Flow measurement / การวัดการไหล

http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4360/flow-measurement-%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%84%E0%B8%AB%E0%B8%A5

การวัดการไหล (flow measurement) สามารถแบ่งรูปแบบของการวัดการไหลตามสถานะของตัวกลางที่ต้องการวัดได้ 2 รูปแบบ คือ ของแข็ง และของไหล (ของเหลวและก๊าซ)

- การวัดการไหลของของแข็ง มีเงื่อนไขว่าของแข็งที่ต้องการวัดการไหลต้องมีขนาดและมวลที่ใกล้เคียงหรือเท่ากัน เช่น เมล็ดธัญพืช หรือ อาหารผง เป็นต้น ใช้วิธีการวัดมวลหรือน้ำหนักของของแข็งต่อหน่วยเวลา หรือการวัดอัตราการไหลเชิงมวลหรือน้ำหนัก (mass or weight flow rate: $F=\rho Q$, kg/s) โดยคิดจากความหนาแน่นเชิงมวลของของแข็ง (bulk density:, kg/m^3) และอัตราการไหลเชิงปริมาตรของของแข็ง (volume flow rate; Q,
m^3/sec)

- การวัดการไหลของของไหล แบ่งประเภทตามลักษณะการทำงานของเครื่องมือวัดออกเป็น 2 ประเภท คือ การวัดการไหลเชิงปริมาณ (volume flow: V, m^3) ในหนึ่งช่วงเวลา (time: t, sec) หรือการวัดอัตราการไหลเชิงปริมาตร (Volume flow rate: Q=V/t, m^3/sec) และการวัดอัตราการไหล (rate-of-flow measuremente: $Q=vA$, m^3/sec) ด้วยการวัดความเร็วของของไหล (flow velocity: v, m/s) ที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัด (cross section area: A, m^2) ตัวอย่างเช่น มิเตอร์วัดการไหลชนิดใบพัดหรือเทอร์ไบน์ (turbine flow meter) จัดเป็นเครื่องมือวัดการไหลเชิงปริมาณ ซึ่งทำงานโดยอาศัยการวัดปริมาณของไหลที่ไหลผ่านเครื่องมือวัดอย่างต่อเนื่องในหนึ่งช่วงเวลา

นอกจากนี้ การวัดการไหลยังแบ่งตามลักษณะการไหลได้ออกเป็น 2 ประเภทคือ

- การวัดการไหลของของไหลภายในท่อระบบปิด ตัวอย่างอุปกรณ์วัดการไหล เช่น แผ่นออริฟีส (orifice plate) ท่อเวนจูรี (venturi tube) นอซเซิล (nozzle) โรตามิเตอร์ (rotameter) แอนนีโมมิเตอร์แบบขด

ลวดความร้อน (hot-wire anemometer) เครื่องมือวัดการไหลชนิดสนามแม่เหล็ก (electromagnetic flow meter) เครื่องมือวัดการไหลชนิดเทอร์ไบน์ (turbine flow meter) เครื่องมือวัดการไหลชนิดอัลตราโซนิก (ultrasonic flow meter) เครื่องมือวัดการไหลเชิงมวลชนิดโคริโอลิส (coriolis flow meter)
- การวัดการไหลของของเหลวแบบลำรางเปิด เช่น การไหลผ่านทำนบ (wier) และการไหลผ่านคอคอด (flumes)

การเลือกใช้เครื่องมือวัดการไหลให้เหมาะสมกับการใช้งาน นอกจากต้องคำนึงถึงราคาของเครื่องมือวัด (instrument) แล้ว ควรคำนึงถึงองค์ประกอบหลักอื่นด้วย เพื่อให้เครื่องมือวัดเหล่านั้นสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ มีความถูกต้องแม่นยำ (accuracy) และมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด องค์ประกอบที่ควรพิจารณาได้แก่

- รูปแบบของการวัดการไหล
- ชนิดและสมบัติของของไหลที่ต้องการวัด ควรพิจารณาสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของตัวกลาง เช่น ความหนาแน่น (density) ความหนืด (viscosity) ความสามารถในการอัดตัว (compressibility) การทำปฏิกิริยาเคมี และความบริสุทธิ์ เป็นต้น ของไหลแต่ละชนิดมีค่าสมบัติที่แตกต่างกันและอาจเปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิ (temperature) หรือความดัน (pressure) เปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับสถานะของของไหล ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกใช้เครื่องมือวัด
- ลักษณะการไหลของของไหลแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ การไหลแบบราบเรียบ (laminar flow) และการไหลแบบปั่นป่วน (turbulent flow) พิจารณาได้จากค่าตัวเลขเรย์โนลด์ (Reynolds number, Re) ซึ่งเป็นตัวเลขที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของของไหลที่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ (temperature) และความดัน (pressure) ได้แก่ ความหนาแน่น (ρ) และความหนืด (μ) ความเร็วของของไหล (v) ที่ไหลภายในท่อ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (D)
- ปริมาณการไหลของของเหลวภายในท่อระบบปิด ต้องพิจารณาถึงปริมาณการไหลภายในท่อด้วย เนื่องจากเครื่องมือวัดการไหลบางชนิดไม่สามารถวัดของเหลวที่มีปริมาณการไหลไม่เต็มท่อได้ เช่น เครื่องมือวัดการไหลชนิดสนามแม่เหล็ก (electromagnetic flow meter) เป็นต้น

1. ultrasonic flow meter / เครื่องมือวัดการไหลแบบอัลตราโซนิก

เครื่องมือวัดการไหลแบบอัลตราโซนิก (ultrasonic flow meter) ทำงานโดยอาศัยคลื่นความถี่เหนือเสียง (คลื่นอัลตราโซนิก) ส่วนใหญ่ใช้วัดการไหลของของเหลวภายในท่อ และเป็นการวัดการไหล (flow

measurement) แบบไม่ทำลายและไม่ก่อให้เกิดปัญหาด้านความดัน (pressure drop) โดยเครื่องมือวัดการไหลแบบอัลตราโซนิกที่นิยมใช้มี 2 ชนิด คือ

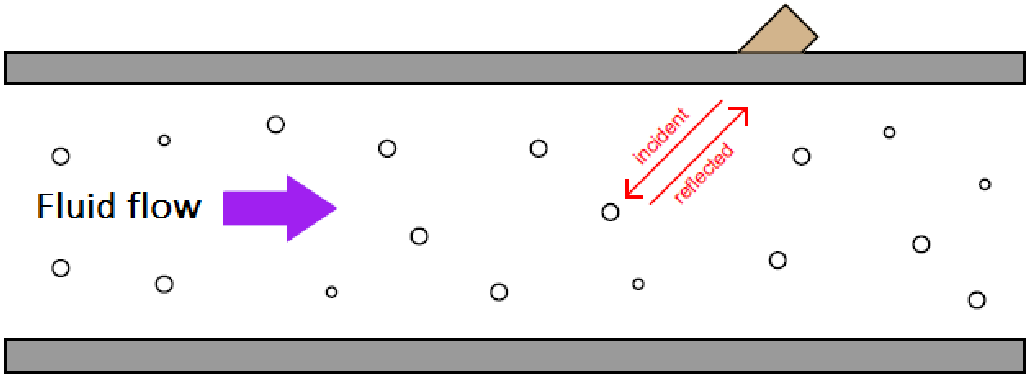
- เครื่องมือวัดการไหลแบบอัลตราโซนิกชนิดการเลื่อนความถี่แบบดอปเปลอร์ (doppler frequency shift ultrasonic flow meter)

- เครื่องมือวัดการไหลแบบอัลตราโซนิกชนิดวัดเวลาส่งผ่าน (transit time ultrasonic flow meter)

เครื่องมือวัดการไหลชนิดอัลตราโซนิกมีข้อดี คือ ไม่มีอุปกรณ์ใดขวางกระแสของไหล จึงไม่มีค่าความดันสูญเสียจากเครื่องมือวัดเกิดขึ้น ให้ค่าความถูกต้อง (accuracy) ดี ตอบสนองต่อการวัดเร็ว สามารถใช้งานได้ย่าน (range) อุณหภูมิกว้าง (-180°C ถึง 260°C) สามารถติดตั้งเครื่องมือวัดประกบที่ผนังท่อได้โดยไม่ต้องหยุดการทำงาน โดยตำแหน่งที่ติดตั้งควรห่างจากปั๊มหรือแหล่งกำเนิดคลื่นความถี่ที่อาจทำให้เกิดสัญญาณรบกวนได้ และควรเลือกจุดวัดที่ไม่มีการกัดกร่อนของท่อ หรือมีสนิมเกาะอยู่บริเวณผิวท่อ ซึ่งจะผลต่อการส่งคลื่นความถี่ จึงควรทำความสะอาดผิวท่อก่อนการวัด สำหรับท่อบางประเภทที่มีการเคลือบสี หรือทาสีที่ผิวท่อ ความหนาดังกล่าวอาจส่งผลให้คลื่นเสียงส่งผ่านท่อได้ยากขึ้น กรณีนี้ถ้าไม่สามารถระบุชนิดของสีที่เคลือบท่อ และความหนาของสีได้ อาจใช้วิธีการขัดท่อก่อนการวัด อย่างไรก็ตาม เครื่องมือวัดชนิดนี้มีราคาค่อนข้างแพงเมื่อเทียบกับเครื่องมือวัดการไหลชนิดอื่น

Doppler vs Transit Time - Let's talk Ultrasonic Flow Meters

https://www.youtube.com/watch?v=NQWNYARWmB8

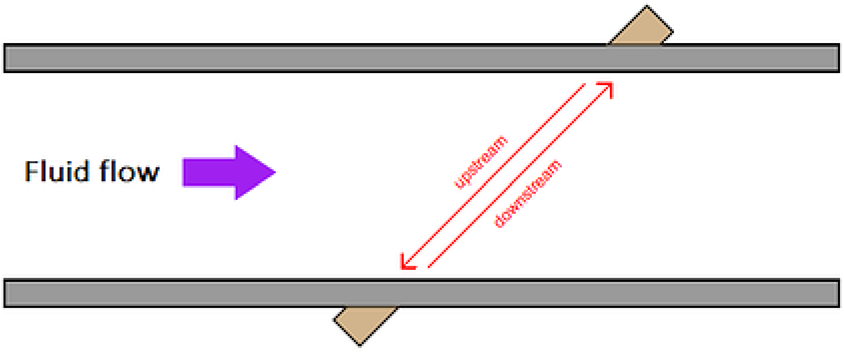


The relation between fluid flow and frequency shit:

$$\Delta f = \frac{2v f \cos\theta}{c}$$

^f = frequency shift
f = incident frequency
v = velocity of fluid
c = speed of wave in process fluid

Transit-time:



ultra.png747×324 5.08 KB

Also known as counter propagation flowmeter. Transit time flow meter uses a pair of transducers both are capable of sending and sensing the sound signals. Usually used transducers are piezoelectric transducers.

The transducers are mounted, one opposite to another with an elevation which forms an upstream and downstream. The incident wave is received at the other end with a time span. The time lag in receiving the signal is proportional to the flow of the fluid. The signal sends in both directions upstream and downstream.

The relationship between flow speed and transit time:

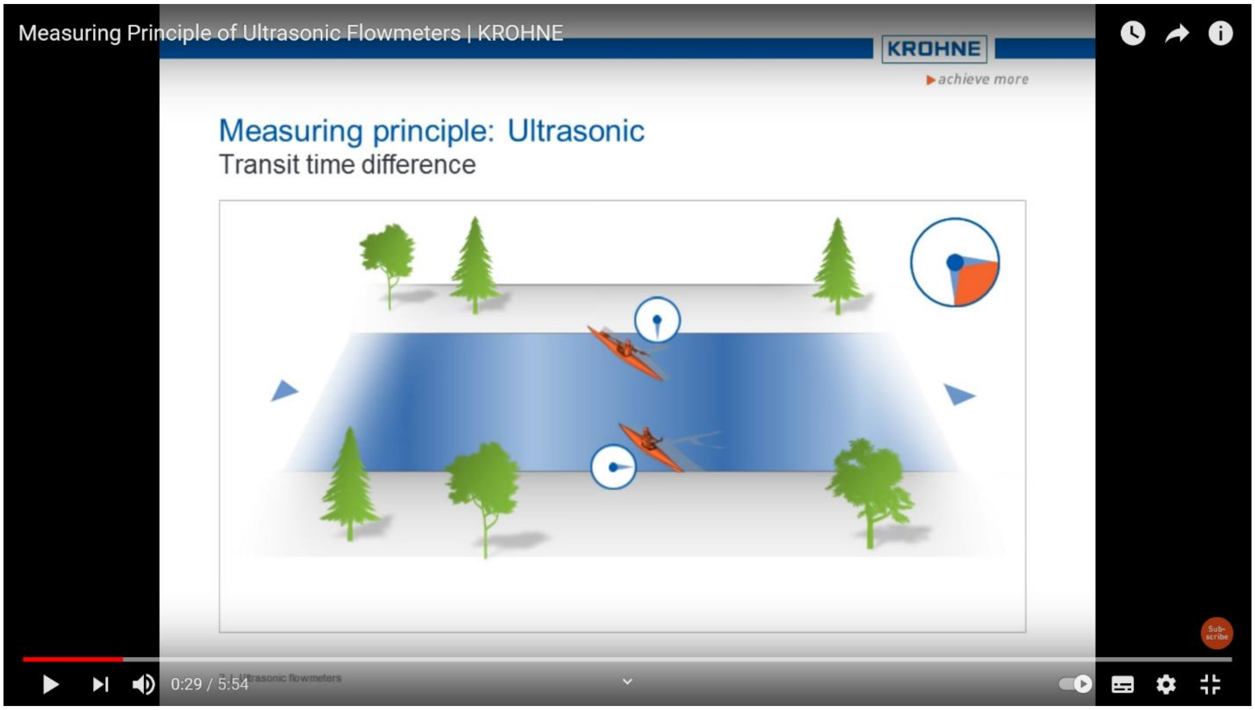
$$Q = k\frac{t_{up} - t_{down}}{(t_{up})(t_{down})}$$

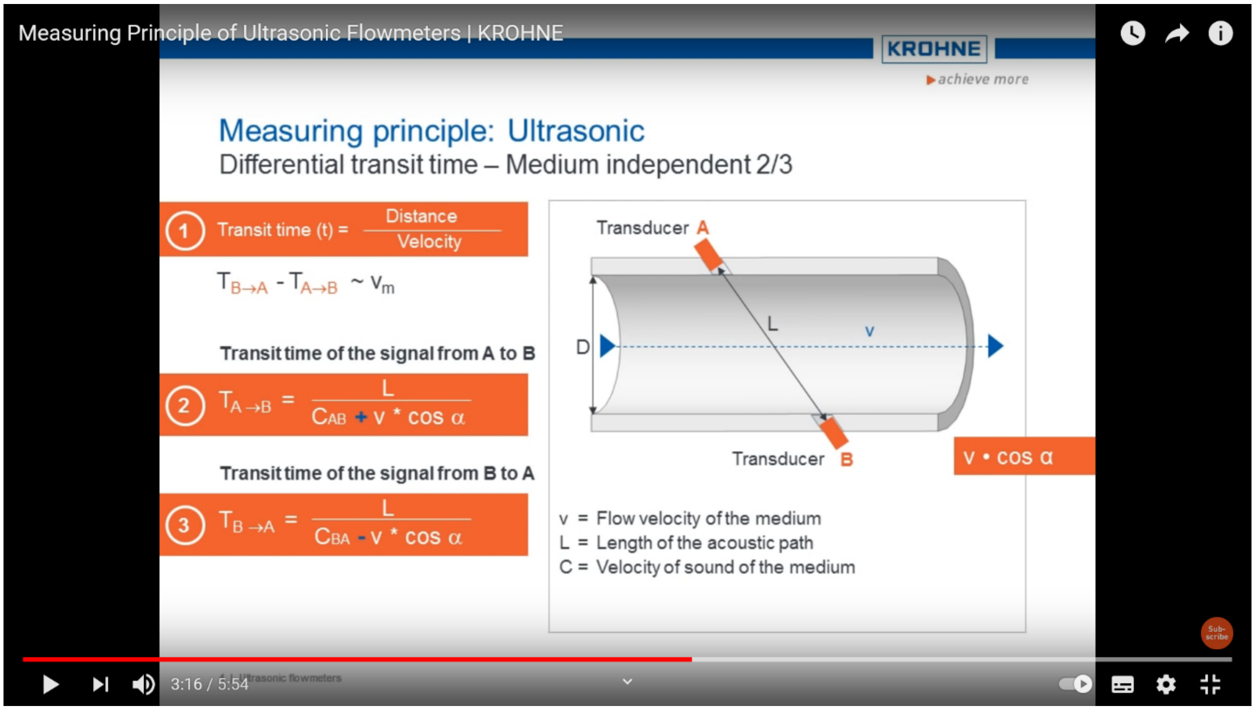
eqn2.png625×343 9.83 KB

Q = Calculated volumetric flow
K = constant of proportionality
t up = Time for sound pulse to travel from downstream location to upstream location
t down = Time for sound pulse to travel from upstream location to downstream location

Measuring Principle of Ultrasonic Flowmeters | KROHNE

https://www.youtube.com/watch?v=vopAJLuHwJY


Measuring Principle of Ultrasonic Flowmeters | KROHNE
KROHNE
achieve more
Measuring principle: Ultrasonic
Transit time difference
0:29 / 5:54


Measuring Principle of Ultrasonic Flowmeters | KROHNE
KROHNE
achieve more
Measuring principle: Ultrasonic
Differential transit time – Medium independent 2/3
1 Transit time (t) = Distance / Velocity
T B→A - T A→B ~ Vm
Transit time of the signal from A to B
2 T A→B = L / CAB + v * cos α
Transit time of the signal from B to A
3 T B→A = L / CBA - v * cos α
Transducer A
Transducer B
L
v
D
v • cos α
v = Flow velocity of the medium
L = Length of the acoustic path
C = Velocity of sound of the medium
3:16 / 5:54

Measuring principle: Ultrasonic

Differential transit time – Medium independent 3/3

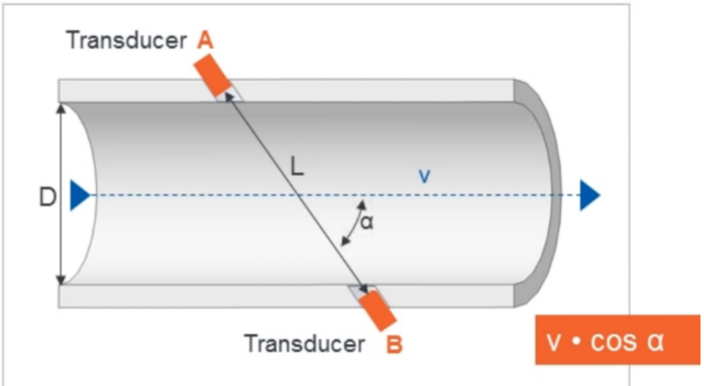
Formular for average flow velocity:

$$\frac{L}{2 * \cos\alpha} * \frac{T_{B\to A} - T_{A\to B}}{T_{B\to A} * T_{A\to B}}$$

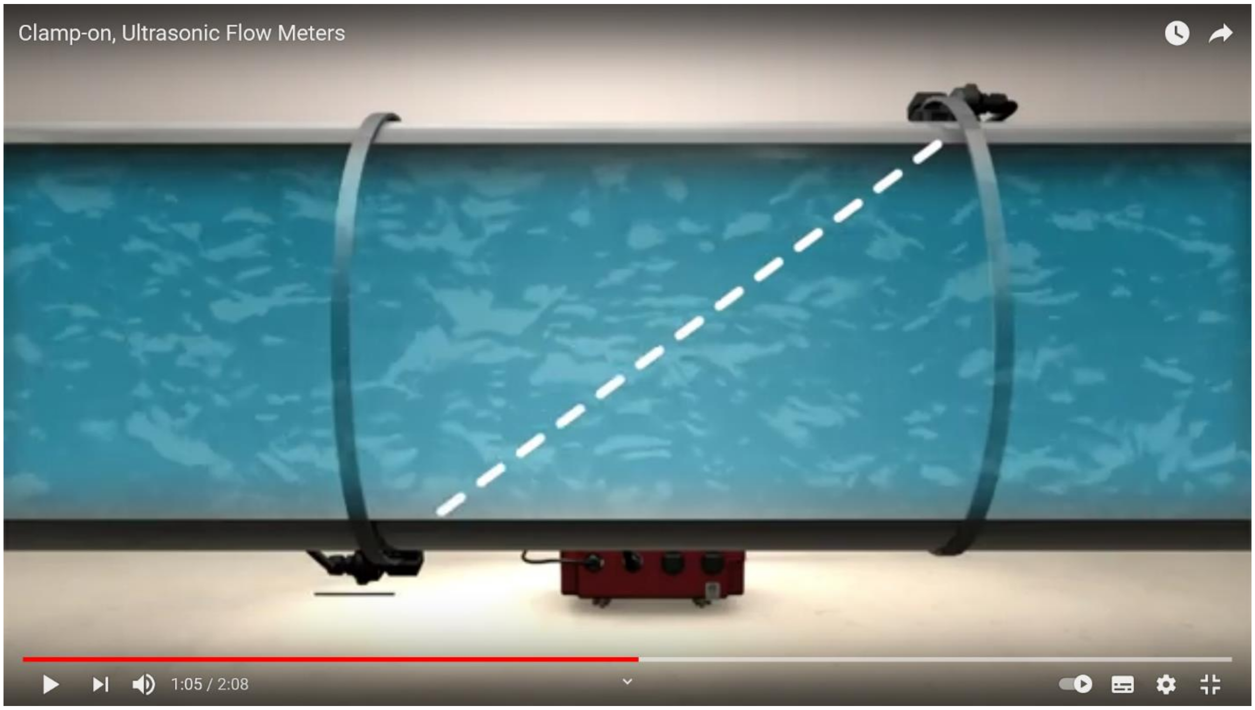
$$T_{B\to A} - T_{A\to B} \sim v_m$$

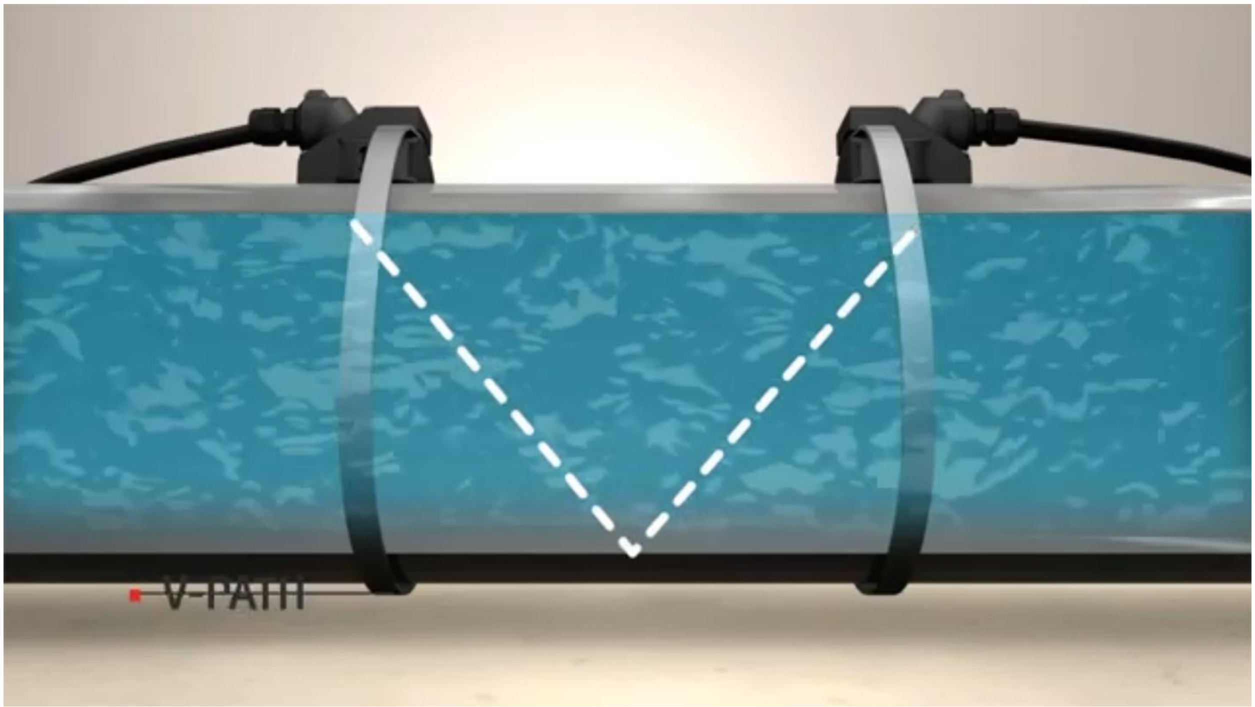
Calculating the volume

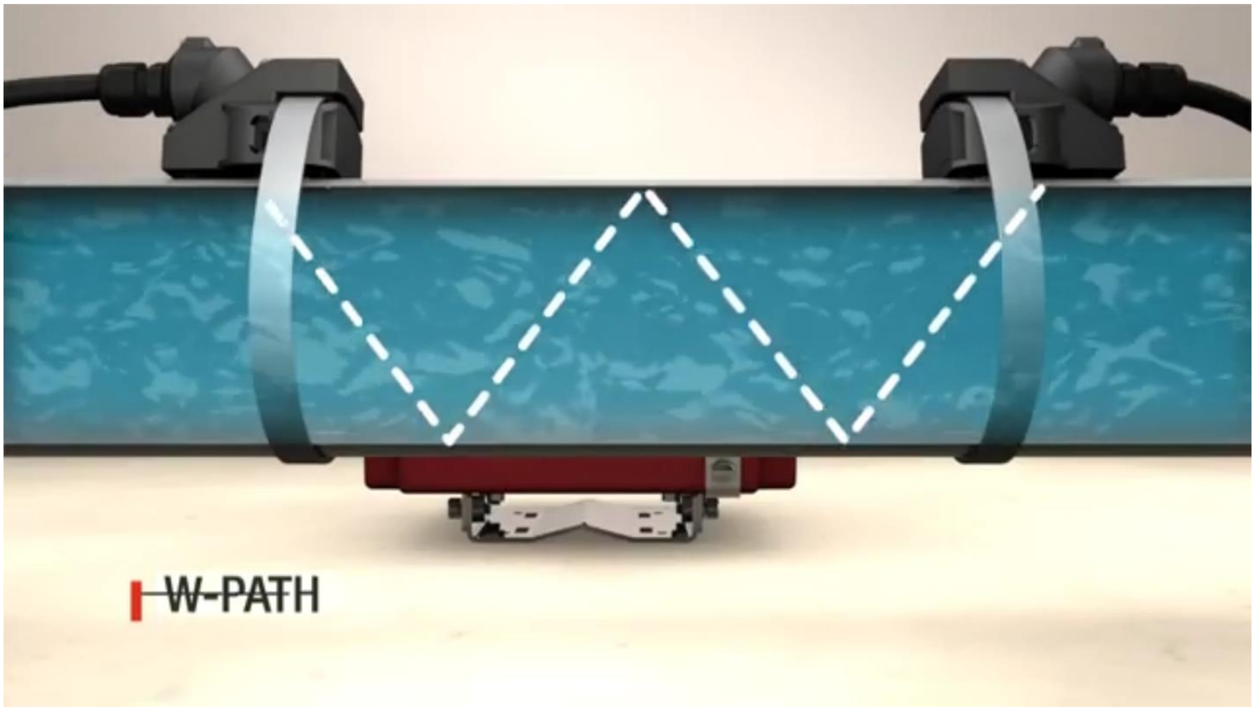
$$Q = \underbrace{\frac{\pi * D^3}{4\sin(2\alpha)}}_{\text{Area}} * \underbrace{\frac{T_{B\to A} - T_{A\to B}}{T_{B\to A} * T_{A\to B}}}_{\text{flow velocity}}$$



v = Flow velocity
L = Length of the acoustic path
C = Velocity of sound of the medium
Q = Flow rate
D = Pipe diameter




V-PATH


W-PATH

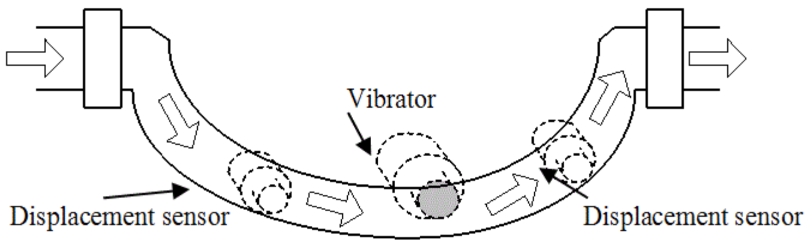
Ultrasonic flow measurement principle

https://www.youtube.com/watch?v=DD2bBLu6kLM

coriolis mass flow meter / เครื่องมือวัดการไหลแบบโคริโอลิส

เครื่องมือวัดการไหลแบบโคริโอลิส (coriolis flow meter) เป็นเครื่องมือวัดการไหลเชิงมวล โดยเมื่อมีมวลไหลผ่านท่อโค้ง ท่อจะเกิดการบิดตัว แรงบิดตัว (coriolis force) หรือแรงโคริโอลิสที่เกิดขึ้นนี้แปรผันตรงกับปริมาณการไหลของของไหลที่ไหลผ่านท่อ

โครงสร้างของโคริโอลิสประกอบด้วยท่อที่อ่อนตัวได้ ทรานสดิวเซอร์ (transducer) ใช้สำหรับวัดการเคลื่อนที่ (displacement measurement) จำนวน 2 ชุด และตัวกำเนิดการสั่น (vibrator) ติดตั้งอยู่ตรงกลางระหว่างทรานสดิวเซอร์วัดการเคลื่อนที่ทั้งสอง ลักษณะการวางตัวของท่ออ่อนและทรานสดิวเซอร์วัดการเคลื่อนที่แสดงดังรูปที่ 1

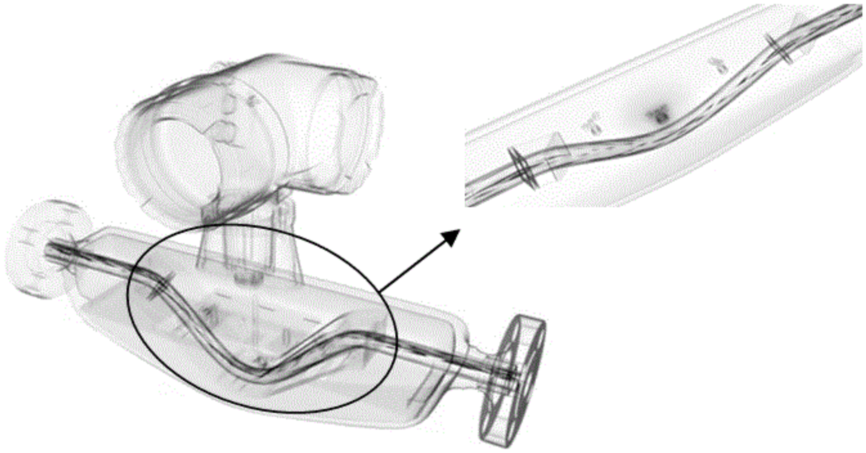


รูปที่ 1 ท่อโค้งภายในเครื่องมือวัดแบบโคริโอลิส

(ที่มา: นวภัทรา และ ทวีพล, 2555)

หลักการทำงานของเครื่องมือวัดแบบโคริโอลิสอธิบายได้ดังนี้ เมื่อของไหลไหลผ่านท่ออ่อนรูปตัวยู ของไหลที่อยู่ภายในท่อจะพยายามรักษาทิศทางการเคลื่อนที่ให้อยู่ในแนวแรง เมื่อท่อได้รับการกระตุ้นด้วยตัวกำเนิดการ

สั่นทำให้ท่อแกว่งในแนวระนาบ จากการที่ท่อพยายามรักษาแนวแรงจึงส่งผลให้ท่อเกิดการแกว่งตัวแบบคลื่นไซน์ พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของท่อที่เกิดขึ้นนี้อธิบายได้เช่นเดียวกับการส่งลูกบอลเมื่อผู้ส่งและผู้รับยืนอยู่บนพื้นวงกลมที่กำลังหมุน ความเร็วในการแกว่งตัวของท่อหาได้จากการวัดระยะการแกว่งตัวในหนึ่งช่วงเวลา ซึ่งค่าความเร็วนี้สัมพันธ์กับการไหลเชิงมวลของของไหล นอกจากเครื่องมือวัดแบบโคริโอลิสใช้สำหรับวัดการไหลเชิงมวลแล้ว ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการวัดความหนาแน่นได้เช่นกัน



รูปที่ 2 โครงสร้างภายในของเครื่องมือวัดการไหลแบบโคริโอลิส

(ที่มา: นวภัทรา และ ทวีพล, 2555)

รูปที่ 3 เครื่องมือวัดการไหลแบบโคริโอลิส

(ที่มา: นวภัทรา และ ทวีพล, 2555)

The Coriolis Flow Measuring Principle

https://www.youtube.com/watch?v=XIIViaNITIw

หลักการทำงานของเครื่องมือวัดการไหลแบบโคริโอลิส

(ที่มา:http://www.youtube.com/watch?v=D7nRK25lugA)

เครื่องมือวัดการไหลเชิงมวลแบบโคริโอลิสนิยมใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม ยาเวชภัณฑ์ อุตสาหกรรมเคมีและอุตสาหกรรมปิโตรเลียม เนื่องจากมีข้อดีของหลายประการดังนี้

- เหมาะสำหรับวัดการไหลของไหลทุกชนิดทั้งแบบสะอาดบริสุทธิ์และแบบมีสารแขวนลอยปะปน
- ลักษณะการทำงานของเครื่องมือวัดการไหลชนิดนี้ไม่มีส่วนใดขวางการไหลของของไหลในระบบ
- การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (temperature) และความดัน (pressure) ไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องมือวัด
- สามารถใช้วัดความหนาแน่นของเหลวได้ และในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาเครื่องมือวัดชนิดนี้ให้สามารถวัดความหนืดได้เช่นกัน
- มีอายุการใช้งานนาน และบำรุงรักษาได้ง่าย เนื่องจากในการทำงานของเครื่องมือวัดไม่มีชิ้นส่วนใดเคลื่อนที่
- สามารถใช้วัดการไหลได้ทั้งสองทิศทางที่ระดับความแม่นยำ (accuracy) สูง