ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การออกแบบและสร้างอุปกรณ์เพื่อใช้ในการศึกษาพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่มีการเปลี่ยนแปลงความดัน

(Design and Assembling equipment for Characteristic study of pressure fluid flow in pipe)

โดย

น.ส. ธัญญนุช	เอื้อการุญชัยกุล
นาย บวร	อัศวรักษาวงศ์
น.ส. พรพรรณ	ดิปปวงศ์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

....17./ส.ค./46.. **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

(อาจารย์สนธิสุข ธีระชัยชยุติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18450

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบและสร้างอุปกรณ์เพื่อใช้ในการศึกษาพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่มีการเปลี่ยนแปลงความดัน

(Design and Assembling equipment for Characteristic study of pressure fluid flow in pipe)

น.ส. ธัญญนุช เอื้อการุญชัยกุล

นาย บวร อัศวรักษาวงศ์

น.ส. พรพรรณ ติปปวงศ์

ปพ.
ธ541ก
2546

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....96485.....

วัน,เดือน,ปี.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธัญญนุช เอื้อการุญชัยกุล, บวร อัศวรักษาวงศ์, พรพรรณ ติปปวงศ์ . 2546 : การออกแบบและสร้างอุปกรณ์เพื่อใช้ในการศึกษาพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่มีการเปลี่ยนแปลงความดัน (Design and Assembling equipment for Characteristic study of fluid flow in pipe)
โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์สนธิสุข ธีระชัยชยุติ , 40 หน้า

บทคัดย่อ

จากการศึกษาพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่มีการเปลี่ยนแปลงความดัน โดยของไหลที่ใช้ในการศึกษา คือ น้ำ และใช้ผงขี้เลื่อยเป็นตัวแทนของของไหลเพื่อสังเกตลักษณะการไหล

อัตราการไหลที่ใช้ในการศึกษามี 3 ระดับ คือ 100 , 200 และ 300 L /hr ซึ่งเป็นตัวแทนลักษณะการไหลประเภทต่างๆ คือ แบบราบเรียบ (Laminar) , ช่วงการเปลี่ยนแปลง (Transition) และแบบปั่นป่วน (Turbulent) ตามลำดับ ความดันที่ใช้ในการศึกษามี 6 ระดับ คือ 0 , 0.5 , 1 , 1.5 , 2 และ 2.5 kg/cm^2 ตามลำดับ พบว่าที่อัตราการไหล 200 และ300 L/hr เมื่อความดันเพิ่มขึ้น อนุภาค (ผงขี้เลื่อย) จะเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น แต่ที่อัตราการไหล 100 L/hr เมื่อความดันเพิ่มขึ้น อนุภาค (ผงขี้เลื่อย) จะเคลื่อนที่ช้าลง

ธัญญนุช /เอื้อการุญชัยกุล
บวร /อัศวรักษาวงศ์
พรพรรณ /ติปปวงศ์

ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน เดือน ปี
		17/มิ.ย./46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งสำหรับท่านอาจารย์สนธิสุข ธีระชัยชยุติ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่ตลอดเวลาของการศึกษานี้ท่านได้ให้คำแนะนำ และคำสั่งสอนที่มีค่ามากมายนอกเหนือจากขอบเขตที่ทำการศึกษา รวมถึงช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับความสำเร็จในงานนี้ อาจารย์อัครเดช สินธุภัคสำหรับคำแนะนำความเข้าใจ และแนวความคิดใหม่ๆที่เกี่ยวเนื่องกับปัญหาพิเศษ อาจารย์ถิรเดช ดำรงโภวรรณ สำหรับคำแนะนำต่างๆ

ขอขอบคุณนายวรพจน์ เอกวิริยะกิจสำหรับกล้องดิจิตอลที่ใช้บันทึกผลการทดลอง รวมถึงเพื่อนทุกๆคนที่เป็นกำลังใจให้ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงสำหรับความห่วงใย ความช่วยเหลือ และกำลังใจอันยิ่งใหญ่ที่เป็นแรงผลักดันให้ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจาก ครอบครัวเอื้อการุญชัยกุล ครอบครัวอัศว-รักษาวงศ์ และครอบครัวติปปวงศ์ และขอบคุณห้องสมุด Kmitl และแหล่งความรู้อื่นๆสำหรับหนังสืออันทรงค่าสำหรับงานศึกษานี้

น.ส.ธัญญนุช เอื้อการุญชัยกุล
นายบวร อัศวรักษาวงศ์
น.ส.พรพรรณ ติปปวงศ์
ผู้เขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทรรศน์	2
2.1 คุณสมบัติพื้นฐานของของไหล	2
2.2 จลน์ศาสตร์ของของไหล	4
2.3 ค่า Reynold Number	5
2.4 ตัวประกอบสำหรับการเปลี่ยนหน่วย	9
2.5 ความดันและหน่วยวัดความดัน	10
3. อุปกรณ์และวิธีทดลอง	15
3.1 อุปกรณ์	15
3.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	15
4. ผลการทดลลอง	19
4.1 ผลการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 100 L/hr	19
4.2 ผลการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 200 L/hr	22
4.3 ผลการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 300 L/hr	25
4.4 ผลการทดลองเปรียบเทียบพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ อัตราการไหลต่างๆ	27
5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

6. ข้อเสนอแนะ	30
เอกสารอ้างอิง	31
ภาคผนวก ก	32
ภาคผนวก ข	35
ภาคผนวก ค	38
ประวัติผู้เขียน	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
1	การจำแนกชนิดของการไหลตามค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์	8
2	Retained Common Units	9
3	Pressure – Unit Conversion Factors	9
4	Conversion Factors	10
5	หน่วยวัดความดัน	11
6	จำนวนอุปกรณ์ประกอบชุดท่อ PVC	16
7	แสดงรายละเอียดภาพเคลื่อนไหวและรูปภาพพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 100 L/hr ที่ค่าความดันต่างๆ	38
8	แสดงรายละเอียดภาพเคลื่อนไหวและรูปภาพพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 200 L/hr ที่ค่าความดันต่างๆ	39
9	แสดงรายละเอียดภาพเคลื่อนไหวและรูปภาพพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 300 L/hr ที่ค่าความดันต่างๆ	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
1	แสดงของไหลในท่อ	5
2	แสดงเครื่องมือและแนวเส้นสีที่แบ่งชนิดของการไหลในท่อ	6
3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่จุด A คือ u_A กับเวลา t ของการไหลในท่อทั้ง 3 ชนิด	7
4.	แสดงการกระจายความเร็วของของไหลในท่อกลมทั้งการไหลแบบราบเรียบและการไหลแบบปั่นป่วน	7
5.	แสดงการเปรียบเทียบความดันทั้ง 4 รูปแบบ	14
6.	แสดงระบบท่อที่ใช้ในการทดลอง	17
7.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 100 L/hr , P = 0 kg/cm^2	20
8.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 100 L/hr , P = 0.5 kg/cm^2	20
9.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 100 L/hr , P = 1 kg/cm^2	20
10.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 100 L/hr , P = 1.5 kg/cm^2	21
11.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 100 L/hr , P = 2 kg/cm^2	21
12.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 100 L/hr , P = 2.5 kg/cm^2	21
13.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 200 L/hr , P = 0 kg/cm^2	22
14.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 200 L/hr , P = 0.5 kg/cm^2	23
15.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 200 L/hr , P = 1 kg/cm^2	23
16.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 200 L/hr , P = 1.5 kg/cm^2	23
17.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 200 L/hr , P = 2 kg/cm^2	24
18.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 200 L/hr , P = 2.5 kg/cm^2	24
19.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 300 L/hr , P = 0 kg/cm^2	25
20.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 300 L/hr , P = 0.5 kg/cm^2	26
21.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 300 L/hr , P = 1 kg/cm^2	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
22.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 300 L/hr , P = 1.5 kg/cm^2	26
23.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 300 L/hr , P = 2 kg/cm^2	27
24.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 300 L/hr , P = 2.5 kg/cm^2	27
25.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 100 L/hr , P = 0 kg/cm^2	28
26.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 200 L/hr , P = 0 kg/cm^2	28
27.	แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 300 L/hr , P = 0 kg/cm^2	28
28.	แสดงระบบท่อทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง	35
29.	แสดงระบบท่อที่ใช้ในการทดลอง	35
30.	แสดงปั๊มน้ำ	36
31.	แสดงเครื่องมือวัดอัตราการไหล	36
32.	แสดงเกจวัดความดัน	37
33.	แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดอัตราการไหล	37
34	แสดงแผนผังการใช้งานแผ่น CD	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารโดยทั่วไป การแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นกระบวนการที่มักเกิดขึ้นและมีความสำคัญมาก ดังนั้นเราจึงควรทราบถึงมีปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรม การไหลของของไหลภายในท่อ

พฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อจะแบ่งได้ 3 แบบ คือ

1. การไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow)
2. การไหลเปลี่ยนแปลง (Transitional Flow)
3. การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow)

ซึ่งในทางปฏิบัตินั้นโรงงานอุตสาหกรรมอาหารต้องการให้ของไหลเกิดการไหลแบบปั่นป่วน เพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนที่ดี แต่อย่างไรก็ตามการทำให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนนั้นของไหลจะต้องมีความเร็วที่สูง และมีความหนืดต่ำ

ปัญหาพิเศษนี้จึงได้ทำการศึกษาว่าความดันจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อด้วยการทดลอง โดยการสังเกตเปรียบเทียบพฤติกรรมการไหลของของไหลก่อนและหลังปรับความดัน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาว่าความดันมีผลต่อพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อหรือไม่
2. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทรรศน์

1. คุณสมบัติพื้นฐานของของไหล (Properties of Fluid)

ได้แก่ น้ำหนักจำเพาะ ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะ และปริมาตรจำเพาะ มีรายละเอียดของคำนิยามดังต่อไปนี้

1.1 น้ำหนักจำเพาะ (Specific Weight หรือ Unit Weight)

น้ำหนักจำเพาะของของไหล , γ คือน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

เมื่อ γ คือ น้ำหนักจำเพาะ (N/m^3)
W คือ น้ำหนักของของไหล (N)
V คือ ปริมาตรของของไหล (m^3)

1.2 ความหนาแน่น (Mass Density)

ความหนาแน่นของของไหล , ρ คือมวลต่อหน่วยปริมาตร

$$\rho = \frac{m}{V}$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล (kg/m^3)
m คือ มวลของของไหล (kg)
V คือ ปริมาตรของของไหล (m^3)

ความหนาแน่นและน้ำหนักจำเพาะมีความสัมพันธ์กันดังนี้ คือ

$$\gamma = \rho g$$

เมื่อ g คือ ความเร่งอันเนื่องมาจากแรงดึงดูดของโลก มีค่าเท่ากับ 9.81 m/s^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

ความถ่วงจำเพาะ , s คือ อัตราส่วนของน้ำหนักของวัตถุต่อน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน

$$s = \frac{W}{W_w} = \frac{\gamma}{\gamma_w} = \frac{\rho}{\rho_w}$$

เมื่อ s คือ ความถ่วงจำเพาะ (ไม่มีหน่วย)

W, W_w คือ น้ำหนักวัตถุและน้ำตามลำดับ (N)

γ, γ_w คือ น้ำหนักจำเพาะของวัตถุและน้ำตามลำดับ (N/m^3)

ρ, ρ_w คือ ความหนาแน่นของวัตถุและน้ำตามลำดับ (kg/m^3)

1.4 ปริมาตรจำเพาะ (Specific Volume)

ปริมาตรจำเพาะ , V_s คือ ปริมาตรของสารต่อหนึ่งหน่วยมวล

$$V_s = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho}$$

เมื่อ V_s คือ ปริมาตรจำเพาะ (m^3/kg)

1.5 ความสามารถอัดตัวได้ (Compressibility)

การศึกษาในเรื่องเกี่ยวกับของเหลวและแก๊ส มีความแตกต่างกันอยู่บ้าง เนื่องจากของเหลวมีคุณสมบัติอัดตัวได้ยาก (Incompressible) มีปริมาตรคงที่ตามรูปร่างของภาชนะที่บรรจุ และจะมีผิวอิสระ (Free Surface) เป็นขอบเขตกั้นระหว่างตัวมันเองกับของไหลชนิดอื่น

ส่วนแก๊สมีคุณสมบัติอัดตัวได้ (Compressible) ปริมาตรของแก๊สจะขยายตัวเต็มภาชนะที่บรรจุ และเปลี่ยนแปลงไป เมื่ออุณหภูมิและความดันเปลี่ยน นอกจากนี้แก๊สไม่มีผิวอิสระเหมือนของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จลน์ศาสตร์ของของไหล (Fluid Dynamic)

2.1 ประเภทของการไหล แบ่งได้ดังนี้

2.1.1 การไหลแบบคงที่ (Steady Flow) เป็นการไหล ซึ่งความเร็วและอัตราการไหลคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

2.1.2 การไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady Flow) เป็นการไหล ซึ่งความเร็วของของไหล เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา

2.1.3 การไหลแบบสม่ำเสมอ (Uniform Flow) เป็นการไหล ซึ่งความเร็วและอัตราการไหลคงที่สม่ำเสมอ เท่ากันทุกหน้าตัดของของไหล

2.1.4 การไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow) เป็นการไหล ซึ่งอนุภาคของของไหลเคลื่อนที่อย่างเป็นระเบียบ การไหลเช่นนี้มักเกิดในกรณีที่มีความเร็วของการไหลต่ำ และของไหลที่มีค่าความหนืดสูง

2.1.5 การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) อนุภาคของของไหลจะมีทิศทางและความเร็วไม่แน่นอน ในขณะเคลื่อนที่ไป

2.2 ความเร็วและอัตราการไหล

ความเร็วเฉลี่ยของอัตราการไหลคือ อัตราส่วนระหว่างค่าอัตราการไหล (Flow Rate) กับพื้นที่หน้าตัด (Cross Section) ของการไหล

$$v = \frac{Q}{A}$$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหล (m^3/s)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของการไหล (m^2)

v คือ ความเร็วเฉลี่ยของการไหล (m / s)

2.3 สมการการไหลต่อเนื่อง (Equation of Continuity)

พิจารณาจากรูปที่ 1 เมื่อมีของไหลในท่อจากจุด 1 ไปยังจุด 2 มวลของของไหลที่จุด 1 และจุด 2 จะมีค่าคงที่ตามหลักทรงมวล (Conservation of Mass) ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล (kg/m^3)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของการไหล (m^2)

v คือ ความเร็วเฉลี่ยของการไหล (m/s)

ในกรณีที่เป็นของไหลชนิดเดียวกัน $\rho_1 = \rho_2$ ดังนั้นจะเขียนสมการได้ใหม่เป็น

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

รูปที่ 1 แสดงของไหลในท่อ (สายสุนีย์ , 2541)

3. ค่า Reynold Number

การไหลแบบราบเรียบและการไหลแบบปั่นป่วน

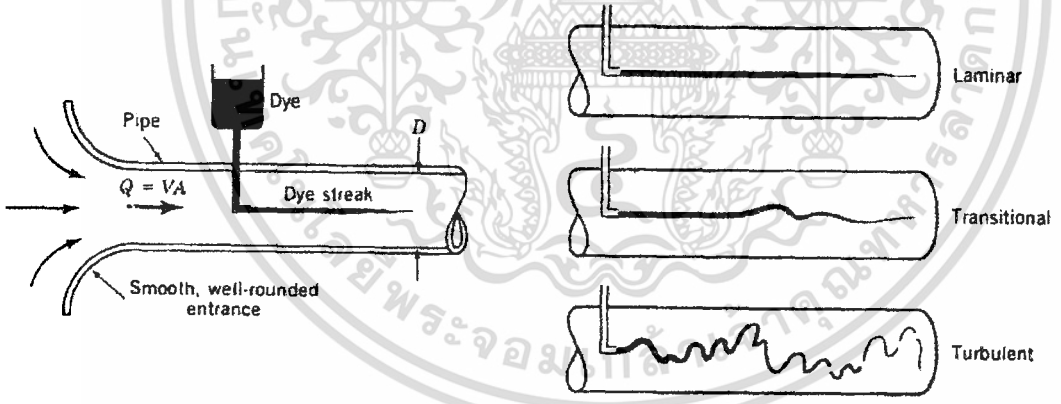
ออสบอร์น เรย์โนลด์ (Osborne Reynolds) ได้สาธิตให้เห็นลักษณะการไหลทั้งสองแบบดังกล่าวใน ปี ค.ศ.1883 โดยการฉีดสีเข้าไปที่ปากหลอดแก้วที่ต่อจากถังน้ำ ส่วนทางปลายของหลอดแก้วก็มีวาล์วสำหรับปรับความเร็วของน้ำในหลอดแก้ว จากการสาธิตของ Osborne Reynolds ปรากฏว่าเมื่อน้ำในหลอดแก้วมีความเร็วต่ำก็จะเห็นเส้นสีที่ฉีดเข้าไปนั้นไหลเป็นเส้นตรงตลอดความยาวของท่อ ลักษณะการไหลดังกล่าวนี้แสดงว่าอนุภาคของน้ำเคลื่อนที่ขนานกันไปเป็นเส้นตรง แต่เมื่อค่อยๆเพิ่มความเร็วโดยการเปิดวาล์วให้กว้างขึ้นแล้วก็ปรากฏว่าลักษณะการไหลของน้ำภายในท่อเปลี่ยนแปลงไป ในตอนแรกนั้นขนาดของเส้นสีที่อยู่ในหลอดแก้วจะหนาขึ้น ต่อจากนั้นเส้นสีที่อยู่บริเวณปากทางเข้าของหลอดแก้วก็จะแตกตัวปนเข้าไปในน้ำวนที่เกิดขึ้น ส่วนเส้นสีที่อยู่ถัดออกไปทางด้านใต้น้ำก็จะกระจายตัวออกไปอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งมองไม่เห็นเส้นสี จากการสังเกตนี้แสดงว่าความเร็วของอนุภาคต่างๆของของเหลวจากการไหลแบบหลังนี้เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทั้งขนาดและทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการไหลจากการสาธิตแบบแรกของ Osborne Reynolds นั้นมีชื่อเรียกว่า การไหลแบบราบเรียบ(Laminar flow) หรือการไหลแบบสตรีมไลน์ (Streamline) หรือการไหลของของไหลที่มีความหนืดสูง (Viscous flow) ลักษณะสำคัญของการไหลแบบนี้ก็คือ ของไหลในแต่ละชั้นจะเคลื่อนที่โดยการเลื่อนตัวไปบนชั้นที่อยู่ถัดไป และอนุภาคของของไหลในแต่ละชั้นจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่แน่นอนและสามารถสังเกตเห็นได้ การไหลแบบนี้เป็นลักษณะการไหลของของไหลที่มีความหนืดสูง หรือความหนืดของของไหลนั้นมีอิทธิพลมากกว่าคุณสมบัติอื่นๆ

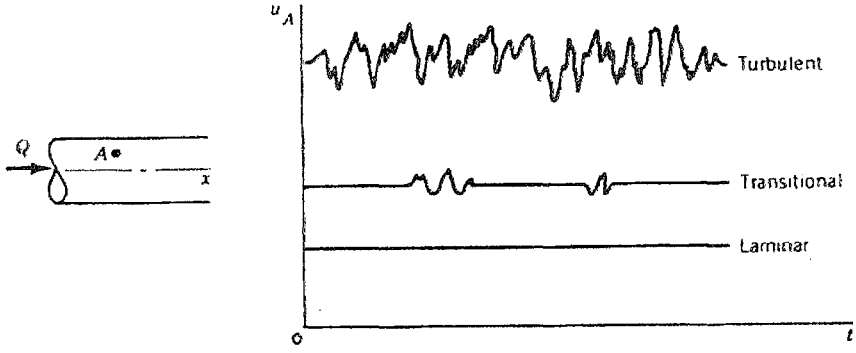
ลักษณะการไหลแบบที่สองมีชื่อเรียกว่า การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) การไหลแบบนี้มีลักษณะการเคลื่อนที่ที่ไม่เป็นระเบียบของกลุ่มอนุภาคของของไหลจำนวนมากในช่วงเวลาสั้นๆ และมีเส้นทางการไหลที่ไม่แน่นอนของอนุภาคเพียงอนุภาคเดียวในช่วงเวลาการเคลื่อนที่ที่ยาวนานขึ้น ลักษณะที่สำคัญของการไหลแบบนี้ก็คือ ความไม่เป็นระเบียบที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคต่างๆนั่นเอง

การไหลแบบปั่นป่วนนั้นความเร็วจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดและทิศทางอยู่ตลอดเวลา ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปนี้จะเกิดขึ้นพร้อมๆกับการเปลี่ยนแปลงของความดัน และนี่ก็เป็นคำอธิบายว่าทำไมความดันของของไหลที่กำลังเคลื่อนที่จึงเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา



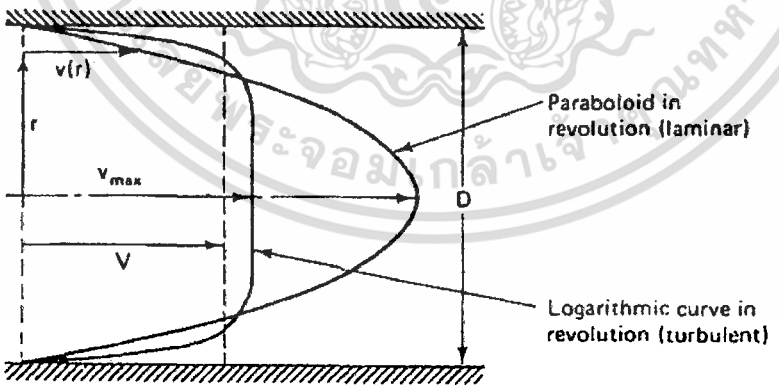
รูปที่ 2 แสดงเครื่องมือและแนวเส้นสีที่แบ่งชนิดการไหลในท่อ (กีรติ , 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่จุด A คือ u_A กับเวลา t ของการไหลในท่อทั้ง 3 ชนิด (กีรติ , 2539)

เมื่อมีการวัดความเร็วของการไหลในท่อกลมที่จุดต่างๆตลอดหน้าตัดการไหลจะพบว่าความเร็วจะมากขึ้นจากผนังท่อไปยังแนวกึ่งกลางท่อ ทั้งนี้เนื่องจากที่บริเวณใกล้ๆกับผนังท่อจะมีแรงเสียดทานระหว่างน้ำกับผนังท่อมาก และที่บริเวณกึ่งกลางท่อน้ำจะสามารถไหลผ่านได้สะดวกที่สุด จึงทำให้ตามแนวกึ่งกลางท่อมีความเร็วสูงสุด (v_{max}) ดังจะเห็นได้จากการกระจายความเร็วของการไหลในท่อกลมทั้งการไหลแบบราบเรียบและการไหลแบบปั่นป่วน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงการกระจายความเร็วของของไหลในท่อกลมทั้งการไหลแบบราบเรียบและการไหลแบบปั่นป่วน (กีรติ , 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าในกรณีของการไหลแบบราบเรียบจะมีลักษณะการกระจายความเร็วในท่อกลมเป็นรูปทรงพาราโบลอยด์ (Paraboloid) คล้ายๆกับรูปไข่ไก่ตัดครึ่ง ส่วนกรณีของการไหลแบบปั่นป่วนจะมีการกระจายความเร็วเป็นรูปทรงโค้งล๊อค (Logarithmic curve) เพราะกระแสน้ำมีความปั่นป่วน

แต่อย่างไรก็ตามสิ่งที่จะตัดสินว่าการไหลเป็นแบบราบเรียบหรือปั่นป่วนนั้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความเร็วแต่เพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ด้วย โดย

$$N_R = \frac{\rho D v}{\mu}$$

เมื่อกำหนดให้

ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล (kg/m^3)

D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (m)

v คือ ความเร็วเฉลี่ยของการไหลในท่อ(m/s)

μ คือ ความหนืดของของไหล ($N.s/m^2$)

และ N_R คือ ค่า Reynolds Number

ซึ่งเรย์โนลด์นัมเบอร์ เป็นค่าไม่มีหน่วย (Dimensionless) และใช้สัญลักษณ์แทนค่า N_R

ซึ่งเกิดจากอัตราส่วนของแรงที่เคลื่อนที่ของมวลกับแรงเฉือนเนื่องจากความหนืดของของเหลว N_R เป็นตัวเลขที่จะบอกถึงลักษณะการไหลของของเหลวในท่อตรงว่า จะเป็นการไหลแบบราบเรียบหรือไหลแบบปั่นป่วน และเป็นตัวสำคัญเกี่ยวกับแฟกเตอร์ของความเสียดทานที่มีผลต่อการสูญเสียในท่อ

ตารางที่ 1 การจำแนกชนิดของการไหลตามค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์

N_R	ลักษณะการไหลในท่อ
$N_R < 2000$	การไหลในท่อจะเป็นแบบแบบราบเรียบ
$2000 < N_R < 4000$	ช่วงของการเปลี่ยนแปลง (Transition) จากแบบราบเรียบเป็นแบบปั่นป่วน
$N_R > 4000$	การไหลในท่อจะเป็นแบบปั่นป่วน

ที่มา : สายสุนีย์ , 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตัวประกอบสำหรับการเปลี่ยนหน่วย (Conversion Factors)

การใช้งานในด้านวิศวกรรมนั้นมักมีการเปลี่ยนค่าของตัวแปรจากหน่วยหนึ่งไปเป็นอีกหน่วยหนึ่งเสมอ วิธีการเปลี่ยนหน่วยก็ทำได้โดยการใช้ตัวประกอบสำหรับการเปลี่ยนหน่วย ซึ่งจะเป็นตัวเลขแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยที่แตกต่างกันของตัวแปรตัวเดียวกัน

ตารางที่ 2 Retained Commom Units

Quantity	Name of Unit	Unit Symbol	Definition
Time	Minute	Min	1 min = 60 s
	Hour	h.	1h = 60 min = 3600 s
	Day	d.	1d. = 24 h. = 86400 s
Volume	Litre	L	$1 = 1\ dm^3 = 10^{-3}\ m^3$

ที่มา : Granet , Irving ,1981

ตารางที่ 3 Pressure-Unit Conversion Factors

Pressure Unit	psi	in. H_2O	in. Hg	Atmospheres	mm. Hg
1 psi	1.000	27.730	2.0360	6.8046×10^{-2}	51.715
1 in. H_2O (68 $^{\circ}$ F)	0.036063	1.000	0.073434	2.4539×10^{-3}	1.8650
1 in. Hg (32 $^{\circ}$ F)	0.49115	13.619	1.000	3.3421×10^{-2}	25.400
1 atm	14.69595	407.513	29.9213	1.000	760.000
1 mm. Hg	0.019337	0.53620	0.03937	1.3158×10^{-3}	1.000

ที่มา : Granet , Irving ,1981

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 Conversion Factors

Multiply	By	To Obtain
Atmospheres	2.992×10^{1}	Inches mercury (32 deg.F)
Atmospheres	1.033×10^{4}	Kilogram / sq. metre
Atmospheres (760 torr)	1.013×10^{2}	Kilopascals
Bars.	9.869×10^{-1}	Atmospheres
Bars.	1.000×10^{2}	Kilopascals
Kilogram / square metre	1.422×10^{-3}	Pounds / sq. inch.
Kilogram / square metre	9.678×10^{-5}	Atmospheres
Pounds / square inch.	6.895	Kilopascals
Litre	3.531×10^{-2}	Cubic feet
Cubic metres / sec	1.585×10^{4}	Gallon / min
US gallon	3.78541×10^{-2}	m^3

ที่มา : Granet , Irving ,1981

5. ความดันและหน่วยวัดความดัน (Pressure and its Measuring Units)

ความดันเป็น ค่าตัวแปร (Variable) ที่สำคัญมากตัวหนึ่ง ค่าของตัวแปรอื่นๆ ในระบบ (Process measurement) สามารถวัดได้ในรูปของความดันทั้งสิ้น เช่น

1. การวัดค่า flow แบบใช้ตัววัดลักษณะ ออริฟิส ทำให้เกิดค่าความดันดิฟเฟอเรนเชียล
2. การวัดระดับของเหลวในภาชนะ โดยใช้หลักการวัดความดันดิฟเฟอร์เรนเชียล ที่เกิดจากสแตติกเฮด (Static head)
3. การวัดอุณหภูมิแบบเติมของเหลวในกระเปาะ (Filled thermal) เปลี่ยนค่าอุณหภูมิเป็นความดันก่อนแล้วอ่านอุณหภูมิในรูปของความดัน

ความดัน หมายถึง แรงที่กระทำอย่างสม่ำเสมอในแนวตั้งฉากบนพื้นที่ที่กำหนด ถ้ากำหนดให้ F คือ แรงที่กระทำ, A คือ พื้นที่ที่ถูกกระทำ, P คือ ความดันที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ $$P = \frac{F}{A}$$

แรงที่กระทำอาจเกิดจาก ของเหลว (Liquids), ก๊าซ (Gas) หรือ ของแข็ง (Solids) ก็ได้

หน่วยวัดความดันโดยทั่วไปมี 3 ระบบ แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 หน่วยวัดความดัน

ระบบอังกฤษ	ระบบเมตริก	ระบบ SI
ปอนด์ / ตร.นิ้ว (lb / in^2, psi)	กิโลกรัม / ตร.ซม. (kg / cm^2)	บาร์(bar) หรือ ปาสคาล (Pa) หรือ นิวตัน / ตร.เมตร (N / m^2)

ที่มา : ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ ,2530

หน่วยมาตรฐานสากลของความดัน (S.I. Units)

แรงที่กระทำมีหน่วยเป็นนิวตัน (Newton) 1 N = 1 kg m/s^2 กระทำลงบนพื้นที่ 1 ตารางเมตร จะได้ ความดัน = 1 ปาสคาล (เขียนย่อว่า Pa)

$$1 \quad Pa = 1\ N/s^2$$

ผู้ที่กำหนดหน่วยความดันนี้ขึ้นมาคือ Blaise Pascal แต่ปาสคาลเป็นหน่วยเล็ก ต่อมา "Bar" จึงได้กำหนดหน่วยในทางปฏิบัติขึ้น (Pascal และ Bar เป็นนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส)

$$1\ bar = 100000\ Pa = 10^5\ Pa$$

ค่าความดัน 1 bar นี้ มีค่าใกล้กับค่าความดัน 1 บรรยากาศ และ 1 kg/cm^2 มาก หน่วยความดัน "bar" นี้ต่อไปจะเป็นหน่วยมาตรฐานสากลของทุกประเทศ

ค่าเปรียบเทียบกับหน่วยที่มีอยู่เดิม

ค่าความดันบรรยากาศโดยประมาณ (technical atmosphere)

$$1\ kg/cm^2 = 0.981\ bar$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความดันบรรยากาศทางฟิสิกส์ (physical atmosphere)

$$1 \text{ atm} = 1.01325 \text{ bar}$$

หน่วยอังกฤษ

$$1 \text{ psi} = 0.068947 \text{ bar}$$

ในรูปความสูงของน้ำและปรอท

$$1 \text{ mH}_2\text{O} = 0.09806 \text{ bar}$$

$$1 \text{ inH}_2\text{O} = 0.00254 \text{ bar}$$

$$1 \text{ inHg} = 0.034531 \text{ bar}$$

โดยกำหนดให้ 1 บรรยากาศ = 760 mmHg ที่ปรอท 0° C และมีความเร่งอันเกิดแรงโน้มถ่วง เท่ากับ 9.80665 m/s^2

1 mmHg = ความดันอันเกิดจากความสูงของปรอท 1 mm ที่ปรอท 0° C , มีค่าความหนาแน่น = 13.5951 g/cm^3 และมีค่าความเร่งอันเกิดจากแรงโน้มถ่วง 9.80665 m/s^2

1 mH_2O = ความดันอันเกิดจากความสูงของน้ำ 1 เมตร มีค่าความหนาแน่นคงที่ 1 g/cm^3 และมีค่าความเร่งอันเกิดจากแรงโน้มถ่วง = 9.80665 m/s^2

5.1 ความดันที่เกิดจากของเหลว (pressure of liquids)

ของเหลวมีมวลหนาแน่นกว่าก๊าซมากในทางปฏิบัติถือว่าของเหลวเป็นสารที่อัดตัวไม่ลง (Incompressible) ถ้าเปรียบเทียบกับก๊าซแล้ว ก๊าซเป็นสารที่อัดตัวลง (Compressible) เมื่อของเหลวถูกบรรจุอยู่ในภาชนะ โมเลกุลของเหลวจะทับถมกันลงไปเรื่อย ๆ จากบนลงสู่ล่างทำให้ความดันเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามขนาดความสูงของเหลวนั้น

ความดันที่เกิดจากของเหลวลักษณะนี้เรียกว่า สแตติกเฮด (Static head) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า เฮด (Head)

ถ้ากำหนดให้ P คือ ความดันอันเกิดจากของเหลวมีหน่วยเป็น bar

ρ คือ ความหนาแน่นของเหลวมีหน่วยเป็น kg/m^3

h คือ ความสูงของของเหลวมีหน่วยเป็น m

g คือ แรงโน้มถ่วงมีหน่วยเป็น m/s^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ $P = h.\rho.g$

ค่าสแตติกเฮดของของเหลวที่มีความสูงเท่ากันจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของของเหลวนั้น ปรอทจะทำให้เกิดสแตติกเฮด 13.6 เท่าของน้ำในความสูงที่เท่ากัน

การวัดความดันโดยอาศัยความต่างระดับของของเหลว ค่าความดันหาได้จากสูตร

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

5.2 รูปแบบของความดัน (Types of Pressure)

รูปแบบของความดันแตกต่างกันไปตามจุดอ้างอิง (reference) ที่มีค่าเป็นศูนย์ ในทางปฏิบัติจะมี 4 รูปแบบคือ

- ความดันสัมบูรณ์ (Absolute pressure)
- ความดันเกจ (Gauge pressure)
- ความดันดิฟเฟอเรนเชียล (Differential pressure)
- ความดันในช่วงต่ำกว่าบรรยากาศ (Vacuum)

5.2.1 ค่าความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure)

ค่าความดันสัมบูรณ์ จะอ้างอิงค่าศูนย์อยู่ที่จุดสุญญากาศ (Absolute vacuum) ค่าที่กำหนดเป็นความดันสัมบูรณ์ จะมีตัวย่อต่อท้ายเป็น "abs" หรือ "a" เช่น bar_{abs} , psi_a หรือ kg/cm^2_{abs} ค่าความดันสัมบูรณ์นี้เป็นค่าที่ใช้สำหรับการคำนวณทางเทอร์โมไดนามิกส์ เช่น การหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (boiler)

5.2.2 ค่าความดันเกจ (Gauge Pressure)

ค่าความดันเกจ จะอ้างอิงค่าศูนย์ (zero reference) ที่ความดันบรรยากาศโดยค่าที่บอกจะเป็นค่าที่สูงกว่าความดันบรรยากาศขึ้นไป ซึ่งค่าความดันบรรยากาศนี้จะถือที่ระดับน้ำทะเลเฉลี่ย (Mean sea level) มีค่าเท่ากับ 1.01325 bar_{abs} ถ้าวัด ณ จุดใด บนพื้นโลกจะมีค่าแตกต่างกันประมาณ 5% ในทางปฏิบัติจะถือโดยประมาณว่าเท่ากัน งานส่วนใหญ่ในอุตสาหกรรมจะบอกเป็นความดันเกจ แทบทั้งสิ้น ค่าที่กำหนดเป็นความดันเกจนี้ จะมีตัวย่อต่อท้ายเป็น g หรือ G เช่น bar_g, kg/cm^2_G หรือ psi_g

ถ้าเปรียบเทียบค่าความดันสัมบูรณ์กับความดันเกจแล้วความดันสัมบูรณ์จะมีค่ามากกว่า 1.01325 bar หรือ 14.696 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_{abs} = P_g + Atmosphere$$

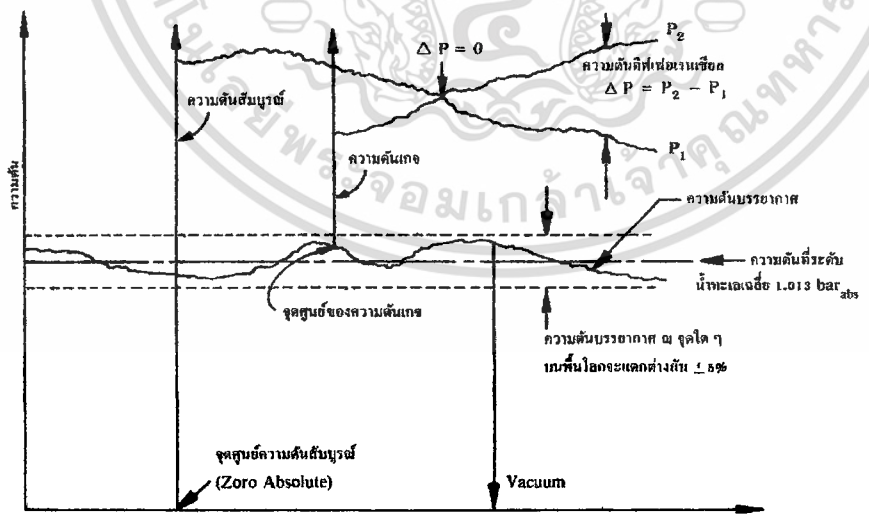
5.2.3 ความดันดิฟเฟอเรนเชียล (Differential Pressure)

เป็นการบอกค่าความแตกต่างความดันระหว่างจุด 2 จุด ความดันดิฟเฟอเรนเชียลจะมีค่าเป็นศูนย์ที่ความดันทั้งสองจุดที่วัดมีค่าเท่ากัน

ค่าที่กำหนดเป็นความดันแตกต่างจะมีตัวย่อต่อท้ายว่า d หรือ D เช่น kg/cm^2_D psi_d หรือ bar_D บางครั้งอาจเขียนย่อว่า ΔP ซึ่งหมายถึงค่าความดันดิฟเฟอเรนเชียลเช่นเดียวกัน ในการใช้งานตัวกรองน้ำมัน (strainer) เราสามารถกำหนดเวลาทำความสะอาดของตัวกรองนี้ได้โดยดูค่าความดันดิฟเฟอเรนเชียล ที่หน้าและหลังตัวกรองถ้าค่าความดันดิฟเฟอเรนเชียลน้อย แสดงว่าตัวกรองยังสะอาด แต่ถ้าค่าความดันดิฟเฟอเรนเชียลสูงขึ้นแสดงว่า มีสิ่งสกปรกมาติดมากแล้ว จะชี้บอกว่าถึงเวลาเปลี่ยนตัวกรองได้หรือยัง

5.2.4 Vacuum

จะอ้างอิงจุดศูนย์ที่ความดันบรรยากาศและค่าจะมากขึ้นเมื่อความดันลดลง ค่าจะได้สูงสุดที่จุดศูนย์ของความดันสัมบูรณ์ (Zero Absolute) Vacuum นี้ บางทีจะเรียกว่าความดันลบ (negative pressure) นิยมกำหนดหน่วยเป็นค่าความสูงของของเหลว เช่น mmHg , inHg. หรือถ้ามีค่าน้อย ๆ อาจกำหนดเป็น mm H_2O , in H_2O และจะมีตัวย่อต่อท้ายด้วย vac เช่น 758 $mmHg_{vac}$ ซึ่งหมายถึงมีค่าความดันต่ำกว่าบรรยากาศลงไป 758 mm.Hg



รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบความดันทั้ง 4 รูปแบบ (สมศักดิ์ , 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.1 Model ระบบท่อ ซึ่งประกอบด้วย

1.1.1 ชุดท่อ PVC

1.1.2 ท่ออะครีลิก

1.1.3 Ball value 2 ตัว

1.1.4 เกจวัดความดัน (Pressure guage)

1.2 Centrifugal Pump รุ่น CEAM 80/5

1.3 ของไหล (Fluid) ในที่นี้คือ น้ำ

1.4 เครื่องมือวัดอัตราการไหล (Flow meter)

1.5 Tank น้ำขนาด 250 ลิตร

1.6 สายยาง

1.7 ผงขี้เลื่อย

1.8 กล้องดิจิตอล

2. ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

2.1 ทำการศึกษาทฤษฎีของของไหล คุณสมบัติของของไหล (Properties of Fluid) และการวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)

รวบรวมข้อมูลต่างๆที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการไหลของของไหลในระบบท่อโดยจะศึกษาถึงลักษณะที่ทำให้เกิดการไหลแบบราบเรียบและแบบปั่นป่วน (Laminar and Turbulent) ตามความสัมพันธ์ของ เรย์โนลด์นัมเบอร์ (Reynold Number)

2.2 ทำการออกแบบและสร้างระบบท่อ

นำข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้แล้วมาทำการออกแบบและสร้างระบบท่อ (Model) ขึ้นและจัดซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในระบบท่อทั้งหมดดังตารางที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

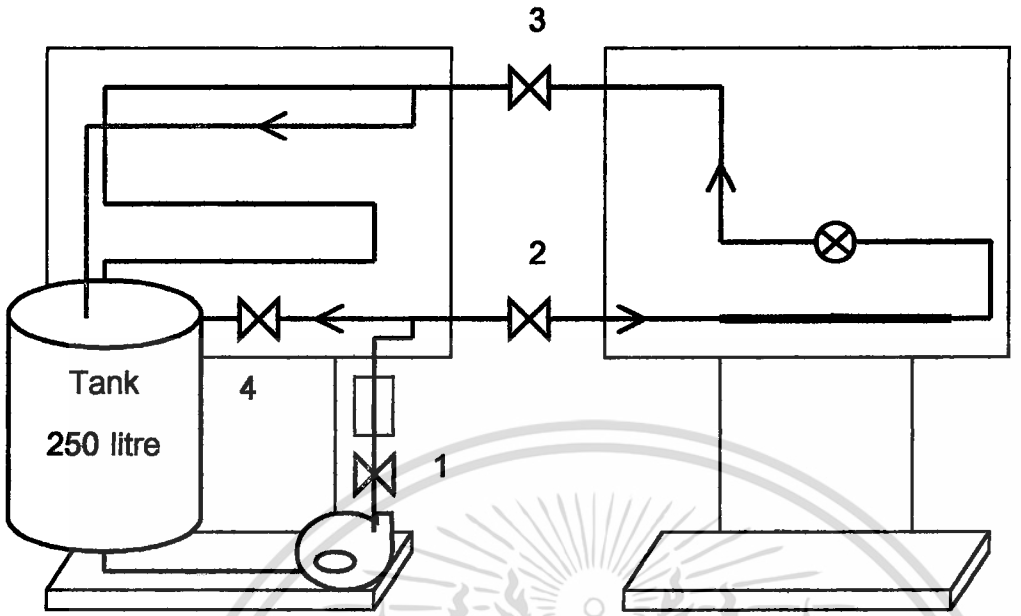
ตารางที่ 6 จำนวนอุปกรณ์ประกอบชุดท่อ PVC

	อุปกรณ์	จำนวน
1	ท่อ PVC ขนาด 1" ยาว 0.54 ม.	1
2	ท่อ PVC ขนาด 1" ยาว 0.34 ม.	2
3	ท่อ PVC ขนาด 1" ยาว 0.30 ม.	1
4	ท่อ PVC ขนาด 1" ยาว 0.22 ม.	2
5	ท่อ PVC ขนาด 1" ยาว 0.16 ม.	1
6	ท่ออะคริลิกขนาด 1" ยาว 0.75 ม.	1
7	Pressure gauge และอุปกรณ์ต่อท่อ	1
8	ข้องอ 90 องศา	4
9	ข้อต่อ 3 ทาง ลดขนาด 1" x ½" PVC	1
	ข้อต่อ 3 ทาง แป๊บเหล็ก	2
10	Ball valve	2
11	ข้อต่อเกลียวใน	4
12	กิ๊บจับท่อ	7
13	นิปเปิล PVC	4
	นิปเปิลเหล็ก	2

2.3 ทำการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ทั้งหมด

นำอุปกรณ์ท่อทั้งหมดที่ได้กล่าวไปแล้ว มาประกอบบนแผ่นไม้อัดยึดติดด้วยกิ๊บจับท่อ แล้วนำไปต่อกับระบบท่อเดิมที่มีปั๊มเพื่อใช้งานร่วมกัน โดยใช้ Ball Valve 2 ตัวเป็นตัวควบคุมการไหลในระบบท่อเพื่อแยกทางเดินของน้ำในระบบท่อเดิม(แป๊บเหล็ก)และระบบท่อใหม่(PVC) ซึ่งมีระบบดังรูป เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำการตรวจสอบรอยรั่วระหว่างข้อต่อของท่อ และเมื่อพบรอยรั่วให้ทำการปิดรอยรั่วโดยใช้ซิลิโคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 แสดงระบบท่อที่ใช้ในการทดลอง

2.4 ทำการคำนวนค่า Renold Number เพื่อกำหนดว่าต้องทำการทดลองที่ค่า Q เท่าไรจึงจะเห็นพฤติกรรมการไหลของของไหลทั้ง 3 แบบ

2.5 ทำการทดลองเพื่อศึกษาค่าความดันที่มีผลต่อพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อ

2.5.1 ตรวจดูปริมาณน้ำใน Tank ให้ถึงปริมาณที่ต้องการ (200 L) และใส่ผงขี้เลื่อยลงไป (240 g) จากนั้นคนให้เข้ากัน

2.5.2 ทำการปิดวาล์ว 4 และเปิดวาล์ว 1 (เพื่อปรับอัตราการไหล) , 2 และ 3

2.5.3 เปิดสวิตซ์ปั๊ม เพื่อให้น้ำไหลผ่านเข้าไปในระบบท่อ และตรวจสอบความพร้อมก่อนทำการทดลอง

2.5.4 เริ่มทำการทดลองโดยเริ่มเปิด valve ที่ 1 เพื่อปรับอัตราการไหลโดยเริ่มที่อัตราการไหล 100 L/hr สังเกตลักษณะการเคลื่อนที่ของผงขี้เลื่อยภายในท่ออะคลีลิก เมื่อความดันเท่ากับ 0 kg/cm^2 บันทึกผลการทดลองด้วยการจับเวลา 15 วินาที พร้อมทั้งบันทึกภาพที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96485

2.5.5 ทำการทดลองโดยการปรับความดันที่วาล์ว 3 เพื่อปรับความดัน และปรับวาล์วที่ 1 เพื่อรักษาระดับการไหลให้คงที่คือ 100 L/hr แล้วบันทึกผลการทดลองที่ ความดัน 0.5 , 1, 1.5, 2 และ 2.5 kg/cm^2 จับเวลา 15 วินาที แล้วบันทึกภาพลักษณะการไหลที่เกิดขึ้น

2.5.6 ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2.5.4 และ 2.5.5 แต่เปลี่ยนอัตราการไหลเป็น 200 L/hr ,300 L/hr แล้วทำการบันทึกผลการทดลอง

2.6 นำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎี (ค่า Reynold Number ที่คำนวณได้ในข้อ 2.4)

2.7 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 100 L/hr

จากการศึกษาถึงค่าความดันที่มีผลต่อพฤติกรรมการไหลของไหลภายในท่อ พบว่า ที่อัตราการไหล Q = 100 L/hr ที่ความดันต่างๆ คือ 0, 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.5 kg/cm^2

ที่อัตราการไหล 100 L/hr ลักษณะการไหลเป็นแบบราบเรียบ (Laminar) ความเร็วของอนุภาคจะคงที่และเคลื่อนตัวอย่างเป็นระเบียบ ขนานกันเป็นเส้นตรง สังเกตจากรูปจะพบว่าที่จุดกึ่งกลางของท่อจะมีความเร็วสูงที่สุด เนื่องจากเป็นจุดที่มีความเสียดทานต่ำสุด ลักษณะการกระจายตัวเป็นแบบรูปพาราโบลอยด์คล้ายรูปไข่ไก่ตัดครึ่ง ซึ่งมักจะเกิดกับอัตราการไหลต่ำมากๆ และความเร็วของการไหลน้อยๆ

ที่ความดัน 0 kg/cm^2 ความเร็วของอนุภาคจะคงที่และเคลื่อนตัวอย่างเป็นระเบียบ ดังรูปที่ 7

ที่ความดัน 0.5 kg/cm^2 ความเร็วของอนุภาคจะคงที่แต่เคลื่อนตัวช้ากว่าที่ความดัน 0 kg/cm^2 ดังรูปที่ 8

ที่ความดัน 1 kg/cm^2 ความเร็วของอนุภาคจะคงที่แต่เคลื่อนตัวช้ากว่าที่ความดัน 0 และ 0.5 kg/cm^2 ดังรูปที่ 9

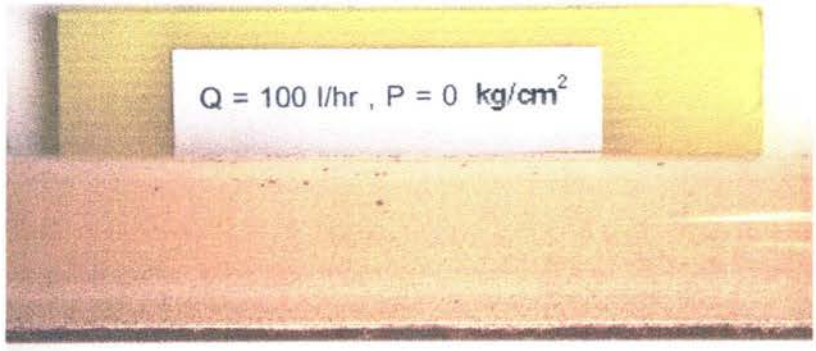
ที่ความดัน 1.5 kg/cm^2 ความเร็วของอนุภาคจะคงที่แต่เคลื่อนตัวช้ากว่าที่ความดัน 0 , 0.5 และ 1 kg/cm^2 ดังรูปที่ 10

ที่ความดัน 2 kg/cm^2 ความเร็วของอนุภาคจะคงที่แต่เคลื่อนตัวช้าลงกว่าที่ความดัน 0 , 0.5, 1 และ 1.5 kg/cm^2 ดังรูปที่ 11

ที่ความดัน 2.5 kg/cm^2 ความเร็วของอนุภาคจะวิ่งอย่างคงที่และจะเคลื่อนตัวขนานกันเป็นเส้นตรง แต่จะเคลื่อนตัวช้าลงกว่าที่ความดัน 0 , 0.5, 1, 1.5 และ 2 kg/cm^2 ดังรูปที่ 12

หมายเหตุ เพื่อความเข้าใจจึงควรศึกษาผลการทดลองจากแผ่น CD ซึ่งการใช้งานfile pp11.ppt นั้น จะต้องทำการ copy folder ที่ชื่อว่า pHun ไว้ใน C:\My Documents ก่อนจึงจะสามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



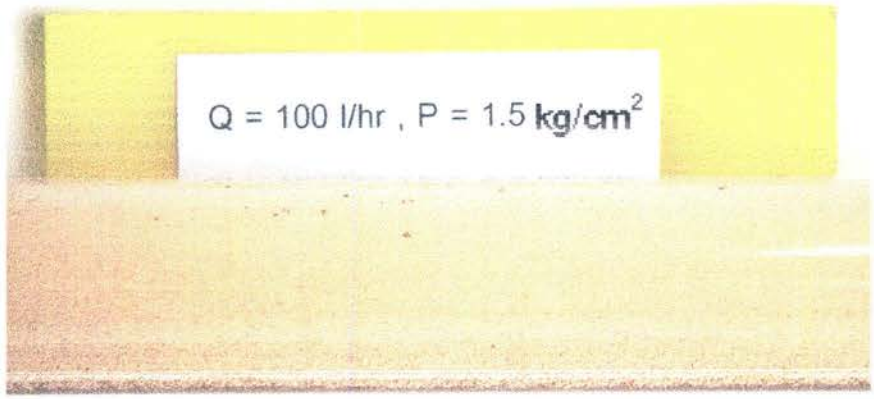
รูปที่ 7 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ P = 0 kg/cm^2

รูปที่ 8 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ P = 0.5 kg/cm^2

รูปที่ 9 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ P = 1 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18950



รูปที่ 10 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ P = 1.5 kg/cm^2

รูปที่ 11 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ P = 2 kg/cm^2

รูปที่ 12 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ P = 2.5 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

4.2 ผลการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 200 L/hr

จากการศึกษาผลการทดลองที่อัตราการไหล Q = 200 L / hr ที่ค่าความดันต่างๆ จะพบว่าลักษณะการไหลอยู่ในช่วงการเปลี่ยนแปลง (Transition) ไม่สม่ำเสมอ สังเกตได้จากจะมีอนุภาคบางส่วนที่นอนก้น และอนุภาคบางส่วนที่วิ่งปั่นป่วนอยู่ในท่อ เนื่องจากการไหลในช่วงเปลี่ยนแปลงนั้นจะเป็นการไหลที่เปลี่ยนแปลงจากแบบราบเรียบไปเป็นแบบปั่นป่วน เนื่องจากความเร็วจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

ที่ความดัน 0 kg/cm^2 ความเร็วของอนุภาคจะคงที่และมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วเป็นช่วงๆ ไม่สม่ำเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 13

ที่ความดัน 0.5 kg/cm^2 ความเร็วของอนุภาคจะคงที่และมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วเป็นช่วงๆ และเร็วกว่าที่ความดัน 0 kg/cm^2 ดังแสดงในรูปที่ 14

ที่ความดัน 1 kg/cm^2 ความเร็วของอนุภาคจะคงที่และมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วเป็นช่วงๆ และเร็วขึ้นกว่าที่ความดัน 0 และ 0.5 kg/cm^2 ดังแสดงในรูปที่ 15

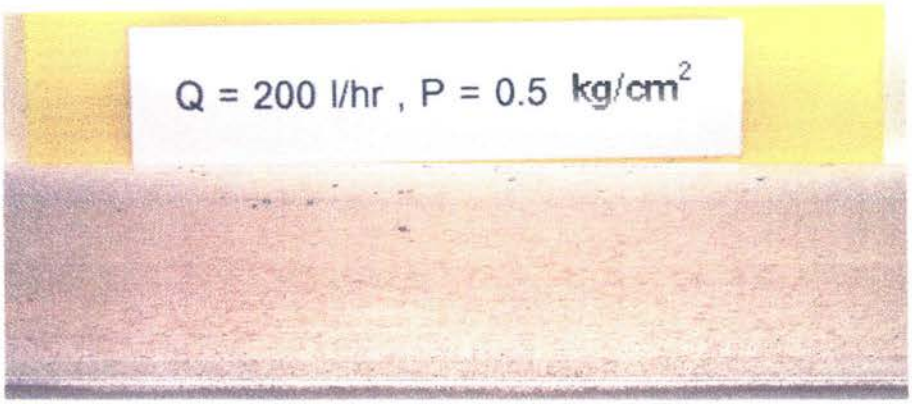
ที่ความดัน 1.5 kg/cm^2 ความเร็วของอนุภาคจะคงที่และมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วเป็นช่วงๆ เพิ่มขึ้นและเร็วขึ้นกว่าที่ความดัน 0 , 0.5 และ 1 kg/cm^2 ดังแสดงในรูปที่ 16

ที่ความดัน 2 kg/cm^2 ความเร็วของอนุภาคจะคงที่และมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วเป็นช่วงๆ เพิ่มขึ้นและเร็วขึ้นกว่าที่ความดัน 0 , 0.5, 1 และ 1.5 kg/cm^2 ดังแสดงในรูปที่ 17

ที่ความดัน 2.5 kg/cm^2 ความเร็วของอนุภาคจะคงที่และมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วเป็นช่วงๆ เพิ่มขึ้นและมีความสูงที่สุดเมื่อเทียบกับค่าความดันอื่นๆที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 18

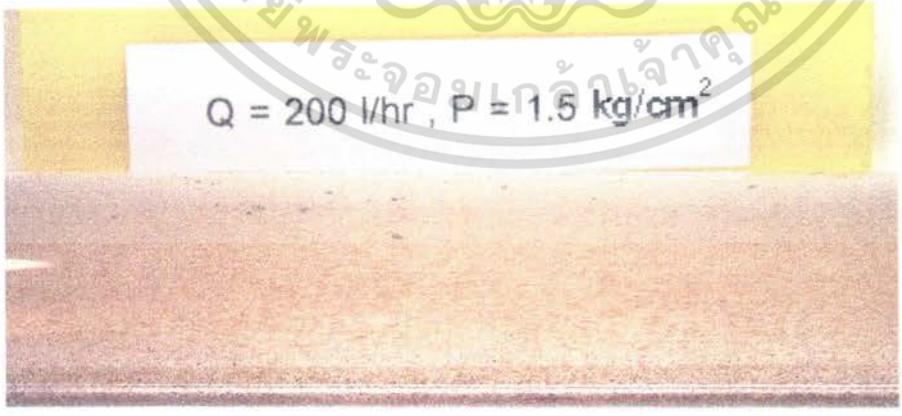
รูปที่ 13 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ P = 0 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



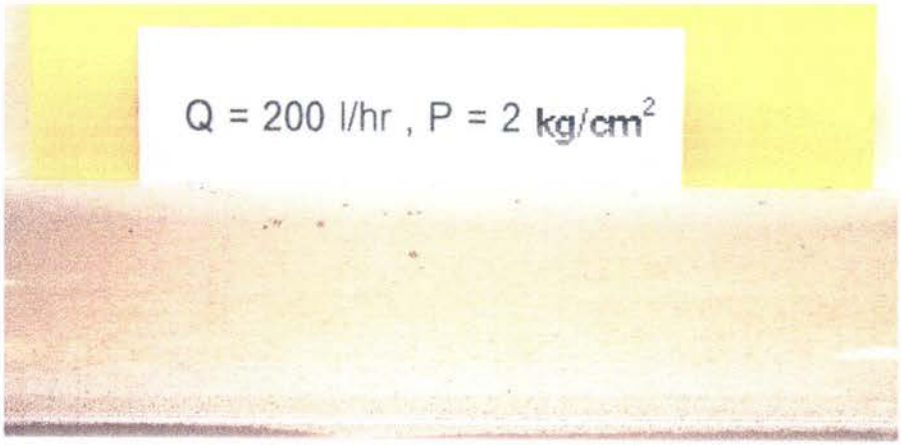
รูปที่ 14 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ P = 0.5 kg/cm^2

รูปที่ 15 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ P = 1 kg/cm^2



รูปที่ 16 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ P = 1.5 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ P = 2 kg/cm^2

รูปที่ 18 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ P = 2.5 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 300 l / hr

จากการศึกษาผลการทดลองที่อัตราการไหล Q = 300 L / hr ที่ค่าความดันต่างๆ จะพบว่าลักษณะการไหลจะเป็นแบบปั่นป่วน (Turbulant) ซึ่งจะสังเกตได้จากจะมีอนุภาคที่วิ่งปั่นป่วนอยู่ในท่อ มีทิศทางการเคลื่อนที่ไม่แน่นอน อาจเกิดเป็นลูกคลื่นไหลวนอยู่ภายในท่อ และมีความเร็วในการเคลื่อนที่มากกว่าการไหลแบบราบเรียบ

ที่ความดัน 0 kg/cm^2 ความเร็วของอนุภาคจะเคลื่อนตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ ทิศทางไม่แน่นอน ดังแสดงในรูปที่ 19

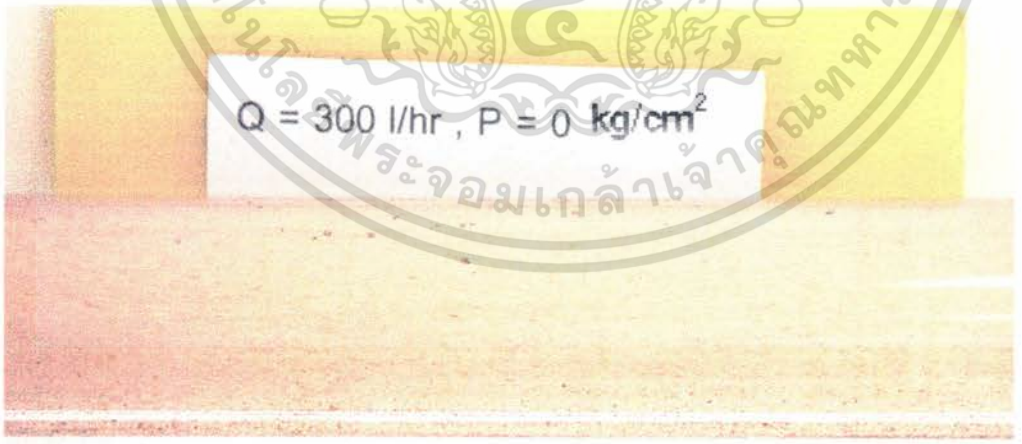
ที่ความดัน 0.5 kg/cm^2 ความเร็วของอนุภาคจะเคลื่อนตัวอย่างไม่เป็นระเบียบเพิ่มขึ้น และเร็วกว่าที่ความดัน 0 kg/cm^2 ดังแสดงในรูปที่ 20

ที่ความดัน 1 kg/cm^2 ความเร็วของอนุภาคจะเคลื่อนตัวอย่างไม่เป็นระเบียบเพิ่มขึ้น และเร็วกว่าที่ความดัน 0 และ 0.5 kg/cm^2 ดังแสดงในรูปที่ 21

ที่ความดัน 1.5 kg/cm^2 ความเร็วของอนุภาคจะเคลื่อนตัวอย่างไม่เป็นระเบียบเพิ่มขึ้น และเร็วกว่าที่ความดัน 0 , 0.5 และ 1 kg/cm^2 ดังแสดงในรูปที่ 22

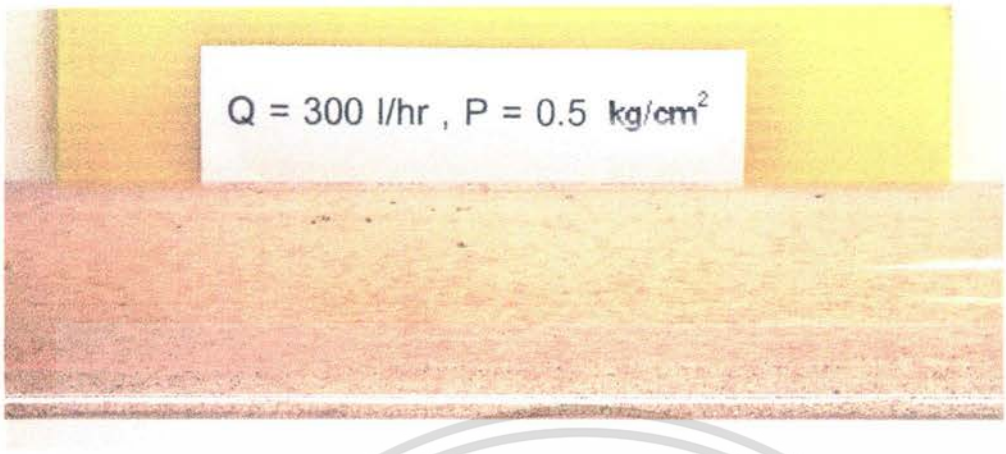
ที่ความดัน 2 kg/cm^2 ความเร็วของอนุภาคจะเคลื่อนตัวอย่างไม่เป็นระเบียบเพิ่มขึ้น และเร็วกว่าที่ความดัน 0 , 0.5, 1 และ 1.5 kg/cm^2 ดังแสดงในรูปที่ 23

ที่ความดัน 2.5 kg/cm^2 ความเร็วของอนุภาคจะเคลื่อนตัวอย่างไม่เป็นระเบียบเพิ่มขึ้น และและมีความเร็วสูงที่สุดเมื่อเทียบกับค่าความดันอื่นๆที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 24

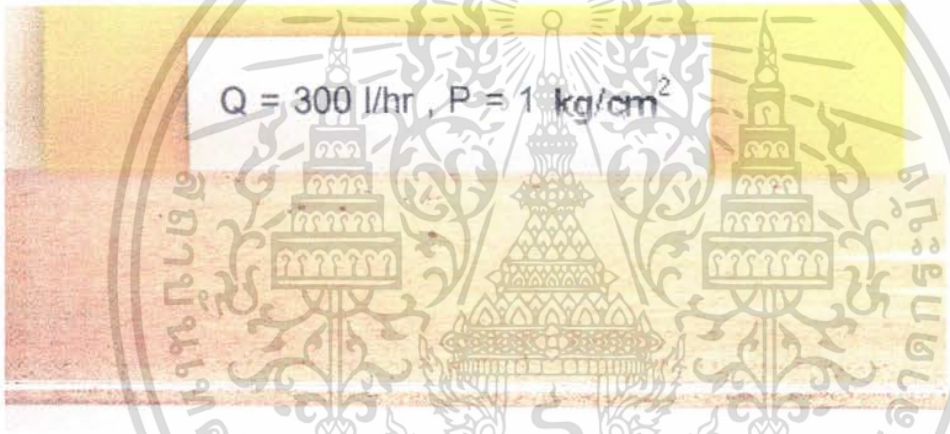


รูปที่ 19 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ P = 0 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



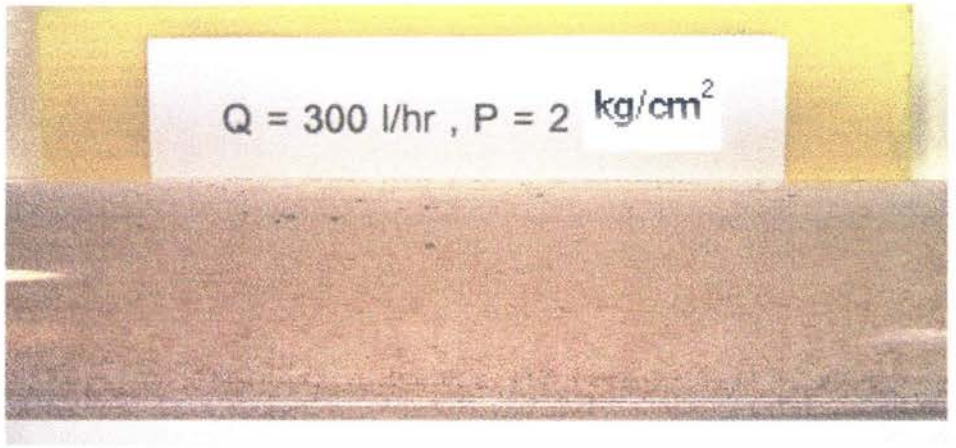
รูปที่ 20 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ P = 0.5 kg/cm^2



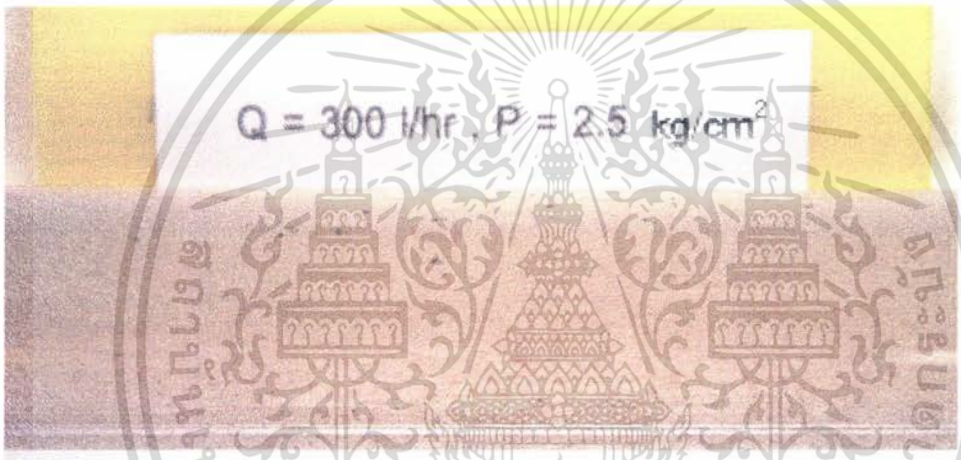
รูปที่ 21 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ P = 1 kg/cm^2

รูปที่ 22 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ P = 1.5 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 23 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ P = 2 kg/cm^2

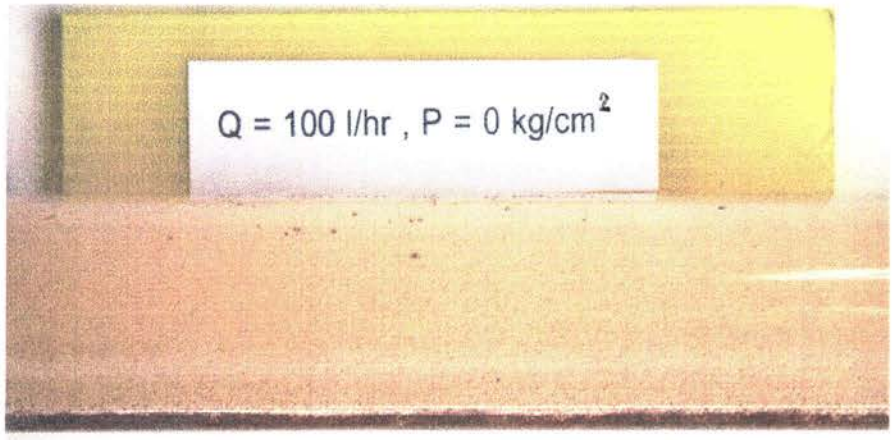


รูปที่ 24 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ P = 2.5 kg/cm^2

4.4 ผลการทดลองเปรียบเทียบพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่อัตราการไหลต่างๆ

จากการทดลองที่อัตราการไหล 100 L / hr , 200 L / hr และ 300 L / hr พบว่าเกิดพฤติกรรมการไหลที่แตกต่างกันคือ การไหลแบบราบเรียบ ช่วงของการเปลี่ยนแปลง และการไหลแบบปั่นป่วน โดยขึ้นกับค่าความเร็วและค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ดังที่กล่าวไว้ในบทข้างต้น ดังแสดงในรูปที่ 25 , 26 และ 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 25 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 100 L/ hr, P = 0 kg/cm^2

รูปที่ 26 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 200 L / hr, P = 0 kg/cm^2

รูปที่ 27 แสดงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 300 L / hr, P = 0 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่มีการเปลี่ยนแปลงความดัน โดยของไหลที่ใช้ในการศึกษา คือ น้ำ และใช้ผงขี้เลื่อยเป็นตัวแทนของของไหลเพื่อสังเกตลักษณะการไหล

อัตราการไหลที่ใช้ในการศึกษามี 3 ระดับ คือ 100 , 200 และ 300 L /hr ซึ่งเป็นตัวแทนลักษณะการไหลประเภทต่างๆ คือ แบบราบเรียบ (Laminar) , ช่วงการเปลี่ยนแปลง (Transition) และแบบปั่นป่วน (Turbulent) ตามลำดับ ความดันที่ใช้ในการศึกษามี 6 ระดับ คือ 0 , 0.5 , 1 , 1.5 , 2 และ 2.5 kg/cm^2 ตามลำดับ พบว่าที่อัตราการไหล 200 และ300 L/hr เมื่อความดันเพิ่มขึ้น อนุภาค (ผงขี้เลื่อย) จะเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น แต่ที่อัตราการไหล 100 L/hr เมื่อความดันเพิ่มขึ้น อนุภาค (ผงขี้เลื่อย) จะเคลื่อนที่ช้าลง สำหรับผลการทดลองที่อัตราการไหล 100 L/hr อาจเกิดความผิดพลาดจากปั๊ม (Pump) ที่มีขนาดใหญ่ เมื่อนำปรับใช้ที่อัตราการไหลต่ำๆ ทำให้อัตราการไหลไม่สามารถปรับให้คงที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่มีการเปลี่ยนแปลงความดัน พบว่าอาจเกิดความผิดพลาดได้จากการวัดอัตราการไหล และความดัน ซึ่งเกิดจาก

1. เครื่องมือวัดอัตราการไหล (Flow meter)
2. ปั๊ม (Pump)
3. เกจวัดความดัน (Pressure gauge)

แนวทางแก้ไข คือ ควรเลือกใช้ เครื่องมือวัดอัตราการไหล (Flow meter) , ปั๊ม (Pump) , เกจวัดความดัน (Pressure gauge) ที่มีความเหมาะสม

- เครื่องวัดอัตราการไหล (Flow meter) เนื่องจากช่วงสเกลที่ใช้ในการศึกษานี้อยู่ในช่วง 100-300 L/hr แต่เครื่องวัดอัตราการไหลที่ใช้มีสเกลอยู่ในช่วง 0-100 L/hr ทำให้มีช่วงสเกลที่ใช้ในการศึกษาน้อย ดังนั้นเครื่องวัดอัตราการไหลที่เหมาะสมจึงควรมีความละเอียดในช่วงที่ต้องการศึกษามากเพียงพอ

- ปั๊ม (Pump) เนื่องจากปั๊มที่ใช้มีอัตราการไหล 1800-6000 L/hr ขณะที่เครื่องวัดอัตราการไหลสามารถอ่านค่าได้สูงสุดที่ 1000 L/hr จึงทำให้การปรับอัตราการไหลที่อัตราการไหลต่ำๆ ทำได้ยากและไม่คงที่ ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ปั๊มที่มีสภาพการใช้งานเหมาะสมกับเครื่องวัดอัตราการไหล

- เกจวัดความดัน (Pressure gauge) เนื่องจากช่วงสเกลที่ใช้ในการศึกษานี้อยู่ในช่วง 0-2.5 kg/cm^2 แต่เกจวัดความดันที่ใช้มีสเกลอยู่ในช่วง 0-10 kg/cm^2 ทำให้มีช่วงสเกลที่ใช้ในการศึกษาน้อย ดังนั้นเกจวัดความดันที่เหมาะสมจึงควรมีความละเอียดในช่วงที่ต้องการศึกษามากเพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2529. ปั๊มและระบบสูบน้ำ . กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธำรง เปรมปรีดิ์.2530 เครื่องสูบน้ำ: การออกแบบ ใช้งานและการบำรุงรักษา

ระบบท่อ วาล์ว ปั๊ม . 2536. กรุงเทพ : ซีเอ็ดยูเคชั่น

ภัทราภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์ และ วัชร เพิ่มชาติ. 2543. เครื่องสูบในงานวิศวกรรม.

กรุงเทพมหานคร:แผนกตำราคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาษาอังกฤษ

Volk, Michael W . 1996 . Pump Characteristic and application . New York : Marcel Dekker

Nelik,Lev. 1999. Centrifugal and rotary pumps : fundamentals with application Boca Raton

:CRC Press

" Introduction to PD Pump." [Online]. Available : http://www.pumpschool.com

"Pumps in food industry" [online]. Available: http://www.kraftunitops.com/pump

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การคำนวณค่า Renold Number

จากสมการ Renold Number

$$N_R = \frac{\rho D v}{\mu}$$

กำหนดให้ $\rho = 1000\ kg/m^3$, $\mu = 0.001\ N.s/m^2$, D = 1 นิ้ว = 0.025 m

1. ที่ Q = 100 L /hr

แปลงหน่วยจาก L /hr ไปเป็น m^3/s $\frac{100\ L}{hr} \times \frac{1\ hr}{3600\ s} \times \frac{1\ m^3}{1000\ L} = 0.0000278\ m^3/s$

หา v จากสมการ $v = \frac{Q}{A}$

$A = \pi d^2/4 = 3.14 \times 0.025^2/4 = 0.00049\ m^2$

จะได้ $v = 0.0000278/0.00049 = 0.057\ m/s$

จากสมการ $N_R = \rho vD/\mu = 1000 \times 0.057 \times 0.025 / 0.001 = 1425$

จากการคำนวณพบว่า $1425 < 2000$

∴ ที่ Q = 100 L/hr ลักษณะการไหลเป็นการไหลแบบราบเรียบ (Laminar)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ที่ Q = 200 L /hr

แปลงหน่วยจาก L / hr ไปเป็น m^3/s $\frac{200\ L}{hr} \times \frac{1\ hr}{3600\ s} \times \frac{1\ m^3}{1000\ L} = 0.0000556\ m^3/s$

หา ν จากสมการ $\nu = \frac{Q}{A}$

$A = \pi d^2/4 = 3.14 \times 0.025^2/4 = 0.00049\ m^2$

จะได้ $\nu = 0.0000556/0.00049 = 0.11\ m/s$

จากสมการ $N_R = \rho \nu D/\mu = 1000 \times 0.11 \times 0.025 / 0.001 = 2750$

จากการคำนวณพบว่า $2000 < 2750 < 4000$

$\therefore$ ที่ Q = 200 L/hr ลักษณะการไหลเป็นการไหลแบบเปลี่ยนแปลง (Transition)

3. ที่ Q = 300 L /hr

แปลงหน่วยจาก L /hr ไปเป็น m^3/s $\frac{300\ L}{hr} \times \frac{1\ hr}{3600\ s} \times \frac{1\ m^3}{1000\ L} = 0.0000833\ m^3/s$

หา ν จากสมการ $\nu = \frac{Q}{A}$

$A = \pi d^2/4 = 3.14 \times 0.025^2/4 = 0.00049\ m^2$

จะได้ $\nu = 0.0000833/0.00049 = 0.17\ m/s$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ $N_R = \rho VD/\mu = 1000 \times 0.17 \times 0.025 / 0.001 = 4250$

จากการคำนวณพบว่า $4250 > 2000$

$\therefore$ ที่ Q = 300 L/hr ลักษณะการไหลเป็นการไหลแบบ ปั่นป่วน (Turbulent)

4. การคำนวณค่า Q ที่ $N_R = 2000$

จากสมการ $$N_R = \frac{\rho DV}{\mu}$$

$$V = N_R\mu/\rho D = 2000 \times 0.001 / 1000 \times 0.025 = 0.08 \text{ m/s}$$

จากสมการ $Q = VA = 0.08 \times 0.00049 = 0.0000392 \text{ m}^3/\text{s}$

แปลงหน่วยจาก m^3/s ไปเป็น L/hr $\frac{0.0000392 \text{ m}^3}{\text{s}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hr}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 141.12 \text{ L/hr}$

5. การคำนวณค่า Q ที่ $N_R = 4000$

จากสมการ $$N_R = \frac{\rho DV}{\mu}$$

$$V = N_R\mu/\rho D = 4000 \times 0.001 / 1000 \times 0.025 = 0.16 \text{ m/s}$$

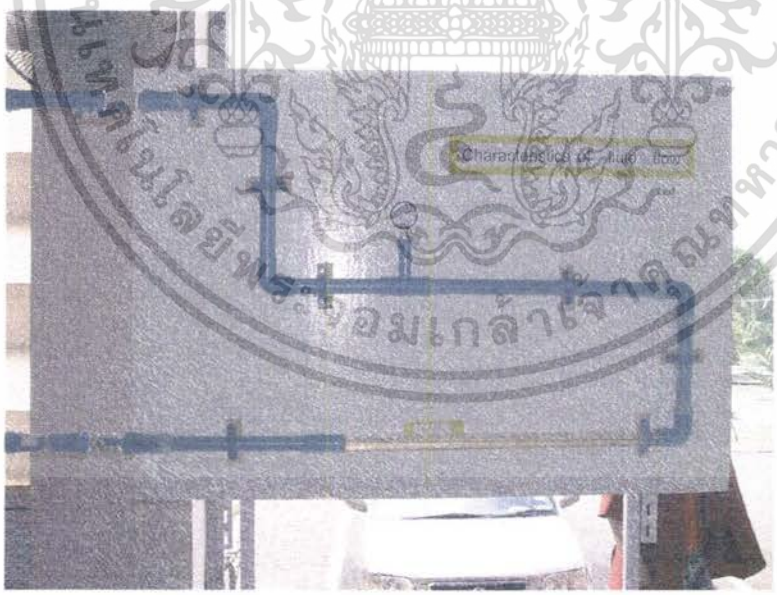
จากสมการ $Q = VA = 0.16 \times 0.00049 = 0.0000784 \text{ m}^3/\text{s}$

แปลงหน่วยจาก m^3/s ไปเป็น L /hr $\frac{0.0000784 \text{ m}^3}{\text{s}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hr}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 282.24 \text{ L /hr}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

รูปที่ 28 แสดงระบบท่อทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 29 แสดงระบบท่อที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 30 แสดงรูปปั๊มน้ำ

รูปที่ 31 แสดงเครื่องมือวัดอัตราการไหล (Flow meter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 32 แสดงเกจวัดความดัน

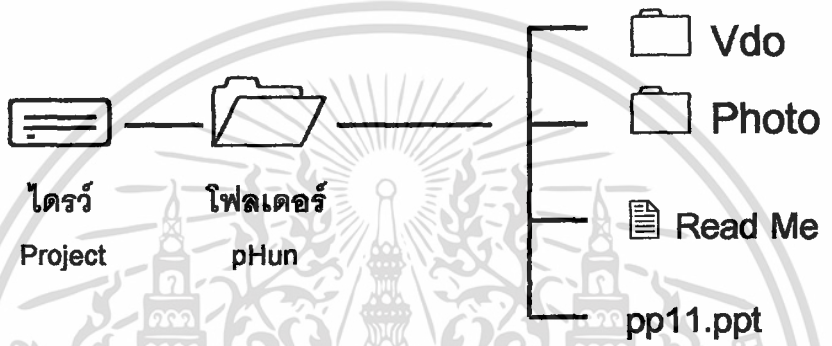
รูปที่ 33 แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

เพื่อความเข้าใจในการศึกษาผลการทดลองนี้ จึงควรศึกษาจากแผ่น CD ที่ได้แนบไว้ ซึ่งสามารถจะทำการศึกษาได้ 3 วิธีคือ

1. ที่ไฟล์ pp11.ppt ซึ่งเป็นไฟล์ Microsoft PowerPoint
2. ไฟล์ภาพเคลื่อนไหวผลการทดลองได้จากโฟลเดอร์ Vdo
3. ไฟล์รูปภาพจากโฟลเดอร์ Photo



รูปที่ 34 แสดงแผนผังการใช้งานแผ่น CD

รายละเอียดต่างๆดังแสดงในตารางที่ 7 , 8 , และ 9

ตารางที่ 7 แสดงรายละเอียดภาพเคลื่อนไหวและรูปภาพพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อที่ Q = 100 L/hr ที่ค่าความดันต่างๆ

ความดัน (kg/cm^2)	ภาพเคลื่อนไหว	รูปภาพ
0	B4	10000 และ pp1
0.5	MOV00540	10005 และ pp2
1.0	A4	10010 และ pp3
1.5	MOV00543	10015 และ pp4
2.0	A8	10020 และ pp5
2.5	A9	10025 และ pp6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 แสดงรายละเอียดภาพเคลื่อนไหวและรูปภาพพฤติกรรมการไหลของของไหล ภายในท่อที่ Q = 200 L/hr ที่ค่าความดันต่างๆ

ความดัน (kg/cm^2)	ภาพเคลื่อนไหว	รูปภาพ
0	MOV00507	20000 และ ph1
0.5	MOV00511	20005 และ ph2
1.0	MOV00513	20010 และ ph3
1.5	MOV00515	20015 และ ph4
2.0	MOV00518	20020 และ ph5
2.5	MOV00521	20025 และ ph6

ตารางที่ 9 แสดงรายละเอียดภาพเคลื่อนไหวและรูปภาพพฤติกรรมการไหลของของไหล ภายในท่อที่ Q = 300 L/hr ที่ค่าความดันต่างๆ

ความดัน (kg/cm^2)	ภาพเคลื่อนไหว	รูปภาพ
0	B1	30000 และ pr1
0.5	B2	30005 และ pr2
1.0	B3	30010 และ pr3
1.5	MOV00523	30015 และ pr4
2.0	MOV00527	30020 และ pr5
2.5	MOV00533	30025 และ pr6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

1. นางสาวธัญญนุช เอื้อการุญชัยกุล เกิดวันที่ 1 พฤศจิกายน 2524 สถานที่เกิด กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในปี พ.ศ. 2542 จากโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒปทุมวัน และจบการศึกษาระดับอุดมศึกษาในปี 2546 จากสาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

2. นายบวร อัศวรักษาวงศ์ เกิดวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2524 สถานที่เกิด กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในปี พ.ศ. 2542 จากโรงเรียนเทพศิรินทร์ และจบการศึกษาระดับอุดมศึกษาในปี 2546 จากสาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

3. นางสาวพรพรรณ ติปปวงศ์ เกิดวันที่ 2 มีนาคม 2524 สถานที่เกิด กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในปี พ.ศ. 2542 จากโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ-บดินทรเดชา และ จบการศึกษาระดับอุดมศึกษาในปี 2546 จากสาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้