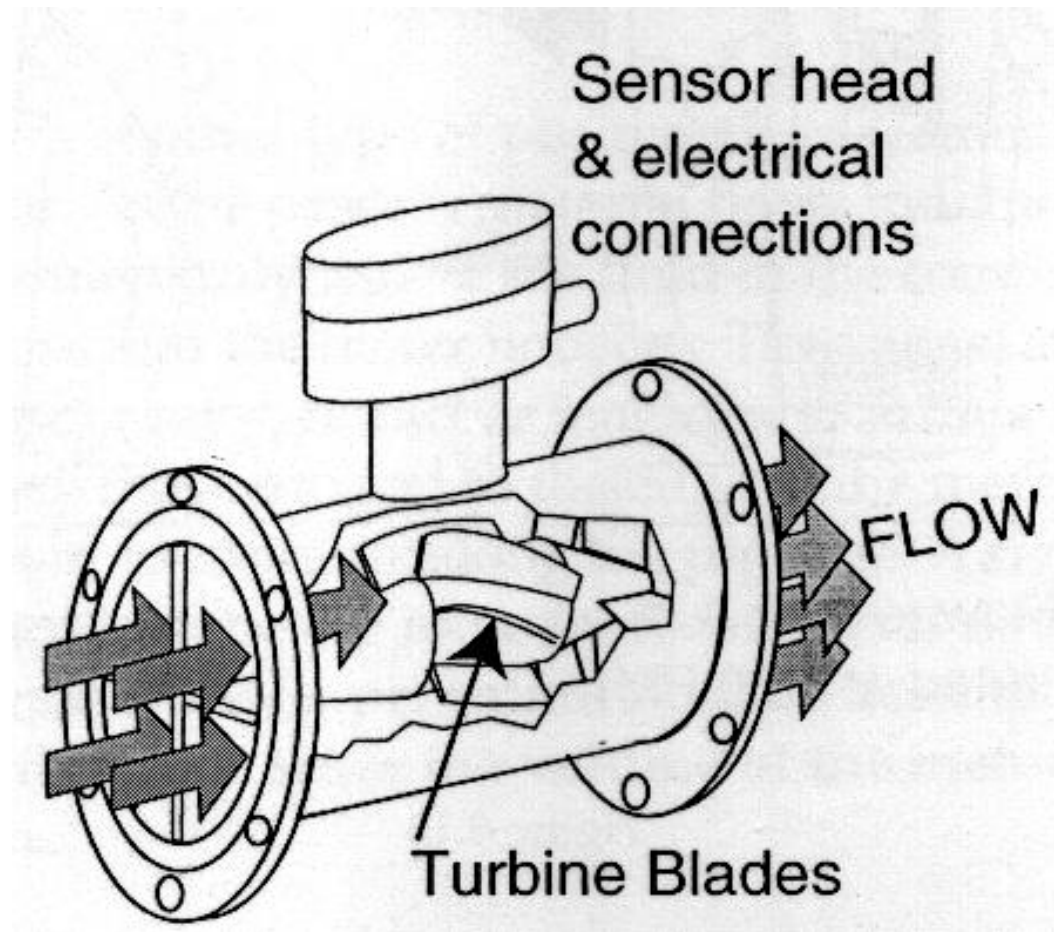
Cảm biến lưu lượng kiểu tuabin



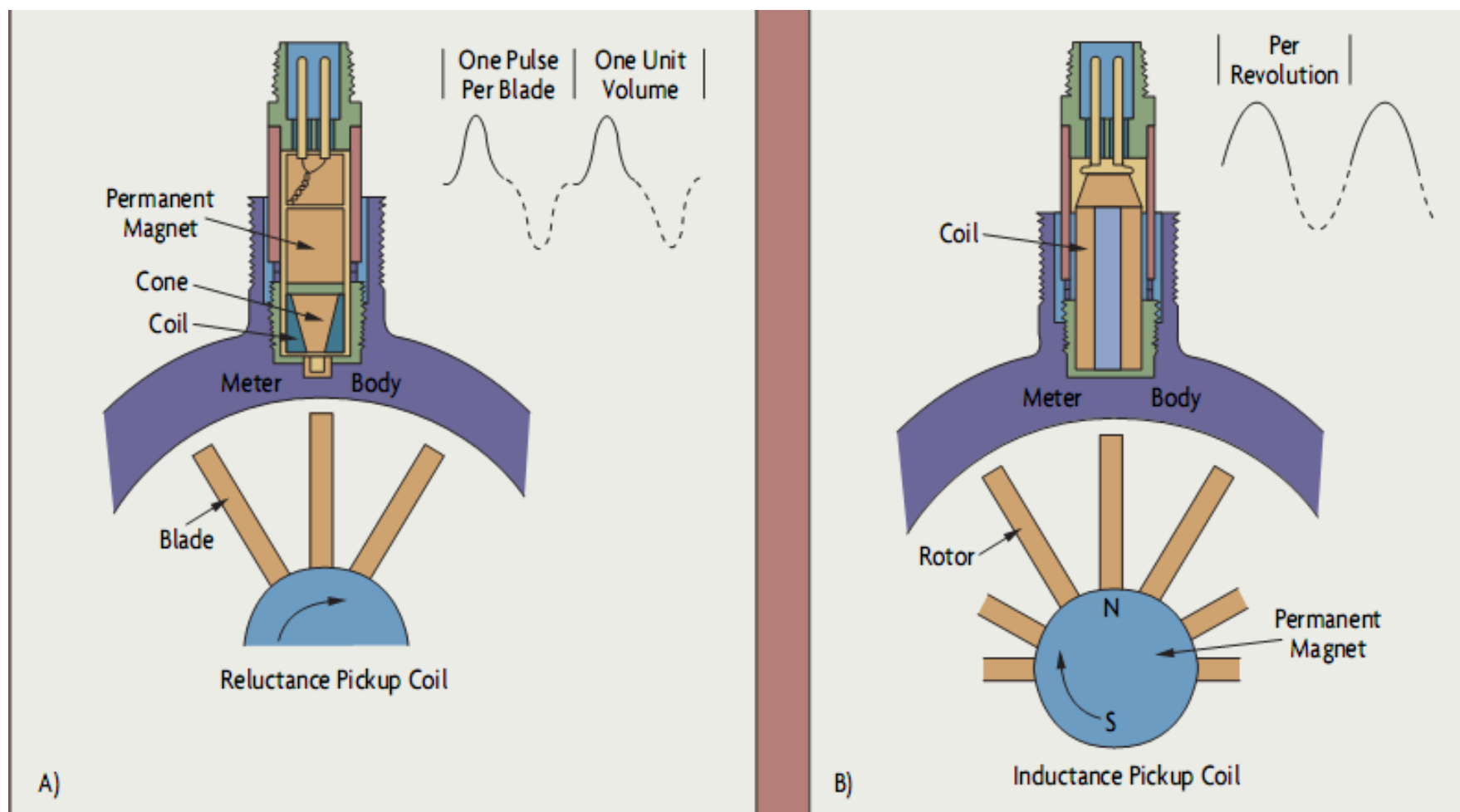
■ Chú ý:

- ❖ Loại này có thể dùng với chất lỏng và khí
- ❖ Dải đo có giới hạn được xác định trước
- ❖ Dòng chảy không được lẫn các hạt có thể làm hỏng cánh tuabin
- ❖ Để chính xác, dòng chảy phải có dạng thẳng và đồng nhất, sự chảy rối là nhỏ nhất khi tiếp xúc với cánh tuabin
- ❖ Phải sử dụng bộ lọc và thiết bị nắn dòng chảy

Cảm biến lưu lượng kiểu tuabin

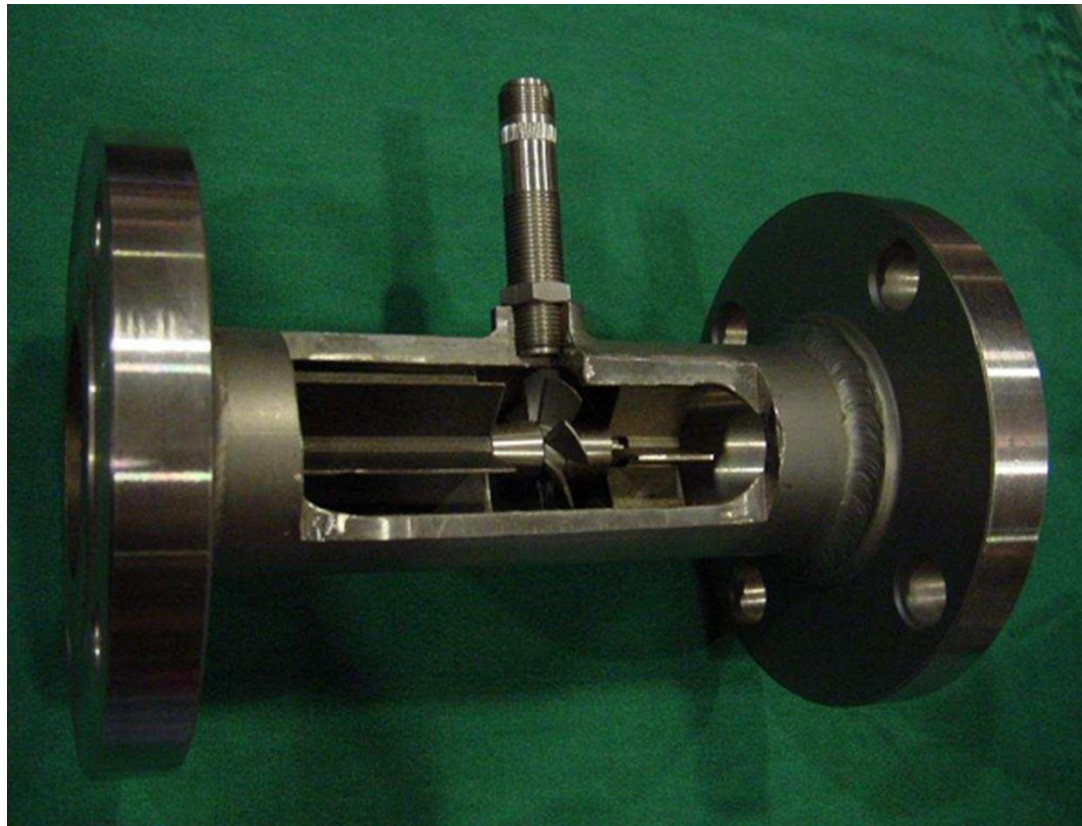


- Cảm biến này được phát minh bởi Reinhard Woltman trong thế kỉ 18.
- Tuabin gồm nhiều cánh quạt sẽ quay khi có dòng lưu chất chảy qua.
- Tuabin quay có thể được phát hiện bởi một từ trở trên các cánh tuabin.
- Nguyên lý hoạt động dựa vào nguyên lý Hall



Nguyên Lý

- Lưu lượng càng lớn thì tốc độ càng lớn.
- Dựa vào số xung thu được từ tuabin người ta có thể tính được vận tốc dòng chảy.



Cảm biến lưu lượng kiểu khối lượng



- Dùng để đo lưu lượng khối lượng (kg/h)
- Dựa vào sự thay đổi về lực, phương chiều và tốc độ của chất lỏng quá trình để xác định khối lượng
- Chính xác ngay cả khi thành phần, khối lượng riêng, áp suất, nhiệt độ của chất lỏng quá trình thay đổi
- Làm việc tốt nhất với chất lỏng dạng vữa, đôi khi sử dụng với khí cao áp
- Không đủ độ nhạy để làm việc với khí áp suất thấp vì khối lượng riêng của nó rất thấp

Cảm biến lưu lượng kiểu khối lượng

- Cảm biến lưu lượng kiểu khối lượng dựa vào động lực:

Trong một cảm biến lưu lượng khối lượng dựa vào động lực, lưu lượng đi qua một ống cảm biến hình bán nguyệt hoặc hình tròn mà nó bị dao động với biên độ và tần số biết trước khi nó còn rỗng.

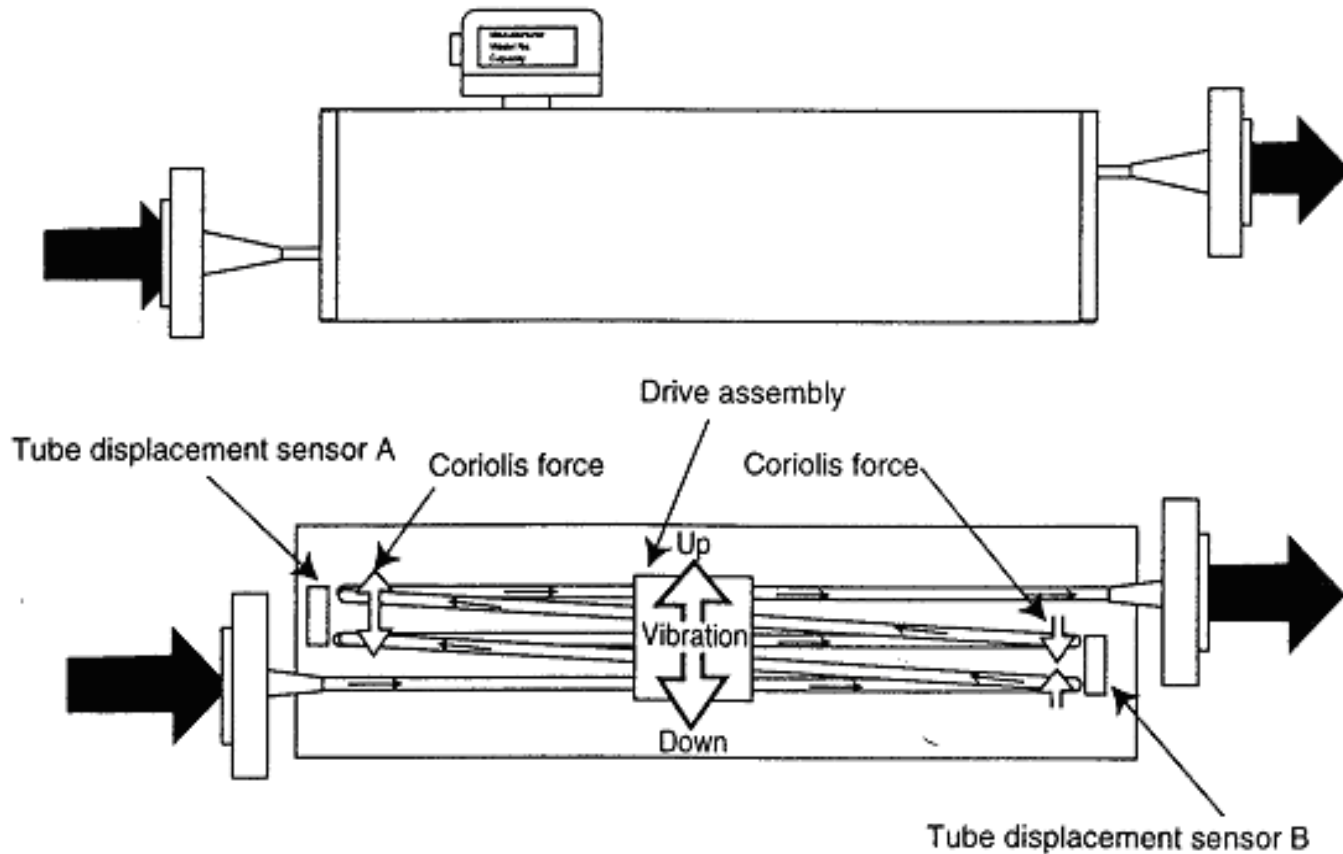
Khi ống được điền đầy chất lỏng, tần số và biên độ dao động giảm xuống. Chất lỏng càng nặng, tần số và biên độ càng giảm.

Động lực của chất lỏng làm ống cảm biến bị tách xa nhau ở một đầu và bị kéo lại gần nhau ở đầu còn lại

Mạch điện tử sẽ tính toán lưu lượng khối lượng dựa vào sự dịch chuyển này

Cảm biến lưu lượng kiểu khối lượng

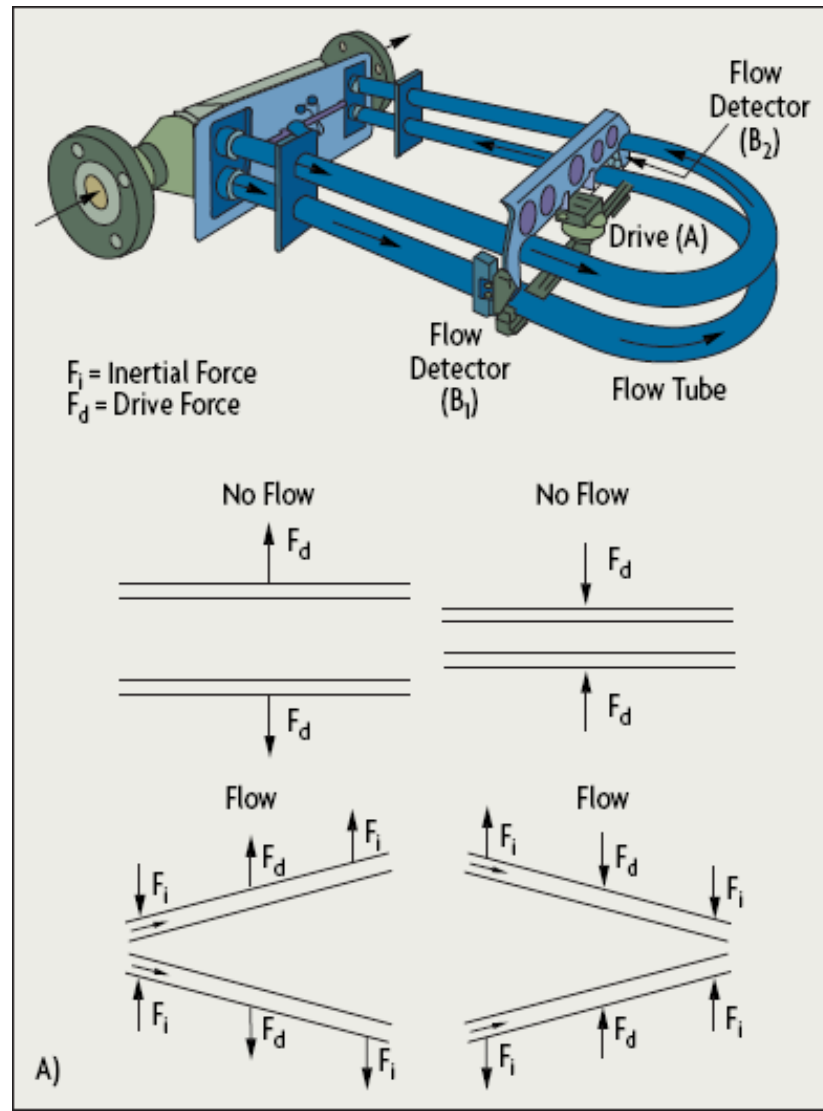
- Cảm biến lưu lượng kiểu khối lượng dựa vào động lực:

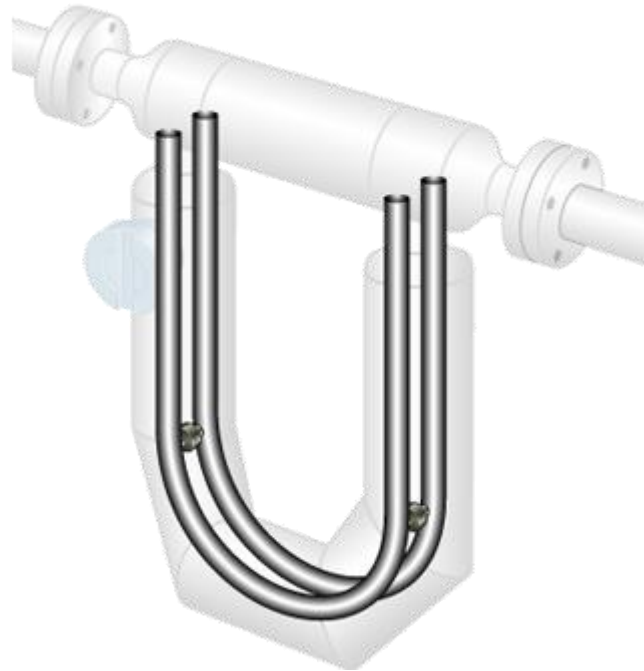


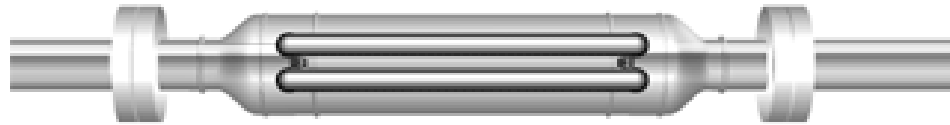
Cảm biến lưu lượng kiểu khối lượng



- Cảm biến lưu lượng kiểu khối lượng dựa vào động lực:





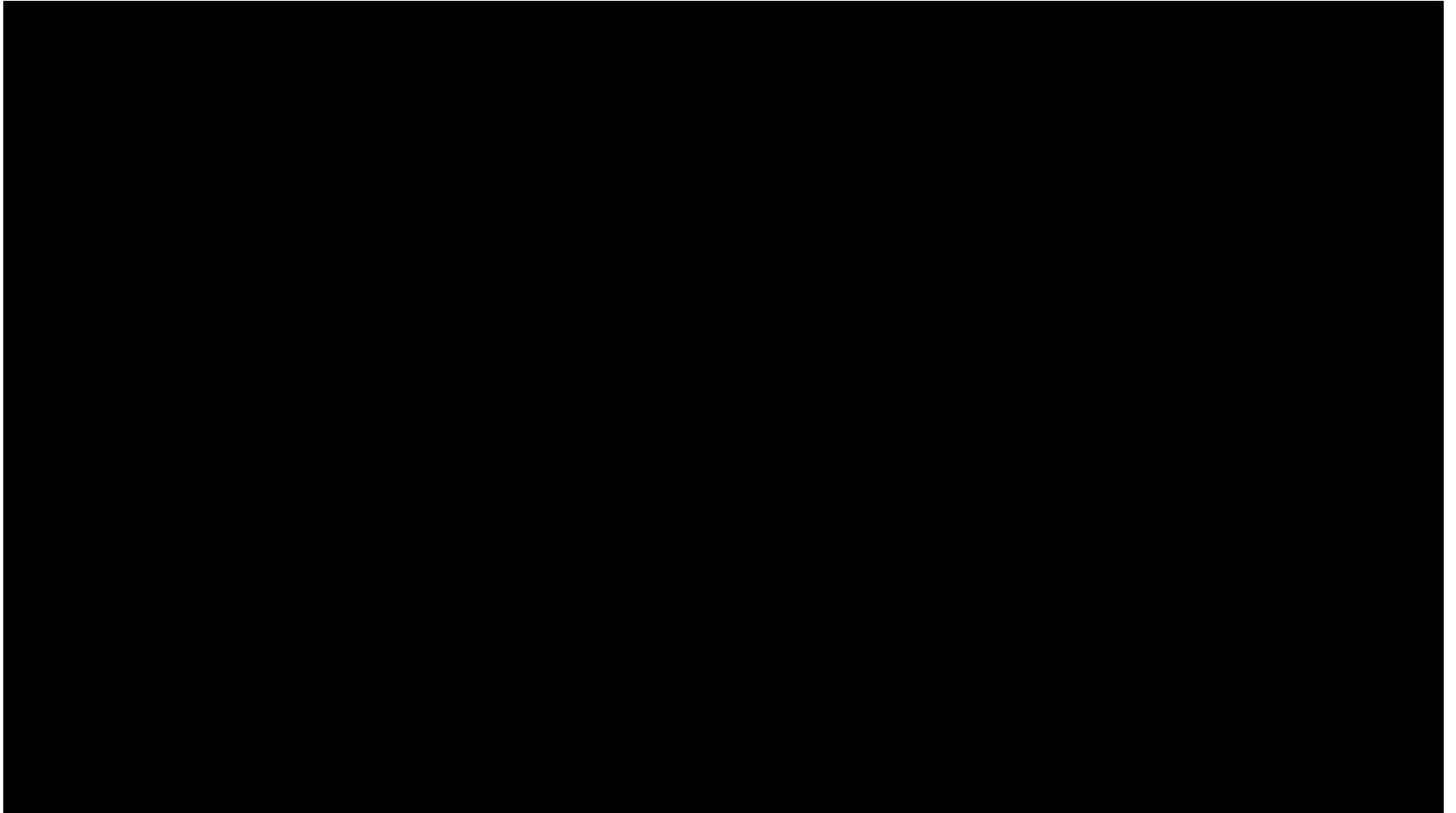


Cảm biến lưu lượng



A Comparison of Flowmeter Options

| Attribute | Variable-area | Coriolis | Gas mass-flow | Differential-Pressure | Turbine | Oval Gear |
|--|---------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|
| Clean gases | yes | yes | yes | yes | yes | — |
| Clean Liquids | yes | yes | — | yes | yes | yes |
| Viscous Liquids | yes (special calibration) | yes | — | no | yes (special calibration) | yes, >10 centistokes (cst) |
| Corrosive Liquids | yes | yes | — | no | yes | yes |
| Accuracy, \pm | 2-4% full scale | 0.05-0.15% of reading | 1.5% full scale | 2-3% full-scale | 0.25-1% of reading | 0.1-0.5% of reading |
| Repeatability, \pm | 0.25% full scale | 0.05-0.10% of reading | 0.5% full scale | 1% full-scale | 0.1% of reading | 0.1% of reading |
| Max pressure, psi | 200 and up | 900 and up | 500 and up | 100 | 5,000 and up | 4,000 and up |
| Max temp., °F | 250 and up | 250 and up | 150 and up | 122 | 300 and up | 175 and up |
| Pressure drop | medium | low | low | medium | medium | medium |
| Turndown ratio | 10:1 | 100:1 | 50:1 | 20:1 | 10:1 | 25:1 |
| Average cost* | \$200-600 | \$2,500-5,000 | \$600-1,000 | \$500-800 | \$600-1,000 | \$600-1,200 |



Đo lưu lượng bằng phương pháp nhiệt



Đo lưu lượng bằng phương pháp nhiệt

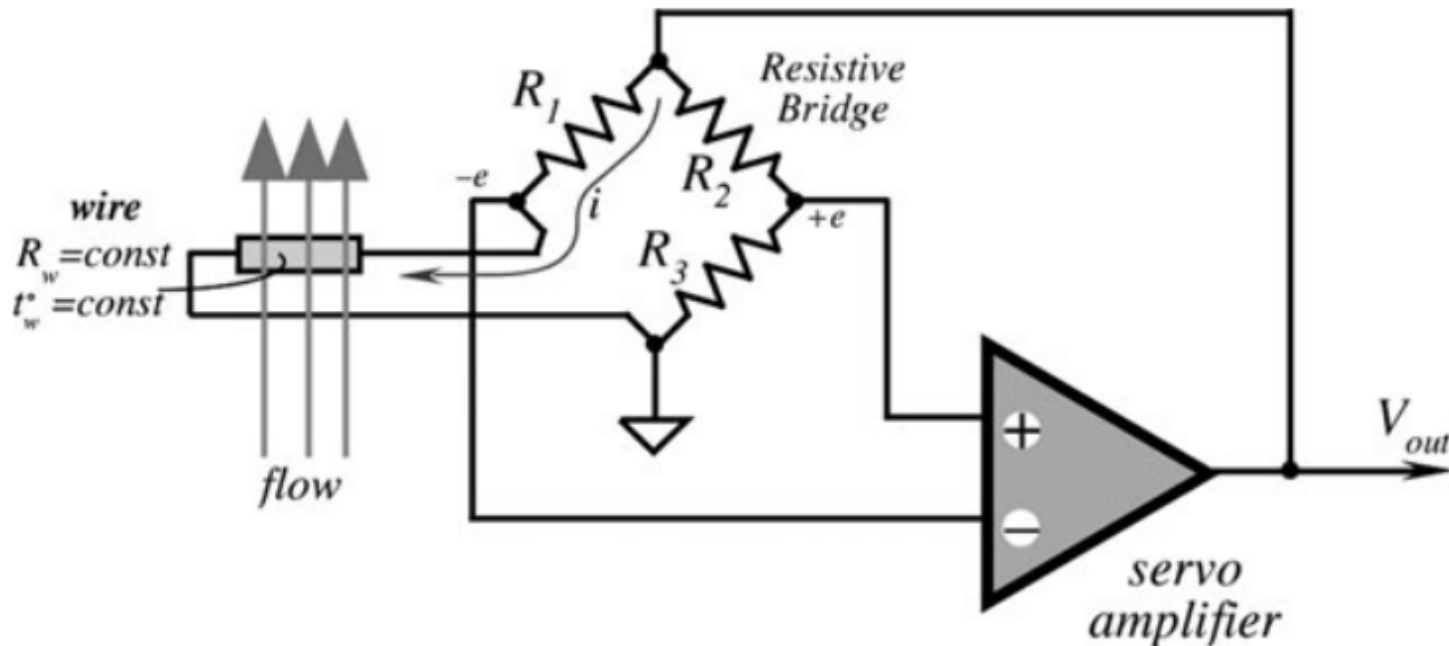
- A hot-wire thermoanemometer is a single-part sensor as opposed to two- and three-part sensors as described below. The key element of this sensor is a heated wire having typical dimensions 0.00015–0.0002 in. (0.0038–0.005 mm) in diameter and 0.040–0.080 in. (1.0–2.0 mm) in length.
- The wire resistance typically is between 2 and 3 Ohm. The operating principle is based on warming up the wire by electric current to 200–300°C, well above the flowing media temperature and then measuring temperature of the wire
- Under a steady flow rate, the electric power Q_e supplied to the wire is balanced by the out-flowing thermal power Q_T carried by the flowing media due to a convective heat transfer

Đo lưu lượng bằng phương pháp nhiệt

Considering the heating current i , the wire temperature t_w , temperature of the fluid t_f , the wire surface area A_w , and the heat transfer coefficient h , we can write the balance equation

$$Q_e = Q_T.$$

$$i^2 R_w = h A_w (t_w - t_f).$$



Đo lưu lượng bằng phương pháp nhiệt

In 1914 King [4] developed a solution of a heat loss from an infinite cylindrical body in an incompressible low Reynolds number flow that may be written as

$$h = a + bv_f^c, \quad (11.14)$$

where a and b are constant and $c \approx 0.5$. This equation is known as King's law.

Combining the above three equations allows us to eliminate the heat transfer coefficient h :

$$a + bv_f^c = \frac{i^2 R_w}{A_w(t_w - t_f)}. \quad (11.15)$$

Considering that $V_{out} = i(R_w + R_I)$ and $c = 0.5$, we can solve this equation for the output voltage as function of the fluid velocity:

$$V_{out} = (R_w + R_I) \sqrt{\frac{A_w(a + b\sqrt{v})(t_w - t_f)}{R_w}}. \quad (11.16)$$

Đo lưu lượng bằng phương pháp nhiệt

- A typical design of the hot-wire sensor is shown in Fig. 11.6a. The most common wire materials are tungsten, platinum, and a platinum–iridium alloy

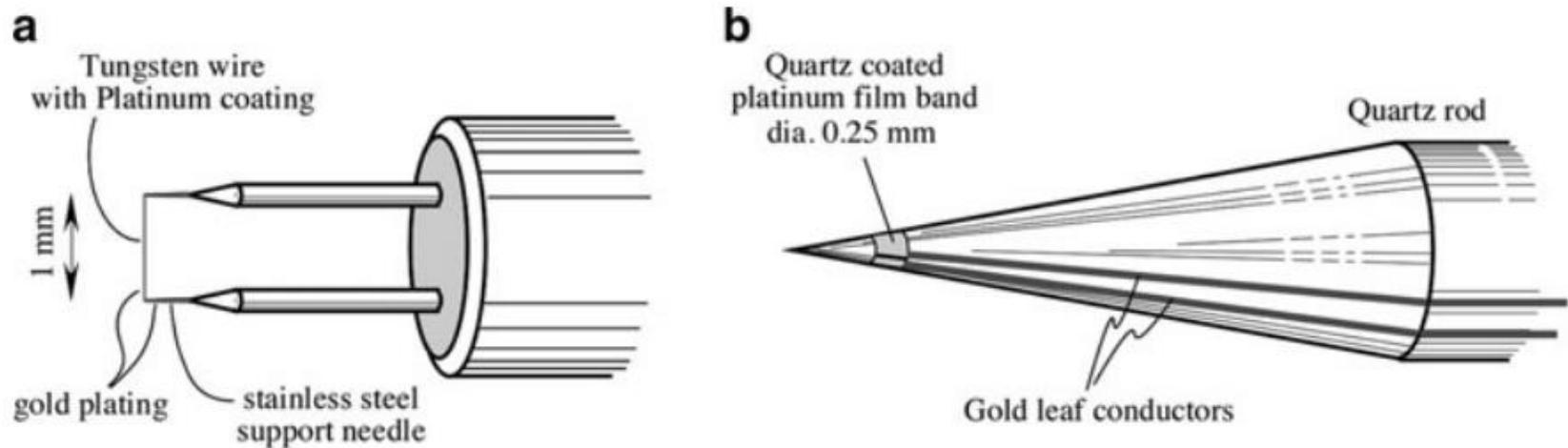


Fig. 11.6 Hot-wire probe (a) and a conical hot-film probe (b)