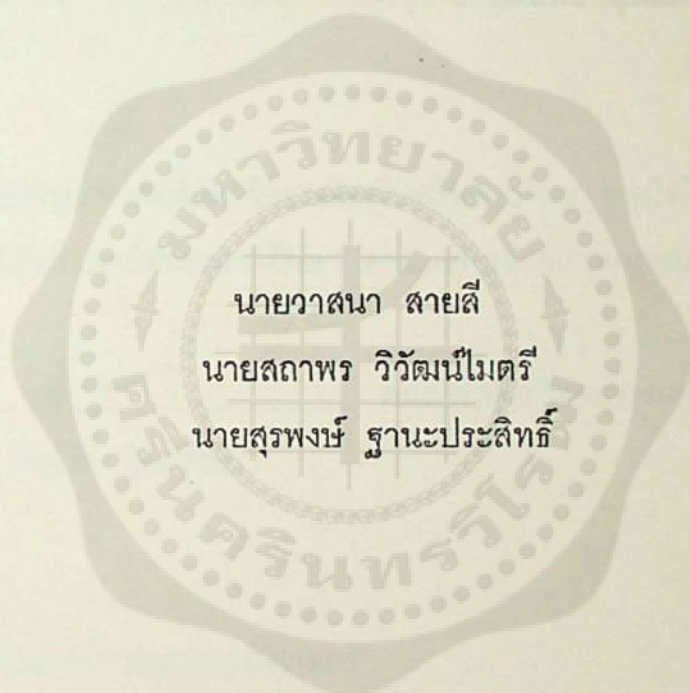


231

2537

การออกแบบและสร้างโรตารีเตอร์



โครงการวิศวกรรมศาสตร์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

พ.ศ. 2537

หัวข้อโครงการวิศวกรรมศาสตร์

โดย

ภาควิชา

อาจารย์ที่ปรึกษา

การออกแบบและสร้างโรตารีเตอร์

นายวาสนา สายสี

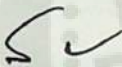
นายสถาพร วิวัฒน์ไมตรี

นายสุรพงษ์ ฐานะประสิทธิ์

วิศวกรรมเครื่องกล

อ. สมสิทธิ์ มูลสถาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อนุมัติให้โครงการ
วิศวกรรมศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

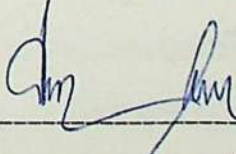

_____ (รศ.ดร. สมบัติ ทิพย์ทรัพย์)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

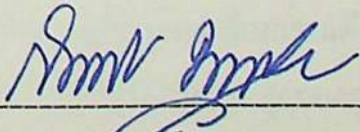
คณะกรรมการสอบโครงการวิศวกรรมศาสตร์


_____ (รศ.ดร. ธนู ชูฉาย)

ประธานกรรมการ


_____ (ผศ.ดร. ธนาคม สุนทรชัยนาคนาง)

กรรมการ


_____ (อ. สมสิทธิ์ มูลสถาน)

กรรมการ

การออกแบบสร้างโรตามิเตอร์

ปีการศึกษา 2537

โดย

นายวาสนา สายดี

นายสถาพร วิวัฒน์ไมตรี

นายสุรพงษ์ สุวานะประสิทธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. สมสิทธิ์ มูลสถาน

บทคัดย่อ

โครงการวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตนี้ได้กล่าวถึง การออกแบบและสร้างโรตามิเตอร์โรตามิเตอร์เป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบหนึ่งที่มีใช้กันมาก การออกแบบและสร้างท่อของโรตามิเตอร์ภายในจะเป็นรูปทรงเรียวตลอด ส่วนภายในโรตามิเตอร์จะมีลูกลอยที่เป็นรูปทรงทางเรขาคณิต เช่น ทรงกระบอก, ทรงกลม, ทรงกรวย โรตามิเตอร์สามารถใช้ได้กับของเหลวซึ่ง ได้แก่ น้ำ

การสร้างตัวโรตามิเตอร์โดยเฉพาะการกลึงตัวโรตามิเตอร์ก็มีข้อผิดพลาดได้บางอย่างจะต้องไม่ผิดพลาดเลยหรือ ถ้าผิดพลาดก็ต้องให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ในการสร้างโรตามิเตอร์มีส่วนที่สำคัญอยู่ 2 ส่วน คือ ตัวท่อโรตามิเตอร์กับลูกลอยของโรตามิเตอร์และชุดแคลลิเบรท (calibarte) จากการทดลองผลที่ได้ค่าอัตราการไหล (Q) ของรูปทรงกระบอกมีค่าผิดพลาด (error) น้อยซึ่งมีค่าผิดพลาด (error) สูงสุดไม่เกิน 2.50 % ซึ่งเป็นค่าที่น้อยมาก ส่วนค่าระยะความสูงของลูกลอย (Y) จะมีค่าผิดพลาด (error) ที่อยู่ในช่วง 7 - 16.5 % และ ส่วนค่าอัตราการไหล (Q) ของรูปทรงกรวยมีค่าผิดพลาด (error) น้อยเช่นเดียวกับรูปทรงกระบอก ซึ่งมีค่าผิดพลาด (error) - 2.29 % ส่วนค่าระยะความสูงของลูกลอย (Y) จะมีค่าผิดพลาด (error) ที่อยู่ในช่วง 3 - 19.5 %

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงงานโรตารีเตอร์นี้มีปัญหาในการออกแบบและสร้างของ
การดำเนินงานด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องแต่ก็สารารถแก้ไขปัญหในการจัดทำโครงงาน
จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้จัดทำโครงงานโรตารีเตอร์จึงขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วน
เกี่ยวข้องได้ช่วยเหลือในการจัดทำ โดยเฉพาะอาจารย์ สมสิทธิ์ มูลสถาน ที่ให้คำ
แนะนำตลอดจนตรวจสอบ แก้ไขจนทำให้โครงงานวิศวกรรมศาสตร์ฉบับนี้ มีความ
สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
แนวความคิดและสมมุติฐาน	2
วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
ขอบเขตของโครงการ	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	3
บทที่ 3 การออกแบบโรตاميเตอร์	9
การออกแบบเบื้องต้น	9
การคำนวณโรตاميเตอร์ ใช้ลูกกลอยแบบที่ 1	9
การคำนวณโรตاميเตอร์ ใช้ลูกกลอยแบบที่ 1	14
การคำนวณโรตاميเตอร์ในการทดลองแบบที่ 1 (รูปทรงกระบอก)	18
การคำนวณโรตاميเตอร์ในการทดลองแบบที่ 2 (รูปทรงกรวย)	25
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	31
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	39
สรุปผลการทดลอง	41
เอกสารอ้างอิง	43

ภาคผนวก

คุณสมบัติของเหล็ก	44
คุณสมบัติของน้ำในหน่วย SI	45
คุณสมบัติของลูกลอย	46
ค่า Cd ของทรงกลมและรูปทรงอื่นๆใน 3 มิติ	47
ตารางข้อมูลการทดลองแบบรูปทรงกระบอก	48
ตารางข้อมูลการทดลองแบบรูปทรงกรวย	58
แบบโครงงานวิศวกรรม	68



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Q กับค่า Y	12
2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Q กับค่า Y	16
3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Q กับค่า Y	23
4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Q กับค่า Y	29



สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

1. รูปโรตามิเตอร์ (เป็นภาพเขียน)	4
2. รูปโรตามิเตอร์	5
3. สัญลักษณ์บอกขนาดโรตามิเตอร์	7
4. รูปภาพตัดด้านบนระหว่างลูกกลิ้งกับเทเพอ ทิวบ (taper tube)	8
5. รูปบอกขนาดโรตามิเตอร์ (ก และ ข)	10
6. กราฟแสดงค่าระหว่างค่า Q และค่า Y	13
7. รูปบอกขนาดโรตามิเตอร์ (ก และ ข)	14
8. กราฟแสดงค่าระหว่างค่า Q และค่า Y	17
9. รูปบอกขนาดโรตามิเตอร์ (ก และ ข)	18
10. กราฟแสดงค่าระหว่างค่า Q และค่า Y	24
11. รูปบอกขนาดโรตามิเตอร์ (ก และ ข)	25
12. กราฟแสดงค่าระหว่างค่า Q และค่า Y	30
13. กราฟแสดงค่าระหว่างค่า Q กับ %Error (Q) (รูปทรงกระบอก)	35
14. กราฟแสดงค่าระหว่างค่า Q กับ %Error (Q) (รูปทรงกรวย)	38

สัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
A	พื้นที่หน้าตัด	m^2
Ab	พื้นที่ของลูกลอย	m^2
Cd	Discharge coefficients of Drag force	-
d	เส้นผ่าศูนย์กลางทางเข้าเทเพอ ทิวบ (Taper tube)	m
D	เส้นผ่าศูนย์กลางทางออกเทเพอ ทิวบ (Taper tube)	m
Fb	แรงลอยตัว	N
Fd	แรงดูดลาก	N
Ff	แรงอันเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อลูกลอย	N
g	Gravity	m/s^2
Q	อัตราการไหล	l/min
V	ความเร็ว	m/s
Vb	ปริมาตรของลูกลอย	m^3
ρ_f	ความหนาแน่นของของเหลว	kg/m^3
ρ_b	ความหนาแน่นของลูกลอย	kg/m^3
μ	ความหนืดของน้ำ	Pa.s
y	ระยะความสูงของลูกลอย	mm
d (float)	เส้นผ่าศูนย์กลางลูกลอย	m

บทที่ 1

บทนำ

ในการศึกษาวิชาทางวิศวกรรมและเทคโนโลยีนั้น นักศึกษาได้ใช้เวลาส่วนมากในการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติในห้องทดลองซึ่งทำให้นักศึกษาเข้าใจถึงทฤษฎีของอุปกรณ์ระบบการทำงาน การควบคุมและการปฏิบัติในบางส่วนเท่านั้น

เพื่อเป็นการศึกษาให้เข้าใจถึงการออกแบบ การคำนวณเขียนแบบสร้างและทดสอบวิธีการแก้ปัญหาการทำงานร่วมกับผู้อื่นโดยนำวิชาความรู้ในสาขาวิชาต่างๆมาประยุกต์รวมกันโรตاميเตอร์เป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบหนึ่ง ที่มีใช้กันอยู่มากในการออกแบบและสร้างโรตاميเตอร์สามารถนำไปใช้งานได้จริงโดยมีอัตราการไหลตั้งแต่ (0-50 l /min) หรือมากกว่านี้ก็ได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบสร้าง โรตاميเตอร์จะมีลักษณะเป็นท่อทรงกระบอกหรือท่อสี่เหลี่ยมก็ได้ แต่ภายในท่อจะมีลักษณะเรียวและมีลูกลอยรูปทรงเรขาคณิตอยู่ภายในท่อน้ำจากปั๊มจะไหลเข้าโรตاميเตอร์ ทางด้านล่างขึ้นไปยังด้านบนของโรตاميเตอร์จะดันให้ลูกลอยเคลื่อนที่จนหยุดนิ่งอยู่ในตำแหน่งสมดุลตำแหน่งที่หยุดนิ่งของลูกลอยคือ ค่าอัตราการไหล

เมื่อมีการใช้โรตاميเตอร์ควรตรวจสอบก่อนว่ามีน้ำอยู่ในถังหรือไม่ และของเหลวที่ใช้เป็นน้ำหรือไม่ ถ้าของเหลวที่ใช้เปลี่ยนไปจะทำให้ค่าอัตราการไหลเปลี่ยนไป ดังนั้นจะต้องมีการคำนวณใหม่เพื่อทำการหาค่าอัตราการไหลและแบ่งสเกลให้ถูกต้องกับอัตราการไหลจริง ของของเหลวชนิดนั้นๆ หรือใช้โรตاميเตอร์ที่ใช้กับกับของเหลวชนิดนั้นๆ เพื่อที่จะได้ค่าที่ถูกต้องๆ ได้

แนวความคิดและสมมุติฐาน

ท่อที่มีลักษณะเรียวยาวภายในท่อ ถ้าเรานำวัตถุที่มีลักษณะรูปทรงทางเรขาคณิตต่าง ๆ กันเราเรียกว่าลูกกลอยให้อยู่ภายในท่อจะทำให้อัตราไหลแต่ละจุดไม่เท่ากัน ถ้าเราให้น้ำไหลจากด้านล่างของท่อขึ้นไปยังด้านบนของท่อความเร็วของน้ำจะต้องคงที่โดยจะต้องผ่านลูกกลอยแรงดันของน้ำจะดันให้ลูกกลอยเคลื่อนที่ ดังนั้นน้ำที่มีความเร็วจะไหลผ่านด้านข้างของลูกกลอย จะได้ค่าอัตราการไหลค่าหนึ่ง ถ้าความเร็วของน้ำสูงขึ้นน้ำจะไหลผ่านลูกกลอยมากขึ้น แล้วก็ดันให้ลูกกลอยเคลื่อนที่เป็นผลทำให้พื้นที่ระหว่างลูกกลอยกับท่อเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกันก็เป็นการเพิ่มอัตราการไหลมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อศึกษาวิธีในการออกแบบและสร้างโรตاميเตอร์
- 2) เพื่อศึกษาการคำนวณโรตاميเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบ

ขอบเขตของโครงการ

- 1) ออกแบบและสร้างโรตاميเตอร์ในช่วง (0-50 l/min)
- 2) ใช้น้ำในการออกแบบการไหลภายในโรตاميเตอร์
- 3) ออกแบบและสร้างโรตاميเตอร์ที่ใช้ลูกกลอยแบบทรงกระบอกและกรวย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) นำโรตاميเตอร์ที่ได้ทำการออกแบบและสร้างนำไปใช้งานจริง
- 2) ใช้เป็นแบบทดลองการวัดอัตราการไหล
- 3) สามารถหาค่า Cd ของลูกกลอยแบบต่าง

บทที่ 2

ทฤษฎี

อุปกรณ์วัดอัตราการไหลมีหลักการที่แตกต่างกันไปส่วนใหญ่แล้วมีใช้เป็นการหาค่าการไหลโดยตรงแต่จะวัดความเร็ว (Velocity) ของการไหลแล้วคำนวณออกเป็นอัตราการไหลจะกล่าวถึงอุปกรณ์วัดอัตราการไหล Positive แบบ 3 ชนิด คือ Rotameter , Domestic flowmeter และ turbine flowmeter

1) Rotameter ตัวมิเตอร์เป็นท่อแก้วใส ซึ่งด้านในเป็นรูปกรวยเรียว (taper pipe) และมีลูกลอยออกแบบเป็นพิเศษลูกลอยจะถูก (Velocity head) พาให้ลอยในตำแหน่งของลูกลอยจะลอยนิ่งอยู่กับที่เมื่อเกิดการสมดุลย์ระหว่าง (Velocity head) ของของไหลกับน้ำหนักของลูกลอยเมื่อลูกลอยสูงขึ้น พื้นที่สำหรับให้ของไหลผ่านก็จะมากขึ้นเป็นการรักษาความดันตกคร่อมตัววัดให้คงที่ เนื่องจาก velocity head กับอัตราการไหลจะเปลี่ยนไปตามกัน ดังนั้นตำแหน่งของลูกลอยจะบอกค่าอัตราการไหลได้

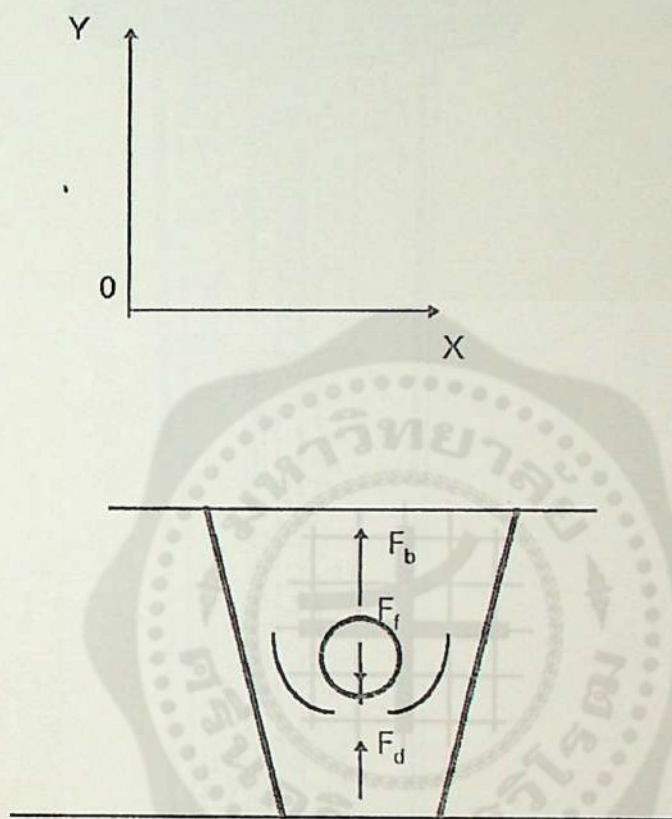
2) Domestic flowmeter การทำงานตัววัดจะถูกติดตั้งบนบอลลแบบรีงในตำแหน่งเอียงพอดีที่มอบทั้งสองด้านสัมผัสกับกล่องที่บรรจุทำให้ปริมาตรถูกแบ่งเป็น 2 ห้อง (Chamber) คือด้านล่างและด้านบนของตัววัดด้านล่างของกล่องบรรจุวัดถูกเจาะเป็น 2 ช่อง เป็นช่องทางด้านเข้าและด้านออก เมื่อของไหลไหลผ่านเข้าสู่กล่องทำให้วัดหมุนไป การหมุนของวัดก็จะเป็นไปตามทิศทางการไหลของของเหลว

3) Turbine flowmeter ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ Housing, Rotor และ หน้าปัทม์เมื่อของไหลไหลผ่าน Rotor จะเกิดการหมุนและขับเคลื่อนกลไกที่หน้าปัทม์ เพื่อแสดงผลของปริมาณน้ำไหล

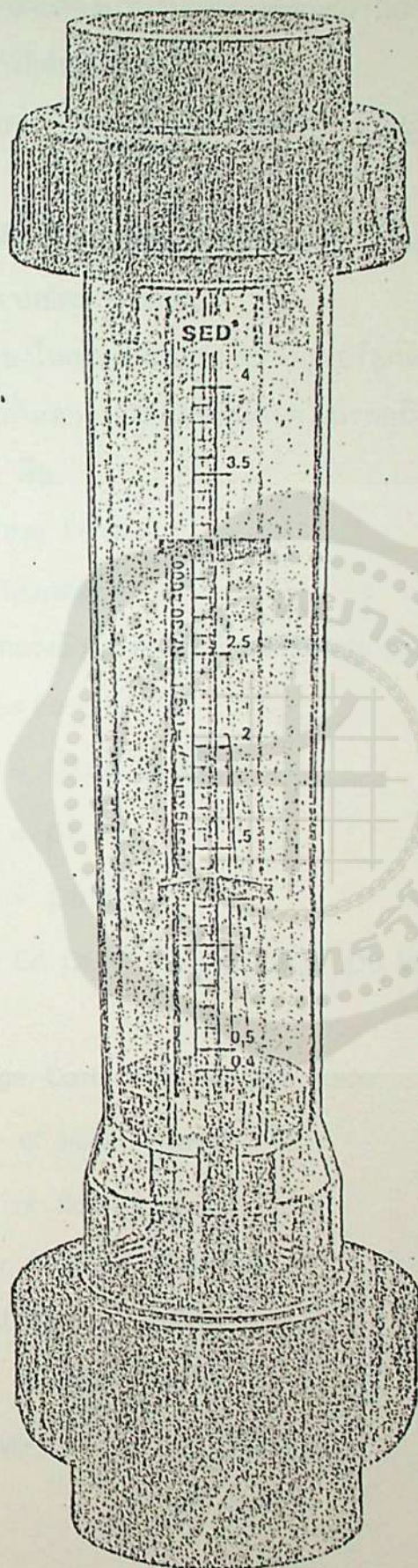
$$\sum F_y = 0$$

$$F_d + F_b = F_f$$

$$F_d + F_b - F_f = 0$$



รูปที่ 1 รูปโรตاميเตอร์ (เป็นภาพเขียน)



รูปที่ 2 รูปโรตามิเตอร์

สิ่งสำคัญที่จะต้องนำมาประกอบพิจารณาในการออกแบบโรตاميเตอร์

- 1) รูปทรงของโรตاميเตอร์ต้องคงที่
- 2) ค่าความดันแตกต่างที่ไหลผ่านโรตاميเตอร์จะเป็นปฏิกิริยาโดยตรงจะมีค่า อัตรา โดยปริมาณ
- 3) โรตاميเตอร์จะต้องมีขนาดของความดันแตกต่างที่คงที่และขนาดของท่อภายใน ต้องเปลี่ยนไปตามอัตราการไหล

เมื่อของไหลไหลผ่านเข้าโรตاميเตอร์จะถูกกักตัวให้แสดงค่า อัตราการไหลจะเกิดความสมดุลขึ้นภายในโรตاميเตอร์ซึ่งประกอบด้วยแรงที่ กระทำอยู่ 3 แรง คือ

- 1) แรงดูดลาก (Drag Force)
- 2) แรงลอยตัว (Buoyancy)
- 3) แรงอันเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อลูกลอย (Gravity)

$$F_d + F_b - F_f = 0$$

$$F_d = 1/2 \cdot C_d \cdot \rho_f \cdot V^2 \cdot A_b$$

$$F_b = \rho_f \cdot V_b \cdot g$$

$$F_f = \rho_b \cdot V_b \cdot g$$

$$1/2 \cdot C_d \cdot \rho_f \cdot V^2 \cdot A_b + \rho_f \cdot V_d \cdot g - \rho_b \cdot V_b \cdot g = 0$$

กำหนดให้

C_d = Discharge Coefficients of Drag force

ρ_f = Density of fluid (kg/m^3)

ρ_b = Density of float (kg/m^3)

V = Velocity mean of fluid (m/s)

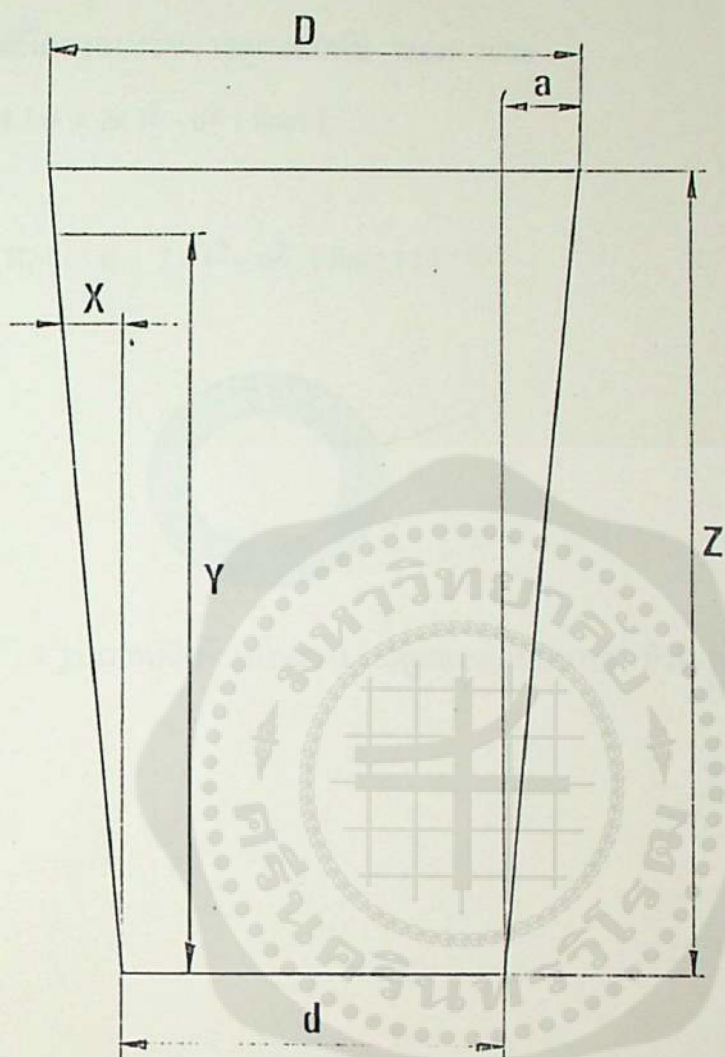
A_b = Area of float (m^2)

V_b = Volume of float (m^3)

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$ (Gravity)

$$a/z = x/y$$

$$x = a \cdot y/z$$



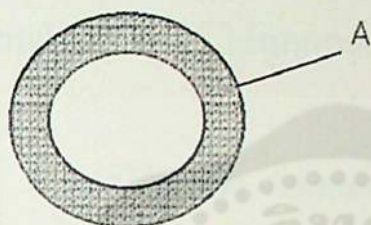
รูปที่ 3 สัญลักษณ์ขนาดโรตามิเตอร์

A = พื้นที่โดยรอบระหว่างลูกลอยกับ taper tube

$$A = \pi/4 (d + 2x)^2 - d^2 \text{ (float)}$$

$$Q = AV$$

$$= [\pi/4 ((d + 2x)^2 - d^2 \text{ (float)})] * V$$



รูปที่ 4 รูปภาพตัดด้านบนระหว่างลูกลอยกับเทเพอ ทิวบ (taper tube)

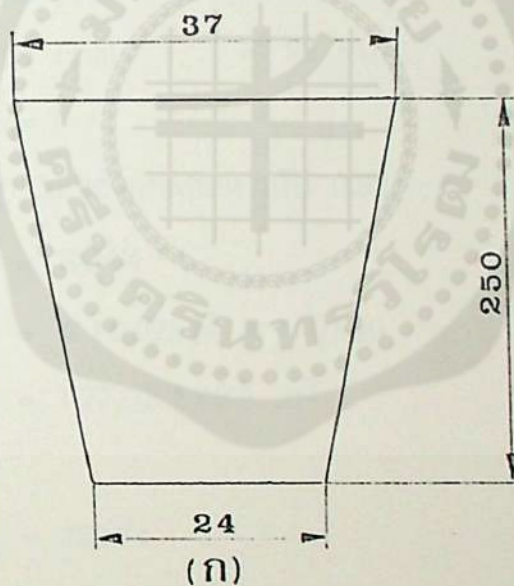
บทที่ 3

การออกแบบโรตاميเตอร์

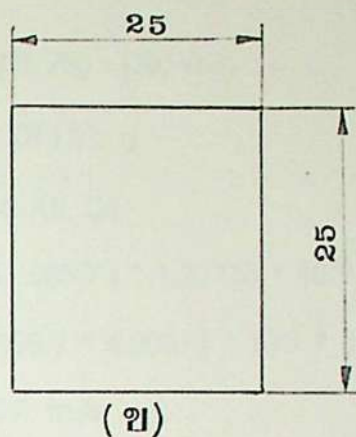
การออกแบบเบื้องต้น

ตัวอย่างการคำนวณโรตاميเตอร์ ใช้ลูกกลอยแบบที่ 1 (รูปทรงกระบอก)

กำหนดให้รูปทรง Rotameter ดังนี้



เส้นผ่าศูนย์กลางกลางทางเข้า	24	m.m.
เส้นผ่าศูนย์กลางกลางทางออก	37	m.m.
ความยาวของ Taper tube	250	m.m.
ความยาวของ Scale	200	m.m.



รูปที่ 5 รูปบอกขนาดโรตาริเตอร์ (ก และ ข)

เส้นผ่าศูนย์กลางของ Float = 25 m.m.

ความยาวของ Float = 25 m.m.

$$L/D = 25/25 = 1$$

จากตารางที่ 7 จะได้ค่า C_d ของลูกลอยเท่ากับ 0.93

$$\begin{aligned} V_b &= \pi D^2/4 * L \\ &= \pi (0.025)^2 /4 * 0.025 \\ &= 1.22718 * 10^{-5} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_b &= \pi D^2/4 \\ &= \pi (0.025)^2 /4 \\ &= 4.90873 * 10^{-5} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

วัสดุที่ใช้ทำลูกลอย คือ เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel 304)

เปิดจากตารางที่ 5 มีค่าความหนาแน่น (ρ_f) = 7900 kg/m³

ออกแบบที่น้ำอุณหภูมิ 30 °C เปิดจากตารางที่ 6 มีค่าความหนาแน่น

$$(\rho_f) = 995.7 \text{ kg/m}^3$$

จากสูตร

$$\frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho_f \cdot V^2 \cdot A_b + \rho_f V_b g - \rho_b \cdot V_b \cdot g = 0$$

$$V^2 = (\rho_b - \rho_f) V_b \cdot g$$

$$\frac{1}{2} \cdot \rho_f \cdot A_b \cdot C_d$$

$$= (7900 - 995.7) * 1.22718 * 10^{-5} * 9.81$$

$$\frac{1}{2} * 995.7 * 4.90873 * 10^{-4} * 0.93$$

$$V = 1.91237 \text{ m/s}$$

อัตราการไหล

$$Q = A \cdot V$$

$$x = (a \cdot y) / z = 6 * 200 / 250 = 4.8 \text{ mm.}$$

$$= 0.0048 \text{ m.}$$

$$A = \pi/4 (d + 2 \cdot x)^2 - d^2 \text{ (float)}$$

$$= \pi/4 (0.024 + (2 \cdot 0.0048))^2 - 0.025^2$$

$$= 3.95809 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Q = 3.95809 \cdot 10^{-4} * 1.91237$$

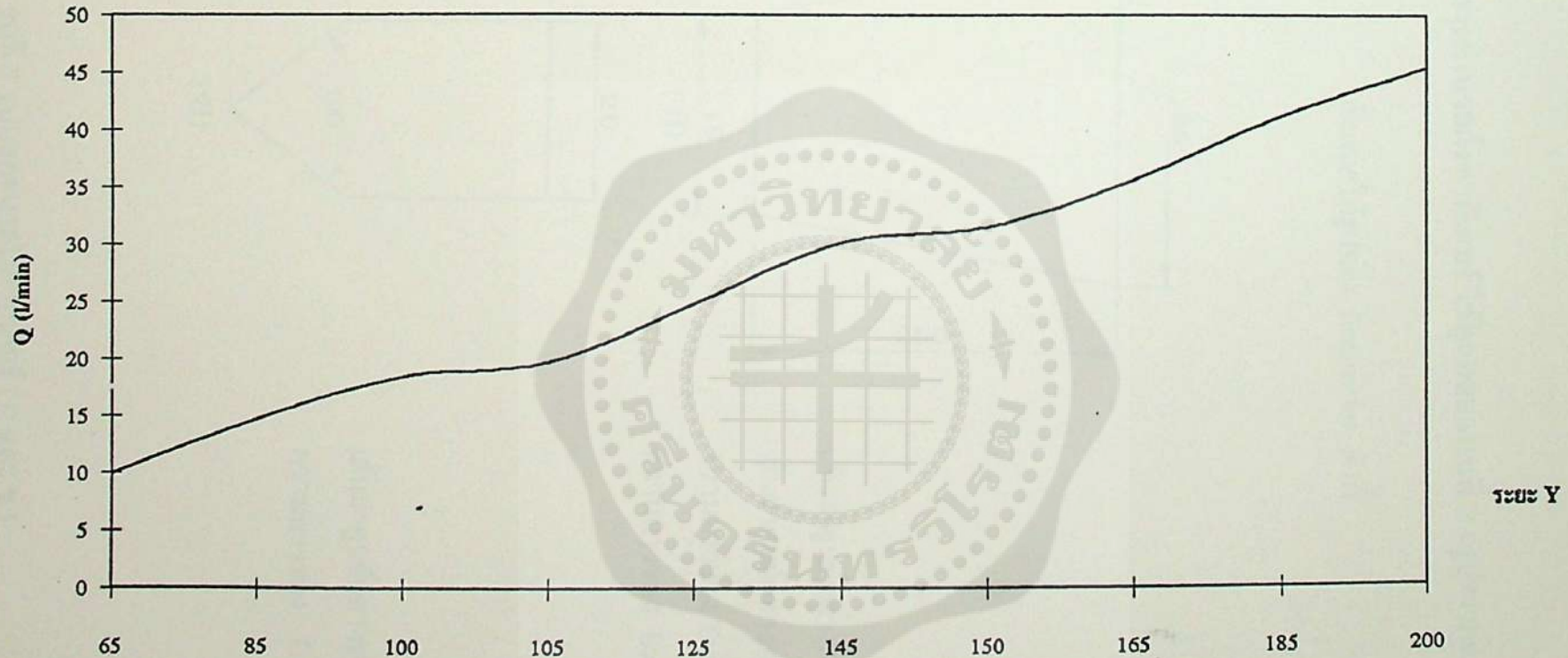
$$= 45.415 \text{ l/min}$$

จากการคำนวณสามารถหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า Q กับค่า Y โดย
แสดงในตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Q กับค่า Y

Y (mm.)	X (mm.)	A (m ²)	Q (l/min)
200	4.80	3.95809×10^{-4}	45.415
185	4.44	3.58215×10^{-4}	41.102
165	3.96	3.09357×10^{-4}	35.496
150	3.60	2.73664×10^{-4}	31.400
145	3.48	2.61947×10^{-4}	30.056
125	3.00	2.15984×10^{-4}	24.782
105	2.52	1.71469×10^{-4}	19.674
100	2.40	1.60566×10^{-4}	18.423
85	2.04	1.28401×10^{-4}	14.733
65	1.56	8.6782×10^{-5}	9.957

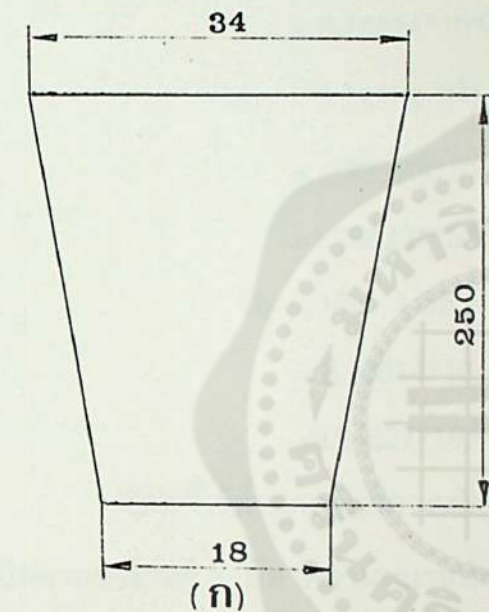
กราฟเปรียบเทียบค่าระหว่างอัตราการไหล(Q) กับระยะความสูงของตุกลอย(Y)



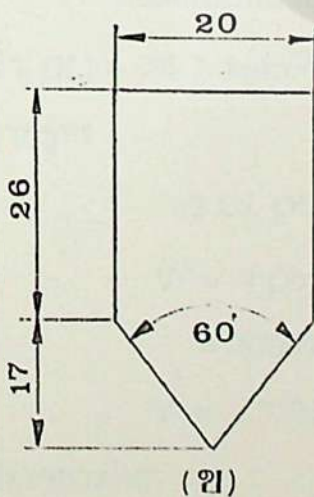
รูปที่ 6 กราฟแสดงค่าระหว่างค่า Q และค่า Y

ตัวอย่างการคำนวณโรตاميเตอร์ ใช้ลูกลอยแบบที่ 2 (รูปทรงกรวย)

กำหนดให้รูปทรง Rotameter ดังนี้



เส้นผ่าศูนย์กลางทางเข้า 18 mm
เส้นผ่าศูนย์กลางทางออก 34 mm
ความยาวของ Taper tube 250 mm
ความยาวของ Scale 200 mm



เส้นผ่าศูนย์กลางของ Float 20 mm,
ความยาวของ Float 43 mm

รูปที่ 7 รูปบอกขนาดโรตاميเตอร์ (ก และ ข)

จากตารางที่ 7 จะได้ค่า Cd ของลูกลอยเท่ากับ 0.8

$$\begin{aligned} A_b &= \pi D^2 / 4 \\ &= \pi (0.02^2) / 4 \\ &= 3.1416 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{b1} &= \pi D^2 / 4 * L \\ &= \pi (0.02^2) / 4 * 0.026 \\ &= 8.16814 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{b2} &= 0.333 \pi R^2 h \\ &= 0.333 \pi (0.01^2) * 0.017 \\ &= 1.78023 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_b &= V_{b1} + V_{b2} \\ &= 8.16814 \times 10^{-6} + 1.78023 \times 10^{-6} \\ &= 9.94837 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

วัสดุที่ใช้ทำลูกลอยคือ เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel 304)

เปิดจากตารางที่ 5 มีค่าความหนาแน่น (ρ_b) = 7900 kg/m.³

ออกแบบที่น้ำอุณหภูมิ 30 °C เปิดตารางที่ 6 ได้ค่าความหนาแน่นของน้ำ (ρ_f) = 995.7 kg/m.³

จากสูตร

$$1/2 C_d \cdot \rho_f \cdot V^2 \cdot A_b + \rho_f \cdot V_b \cdot g + \rho_b \cdot V_b \cdot g = 0$$

$$V^2 = ((\rho_b - \rho_f) \cdot V_b \cdot g) / (1/2 \cdot \rho_f \cdot A_b \cdot C_d)$$

$$= ((7900 - 995.7) * 9.81 * 9.94837 * 10^{-6}) / (1/2 * 995.7 * 0.8 * 3.14156 * 10^{-4})$$

$$V = 2.32060 \text{ m/s}$$

อัตราการไหล

$$Q = A * V$$

$$x = (a * y) / z$$

$$= (7 * 200) / 250$$

$$= 5.6 \text{ m.m.}$$

$$= 0.0056 \text{ m.}$$

$$A = \pi/4 (d + 2 * x)^2 - d^2(\text{float})$$

$$= \pi/4 (0.018 + 2 * 0.0056)^2 - (0.02)^2$$

$$= 0.000355502 \text{ m}^2$$

$$Q = A * V$$

$$= 0.000355502 * 2.32060$$

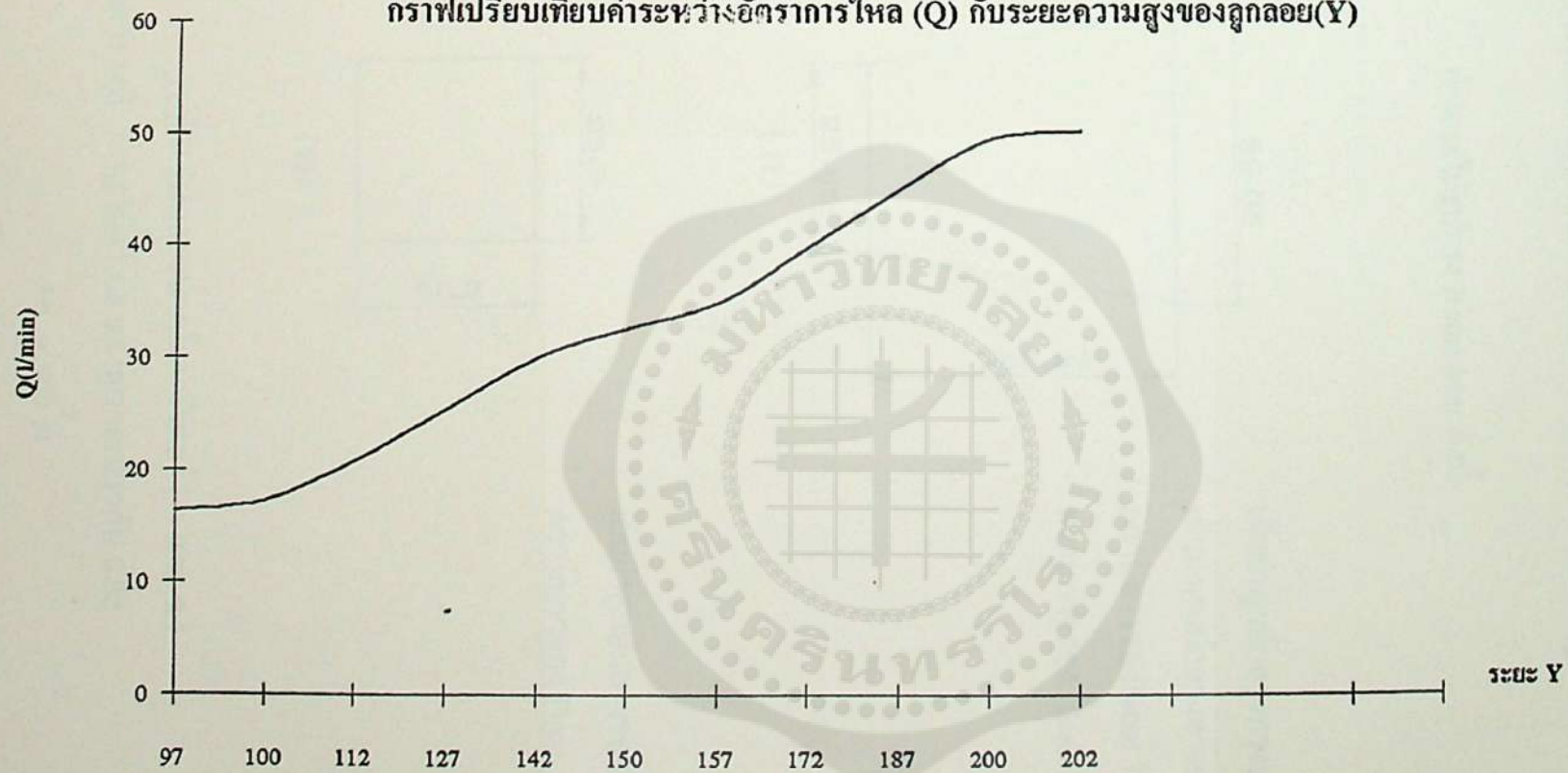
$$= 49.498 \text{ l/min}$$

จากการคำนวณสามารถหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า Q และค่า Y โดย
แสดงในตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Q กับค่า Y

Y (mm.)	X (mm.)	A (m ²)	Q (l/min)
202	5.656	3.60281*10 ⁻⁴	50.164
200	5.600	3.55505*10 ⁻⁴	49.498
187	5.236	3.22527*10 ⁻⁴	44.907
172	4.816	2.85513*10 ⁻⁴	39.753
157	4.396	2.49608*10 ⁻⁴	34.754
150	4.200	2.33231*10 ⁻⁴	32.474
142	3.976	2.14811*10 ⁻⁴	29.909
127	3.556	1.81122*10 ⁻⁴	25.218
112	3.136	1.48542*10 ⁻⁴	20.682
100	2.800	1.23276*10 ⁻⁴	17.164
97	2.716	1.17070*10 ⁻⁴	16.300

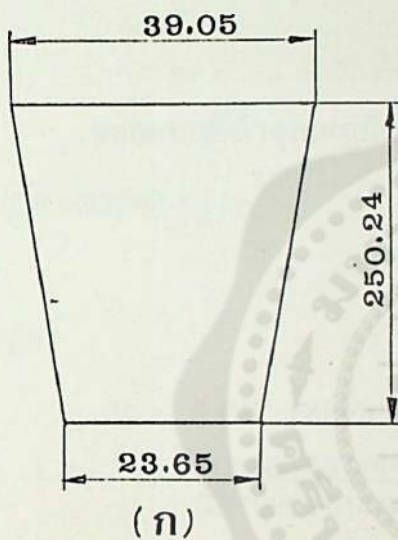
กราฟเปรียบเทียบค่าระหว่างอัตราการไหล (Q) กับระยะความสูงของลูกลอย(Y)



รูปที่ 8 กราฟแสดงค่าระหว่างค่า Q และค่า Y

การคำนวณโรตاميเตอร์ในการทดลองแบบที่ 1 (รูปทรงกระบอก)

กำหนดให้รูปทรง Rotameter ดังนี้

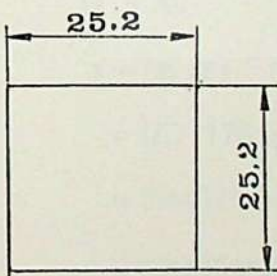


เส้นผ่าศูนย์กลางทางเข้า 23.65 mm

เส้นผ่าศูนย์กลางทางออก 39.05 mm

ความยาวของ Taper Tube 250.24 mm

ความยาวของ Scale 200 mm



เส้นผ่าศูนย์กลางของ Float 25.2 mm

ความยาวของ Float 25.2 mm

รูปที่ 9 รูปบอกขนาดโรตاميเตอร์ (ก และ ข)

จากตารางที่ 7 จะได้ค่า Cd ของลูกลอยเท่ากับ 0.93

$$A_b = \pi D^2 / 4$$

$$= \pi(0.0252)^2 / 4$$

$$= 4.98759 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

วัสดุที่ใช้ทำลูกลอย คือ เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel 304)

เปิดจากตารางที่ 5 มีค่าความหนาแน่น (ρ_b) = 7900 kg / m^3

มวลของลูกลอยมีค่า 97.6 g. หรือ 0.0976 kg ($\rho = m / V_b$)

$$V_b = m / \rho = 0.0976 / 7900$$

$$= 1.23544 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

ออกแบบที่น้ำอุณหภูมิ 29°C เปิดตารางที่ 6 ได้ค่าความหนาแน่นของน้ำ (ρ_f) = 995.98 Kg / m^3

จากสูตร

$$V^2 = ((\rho_b - \rho_f) V_b \cdot g) / (0.5 \rho_f \cdot A_b \cdot C_d)$$

$$= ((7900 - 995.98) * 1.23544 * 10^{-5} * 9.81) / (0.5 * 995.98 * 4.98759 * 10^{-4} * 0.93)$$

$$V = 1.90326 \text{ m/s}$$

- อัตราการไหลจุดที่ 1

$$Q = AV$$

$$x = (ay / z)$$

$$= (7.7 * 176.9 / 250.24)$$

$$= 5.44329 \text{ mm.}$$

$$= 5.44329 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = \pi/4 (d + (2 * x))^2 - d^2 \text{ (float)}$$

$$= \pi/4 (0.02365 + (2 * 5.44329 * 10^{-3}))^2 - 0.0252^2$$

$$= 4.38044 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Q = (1.90326 * 4.38044 * 10^{-4}) * 60000$$

$$= 50.02 \text{ l/mim.}$$

- อัตราการไหลจุดที่ 2

$$Q = AV$$

$$x = (ay / z)$$

$$= (7.7 * 163.5 / 250.24)$$

$$= 5.03097 \text{ mm.}$$

$$= 5.03097 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = \pi/4 (d + (2 * x))^2 - d^2 \text{ (float)}$$

$$= \pi/4 (0.02365 + (2 * 5.03097 * 10^{-3}))^2 - 0.0252^2$$

$$= 3.938411 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Q = (1.90326 * 3.938411 * 10^{-4}) * 60000$$

$$= 44.97 \text{ l/mim.}$$

- อัตราการไหลจุดที่ 3

$$Q = AV$$

$$x = (ay / z)$$

$$= (7.7 * 150 / 250.24)$$

$$= 4.61556 \text{ mm.}$$

$$= 4.61556 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = \pi/4 (d + (2 * x))^2 - d^2 \text{ (float)}$$

$$= \pi/4 (0.02365 + (2 * 4.61556 * 10^{-3}))^2 - 0.0252^2$$

$$= 3.50388 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Q = (1.90326 * 3.50388 * 10^{-4}) * 60000$$

$$= 40.01 \text{ l/mim.}$$

- อัตราการไหลจุดที่ 4

$$Q = AV$$

$$x = (ay / z)$$

$$= (7.7 * 136 / 250.24)$$

$$= 4.18478 \text{ mm.}$$

$$= 4.18478 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = \pi/4 (d+(2*x))^2 - d^2 \text{ (float)}$$

$$= \pi/4 (0.02365+(2*4.18478*10^{-3}))^2 - 0.0252^2$$

$$= 3.06471 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Q = (1.90326 * 3.06471 * 10^{-4}) * 60000$$

$$= 34.99 \text{ l/mim.}$$

- อัตราการไหลจุดที่ 5

$$Q = AV$$

$$x = (ay / z)$$

$$= (7.7 * 121.5 / 250.24)$$

$$= 3.73861 \text{ mm.}$$

$$= 3.73861 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = \pi/4 (d+(2*x))^2 - d^2 \text{ (float)}$$

$$= \pi/4 (0.02365+(2*3.73861*10^{-3}))^2 - 0.0252^2$$

$$= 2.62216 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Q = (1.90326 * 2.62216 * 10^{-4}) * 60000$$

$$= 29.94 \text{ l/mim.}$$

- อัตราการไหลจุดที่ 6

$$Q = AV$$

$$x = (ay / z)$$

$$= (7.7 * 107 / 250.24)$$

$$= 3.29243 \text{ mm.}$$

$$= 3.29243 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = \pi/4 (d+(2*x))^2 - d^2 \text{ (float)}$$

$$= \pi/4 (0.02365 + (2 * 3.29243 * 10^{-3})^2 - 0.0252^2)$$

$$= 2.19209 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Q = (1.90326 * 2.19209 * 10^{-4}) * 60000$$

$$= 25.03 \text{ l/mim.}$$

- อัตราการไหลจุดที่ 7

$$Q = AV$$

$$x = (ay / z)$$

$$= (70.7 * 91.5 / 250.24)$$

$$= 2.81549 \text{ mm.}$$

$$= 2.81549 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = \pi/4 (d + (2 * x))^2 - d^2 \text{ (float)}$$

$$= \pi/4 (0.02365 + (2 * 2.81549 * 10^{-3})^2 - 0.0252^2)$$

$$= 1.74622 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Q = (1.90326 * 1.74622 * 10^{-4}) * 60000$$

$$= 19.94 \text{ l/mim.}$$

- อัตราการไหลจุดที่ 8

$$Q = AV$$

$$x = (ay / z)$$

$$= (7.7 * 76 / 250.24)$$

$$= 2.33855 \text{ mm.}$$

$$= 2.33855 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = \pi/4 (d + (2 * x))^2 - d^2 \text{ (float)}$$

$$= \pi/4 (0.02365 + (2 * 2.33855 * 10^{-3})^2 - 0.0252^2)$$

$$= 1.31463 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Q = (1.90326 * 1.31463 * 10^{-4}) * 60000$$

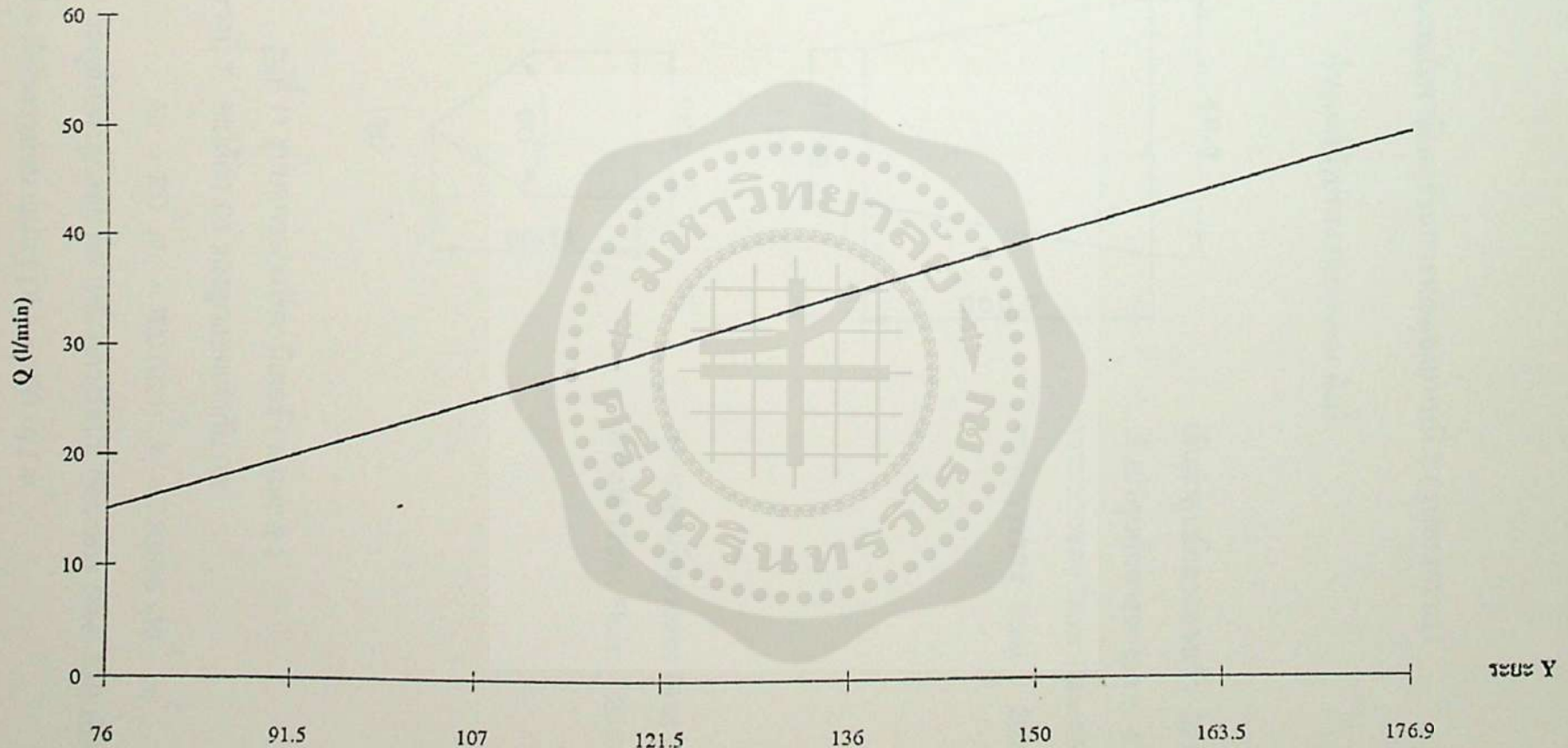
$$= 15.01 \text{ l/mim.}$$

จากการคำนวณสามารถหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า Q และค่า Y
โดยแสดงในตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Q กับค่า Y

Y (mm.)	X (mm.)	A (m ²)	Q (l/min)
176.9	5.44329	4.38044×10^{-4}	50.02
163.5	5.03097	3.93841×10^{-4}	44.97
150	4.61556	3.50388×10^{-4}	40.01
136	4.18478	3.06471×10^{-4}	34.99
121.5	3.73861	2.62216×10^{-4}	29.94
107	3.29243	2.19209×10^{-4}	25.03
91.5	2.81549	1.74622×10^{-4}	19.94
76	2.33855	1.31463×10^{-4}	15.01

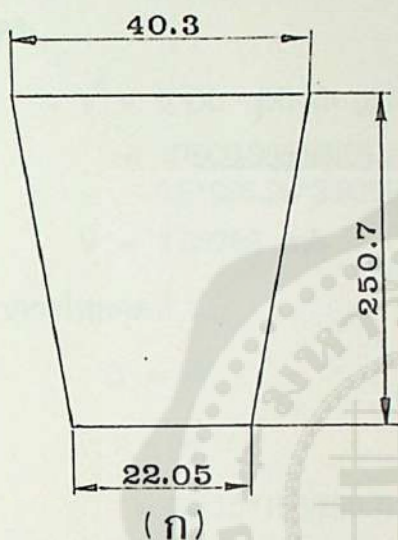
กราฟเปรียบเทียบค่าระหว่างอัตราการไหล (Q) กับระยะความสูงของตุลกลอย (Y)



รูปที่ 10 กราฟแสดงค่าระหว่างค่า Q และค่า Y

การคำนวณโรตاميเตอร์ในการทดลองแบบที่ 2 (รูปทรงกรวย)

กำหนดให้รูปทรง Rotameter ดังนี้

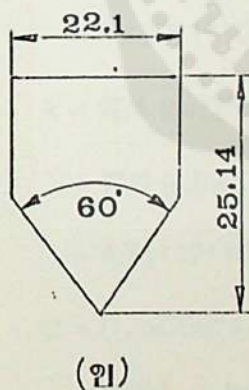


เส้นผ่าศูนย์กลางทางเข้า 22.05 mm

เส้นผ่าศูนย์กลางทางออก 40.3 mm

ความยาวของ Taper Tube 250.7 mm

ความยาวของ Scale 200 mm



เส้นผ่าศูนย์กลางของ Float 22.1 mm

ความยาวของ Float 25.14 mm

รูปที่ 11 รูปบอกขนาดโรตاميเตอร์ (ก และ ข)

จากตารางที่ 7 จะได้ค่า C_d ของลูกลอยเท่ากับ 0.8

$$A_b = \pi D^2 / 4 = \pi (0.0221)^2 / 4 = 3.83596 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

วัสดุที่ใช้ทำลูกลอย คือ เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel 304) เปิดจาก

ตารางที่ 5 มีค่าความหนาแน่น (ρ_b) = 7900 kg / m³

มวลของลูกกลอยมีค่า 45.5 g. หรือ 0.0455 kg ($\rho = m / V_b$)

$$V_b = m / \rho = 0.0455 / 7900$$

$$= 5.75949 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

ออกแบบที่น้ำอุณหภูมิ 29° C เปิดตารางที่ 6 ได้ค่าความหนาแน่นของ

$$\text{น้ำ } (\rho_f) = 995.98 \text{ Kg /m}^3$$

จากสูตร

$$\begin{aligned} V^2 &= ((\rho_b - \rho_f) V_b \cdot g) / (0.5 \rho_f \cdot A_b \cdot C_d) \\ &= ((7900 - 995.98) * 5.75949 * 10^{-6} * 9.81) / (0.5 * 995.98 * 3.83596 * 10^{-4} * 0.8) \end{aligned}$$

$$V = 1.59766 \text{ m/s}$$

- อัตราการไหลจุดที่ 1

$$Q = AV$$

$$x = (ay / z)$$

$$= (9.125 * 150 / 250.7)$$

$$= 5.45971 \text{ mm.}$$

$$= 5.45971 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = \pi/4 (d + (2 * x))^2 - d^2 \text{ (float)}$$

$$= \pi/4 (0.02205 + (2 * 5.45971 * 10^{-3}))^2 - 0.0221^2$$

$$= 4.70117 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Q = (1.59766 * 4.70117 * 10^{-4}) * 60000$$

$$= 45.06 \text{ l /mim.}$$

- อัตราการไหลจุดที่ 2

$$Q = AV$$

$$x = (ay / z)$$

$$= (9.125 * 136 / 250.7)$$

$$= 4.95013 \text{ mm.}$$

$$= 4.95013 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \pi/4 (d+(2*x))^2 - d^2 \text{ (float)} \\
 &= \pi/4 (0.02205+(2*4.95013*10^{-3}))^2 - 0.0221^2 \\
 &= 4.18153*10^{-4} \text{ m}^2 \\
 Q &= (1.59766*4.18153*10^{-4})*60000 \\
 &= 40.08 \text{ l/mim.}
 \end{aligned}$$

- อัตราการไหลจุดที่ 3

$$\begin{aligned}
 Q &= AV \\
 x &= (ay/z) \\
 &= (9.125*121.5/250.7) \\
 &= 4.42236 \text{ mm.} \\
 &= 4.42236*10^{-3} \text{ m} \\
 A &= \pi/4 (d+(2*x))^2 - d^2 \text{ (float)} \\
 &= \pi/4 (0.02205+(2*4.42236*10^{-3}))^2 - 0.0221^2 \\
 &= 3.66053*10^{-4} \text{ m}^2 \\
 Q &= (1.59766*3.66053*10^{-4})*60000 \\
 &= 35.08 \text{ l/mim.}
 \end{aligned}$$

- อัตราการไหลจุดที่ 4

$$\begin{aligned}
 Q &= AV \\
 x &= (ay/z) \\
 &= (9.125*106.5/250.7) \\
 &= 3.87639 \text{ mm.} \\
 &= 3.87639*10^{-3} \text{ m} \\
 A &= \pi/4 (d+(2*x))^2 - d^2 \text{ (float)} \\
 &= \pi/4 (0.02205+(2*3.87639*10^{-3}))^2 - 0.0221^2 \\
 &= 3.13998*10^{-4} \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$Q = (1.59766 * 3.13998 * 10^{-4}) * 60000$$

$$= 30.09 \text{ l/mim.}$$

- อัตราการไหลจุดที่ 5

$$Q = AV$$

$$x = (ay / z)$$

$$= (9.125 * 90.5 / 250.7)$$

$$= 3.29402 \text{ mm.}$$

$$= 3.29402 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = \pi/4 (d + (2 * x))^2 - d^2 \text{ (float)}$$

$$= \pi/4 (0.02205 + (2 * 3.29402 * 10^{-3}))^2 - 0.0221^2$$

$$= 2.60538 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Q = (1.59766 * 2.60538 * 10^{-4}) * 60000$$

$$= 24.97 \text{ l/mim.}$$

- อัตราการไหลจุดที่ 6

$$Q = AV$$

$$x = (ay / z)$$

$$= (9.125 * 74.5 / 250.7)$$

$$= 2.71165 \text{ mm.}$$

$$= 2.71165 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = \pi/4 (d + (2 * x))^2 - d^2 \text{ (float)}$$

$$= \pi/4 (0.02205 + (2 * 2.71165 * 10^{-3}))^2 - 0.0221^2$$

$$= 2.09208 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

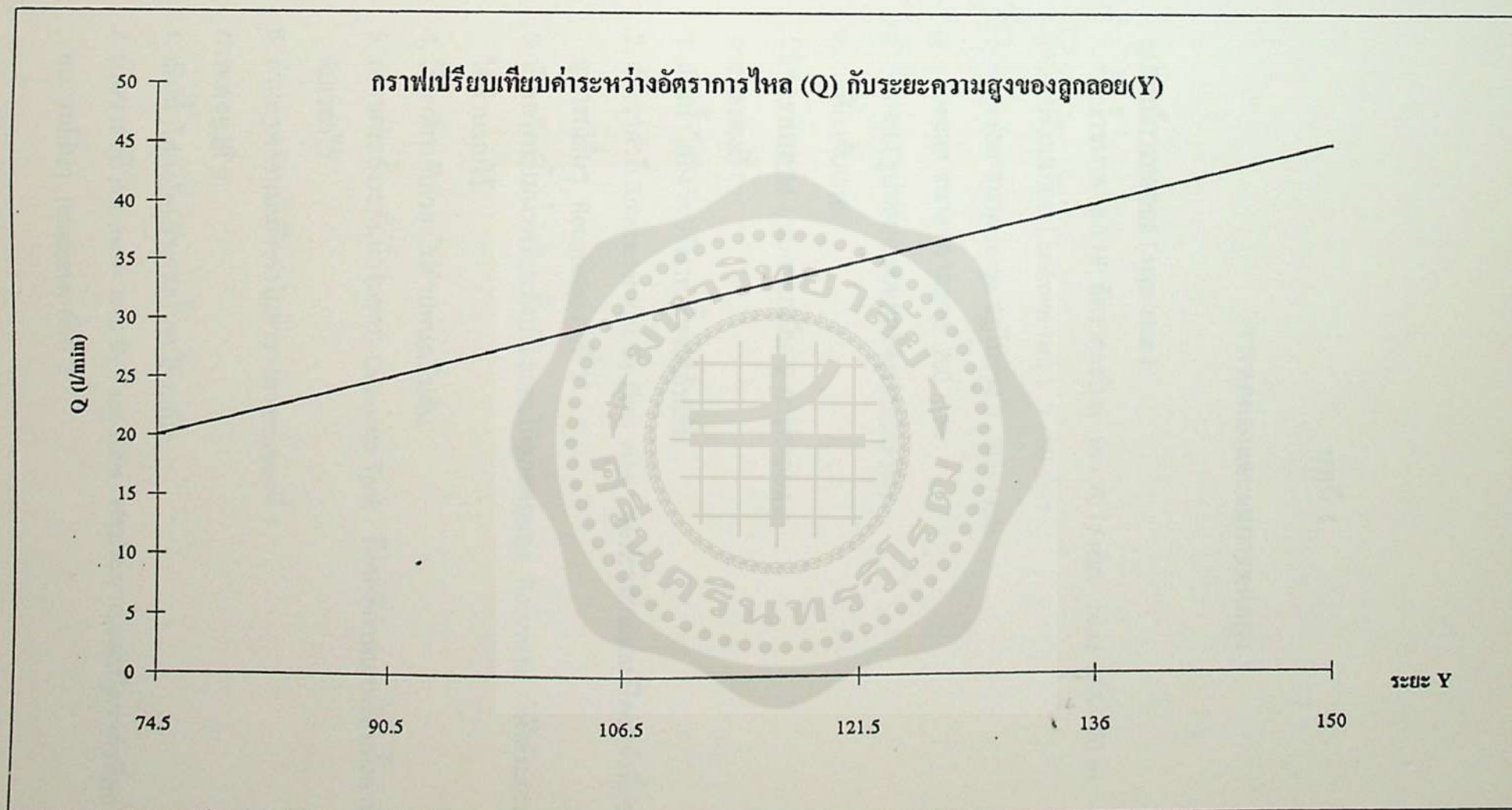
$$Q = (1.59766 * 2.09208 * 10^{-4}) * 60000$$

$$= 20.05 \text{ l/mim.}$$

จากการคำนวณสามารถหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า Q และค่า Y โดย
แสดงในตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Q กับค่า Y

Y (mm.)	X (mm.)	A (m ²)	Q (l/min)
150.0	5.45971	4.70117×10^{-4}	45.06
136.0	4.95013	4.18153×10^{-4}	40.08
121.5	4.42236	3.66053×10^{-4}	35.08
106.5	3.87639	3.13998×10^{-4}	30.09
90.5	3.29402	2.60538×10^{-4}	24.97
74.5	2.71165	2.09208×10^{-4}	20.05



รูปที่ 12 กราฟแสดงค่าระหว่างค่า Q และค่า Y

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

อุปกรณ์การทดลอง (apparatus)

1. ปั๊มน้ำขนาด 0.5 HP อัตราการไหล 15 - 70 l / min head 12.5 - 20 m
2. ถังเปรียบเทียบ (calibrate tank) 0 - 60 ลิตร
3. rotameter ขนาด reage อยู่ในช่วง 0 - 50 l / min
4. rotameter ขนาดความยาว 250 mm
5. ลูกลอย (รูปทรงกระบอกหรือรูปทรงกรวย)
6. นาฬิกาจับเวลา

วิธีการทดลอง (แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง)

การทดลองที่ 1

1. เติมน้ำใส่ถังวัดปริมาณน้ำจนได้ระดับ
2. เปิดวาล์วที่ Rotameter และ By Pass Valve พอประมาณและปิดวาล์วที่ต่อไปยังอุปกรณ์อื่นๆ Rotameter ตัวที่ 2
3. เปิดสวิตช์ปั๊มน้ำพร้อมทั้งปรับระยะให้ลูกลอยของ Rotameter ให้ได้ระยะตามที่ได้อ่านไว้
4. ใช้นาฬิกาจับเวลาในตำแหน่งเริ่มต้น
5. รอจนกระทั่งระดับน้ำในการ Calibrate Tank ถึงจุดที่กำหนดพร้อมทั้งอ่านค่าที่จับเวลาไว้
6. อ่านค่าพร้อมบันทึกค่าในตารางการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 2

1. เติมน้ำใส่ถังวัดปริมาณน้ำจนได้ระดับ
2. เปิดวาล์วที่ Rotameter และ By Pass Valve พอประมาณและปิดวาล์วที่ต่อไปยังอุปกรณ์อื่นๆ Rotameter ตัวที่ 2

- 3.เปิดสวิตช์ปั้มน้ำพร้อมทั้งปรับระยะให้ลูกลอยของ Rotameter ให้ได้ระยะตามที่ได้คำนวณไว้
- 4.ตำแหน่งเริ่มต้นของการ Calibrate Tank รอจนกระทั่งระดับน้ำในการ Calibrate Tank ถึงจุดที่กำหนด
- 5.พร้อมทั้งใช้นาฬิกาจับเวลา 1 นาที
- 6.อ่านค่าพร้อมบันทึกค่าในตารางการทดลองที่ 2



ข้อมูลการทดลองและผลการทดลอง

ตารางการทดลองที่ 1 (รูปทรงกระบอก)

NO.	Q(reading) (l/min)	Q(actual)			ระยะ Y (mm.)	หมายเหตุ
		litre	Time(sec)	l/min		
1	40	40	60.42	39.72	162.5	
2	35	35	60.32	34.81	148.5	
3	30	30	60.35	29.82	134	
4	25	25	60.24	24.9	119.5	
5	20	20	60.66	19.78	105	
6	15	15	60.25	14.93	91	

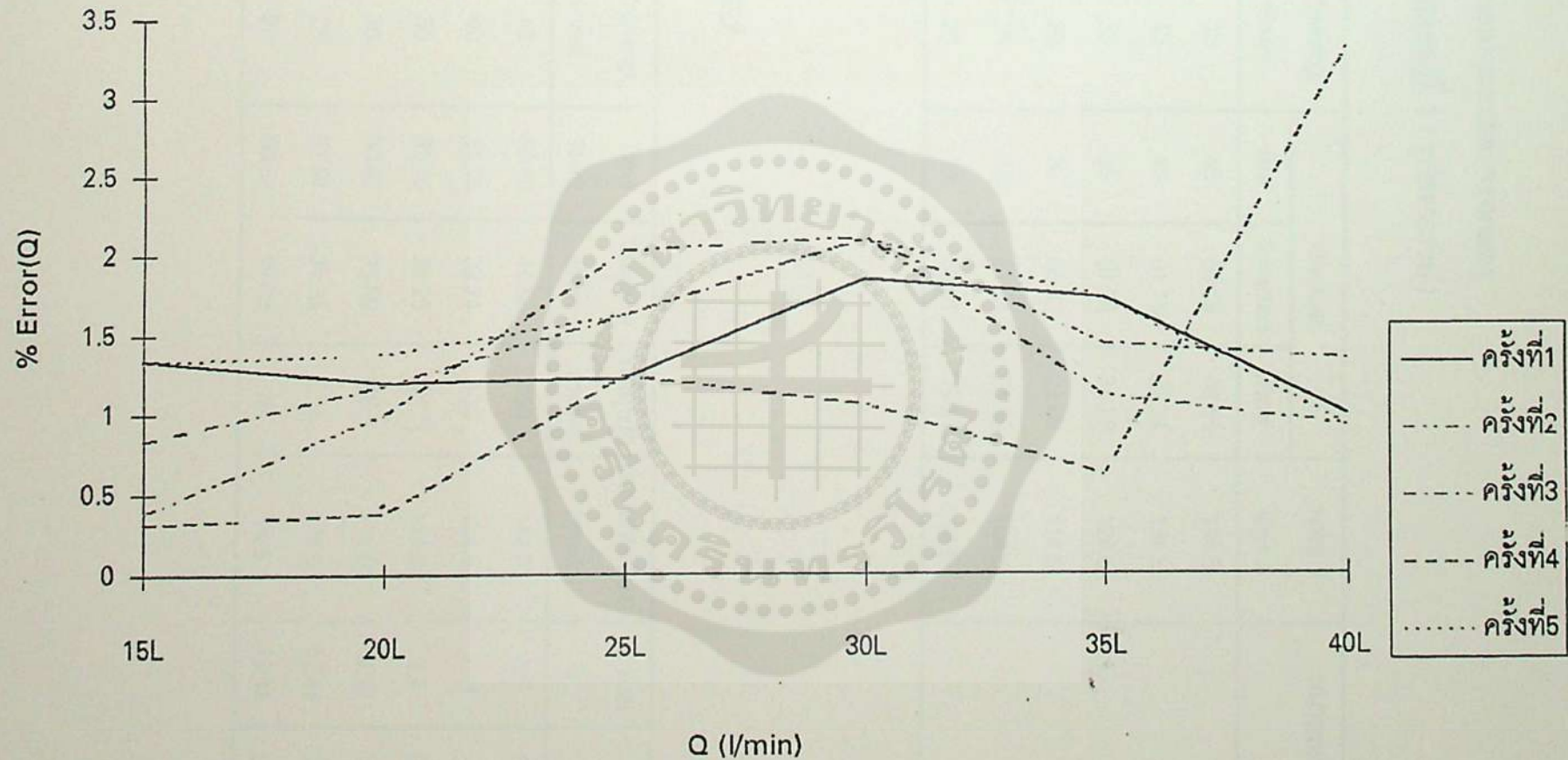
ผลการทดลอง

NO.	Q(reading) (l/min)	Time (sec)	Q(actual) (l/min)	Y(ทฤษฎี) (mm.)	Y(การทดลอง) (mm.)	% error Y	% error Q	ความเป็น linearity
1	40	60.42	39.72	150	162.5	7.69	0.7	0.993
2	35	60.32	34.81	136	148.5	8.41	0.54	0.994
3	30	60.35	29.82	121.5	134	9.32	0.6	0.994
4	25	60.24	24.9	107	119.5	10.46	0.4	0.996
5	20	60.66	19.78	91.5	105	12.85	1.1	0.989
6	15	60.25	15.19	76	91	16.48	1.26	1.012

ผลการทดลองที่ 2 (รูปทรงกระบอก)

NO	Q(reading) (l/min)	ระยะ Y (mm.)	Time (sec)	Q (l/min)	% Error Q
1	40	162.5	60.81	39.47	1.33
2	35	148.5	60.84	34.52	1.38
3	30	134.0	61.30	29.51	1.63
4	25	119.5	61.06	24.47	2.12
5	20	105.0	60.53	19.65	1.74
6	15	91.0	60.53	14.86	0.93

กราฟแสดงค่าอัตราการไหล(Q)กับ %Error(Q)



รูปที่ 13 กราฟแสดงค่าระหว่างค่า Q กับ % Error(Q) (รูปทรงกระบอก)

ข้อมูลการทดลองและผลการทดลอง

ตารางการทดลองที่ 1 (รูปทรงกรวย)

NO.	Q(reading) (l/min)	Q(actual)			ระยะ Y (mm.)	หมายเหตุ
		litre	Time(sec)	l/min		
1	45	45	60.59	44.56	144.5	
2	40	40	61.15	39.24	134.5	
3	35	35	61.26	34.28	124.5	
4	30	30	60.63	29.68	114.5	
5	25	25	61.64	24.33	104.5	
6	20	20	60.51	19.83	94.5	

ผลการทดลอง

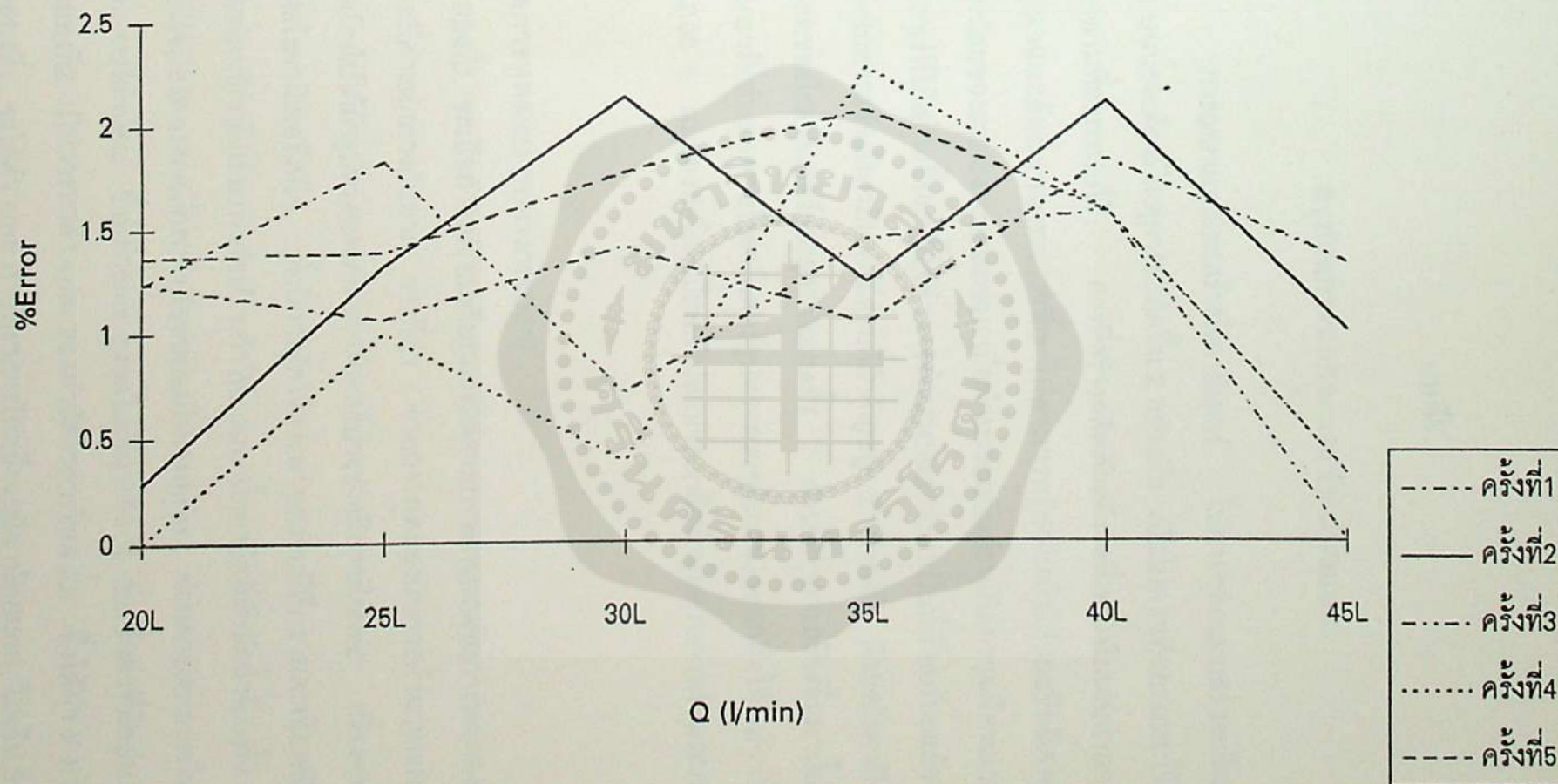
NO.	Q(reading) (l/min)	Time (sec)	Q(actual) (l/min)	Y(ทฤษฎี) (mm.)	Y(การทดลอง) (mm.)	% error Y	% error Q	ความเป็น linearity
1	45	60.59	44.56	150	144.5	3.8	0.97	0.990
2	40	61.15	39.24	136	134.5	1.11	1.9	0.981
3	35	61.26	34.28	121.5	124.5	2.4	2.05	0.979
4	30	60.63	29.68	106.5	114.5	6.98	1.06	0.989
5	25	61.64	24.33	91.5	104.5	12.44	2.68	0.973
6	20	60.51	19.83	76	94.5	19.14	0.85	0.991

ผลการทดลองที่ 2 (รูปทรงกรวย)

NO.	Q(reading) (l/min)	ระยะ Y (mm.)	Time (sec)	Q (l/min)	% Error Q
1	45	144.5	60.00	45.00	-
2	40	134.5	60.65	39.57	1.07
3	35	124.5	61.09	34.38	1.78
4	30	114.5	60.63	29.69	1.04
5	25	104.5	61.14	24.53	1.85
6	20	94.5	60.81	19.73	1.35



กราฟแสดงค่าระหว่างอัตราการไหล (Q) กับ %Error(Q)



รูปที่ 14 กราฟแสดงค่าระหว่างค่า Q กับ %Error(Q) (รูปทรงกรวย)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การออกแบบและสร้างโรตาริเตอร์ ในการออกแบบสร้างผลิตงาน ขึ้นมาแบบหนึ่งจะต้องมีเหตุการณ์เกิดขึ้น 2 อย่างคือ เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ กับ ไม่เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ การที่สร้างผลิตภัณฑ์งานที่เรายังไม่เคยทำย่อมจะ เกิดปัญหาและข้อผิดพลาดต่างๆที่เราไม่สามารถรู้ล่วงหน้าได้และข้อผิดพลาด เพียงเล็กน้อยของแต่ละงานแต่ละส่วน เมื่อนำมารวมกันย่อมเกิดความผิดพลาดสูง โรตาริเตอร์ที่ได้สร้างขึ้นมาได้ทำการคำนวณออกแบบเป็นที่เรียบร้อยแล้วจึงทำ การสร้างในการสร้างโรตาริเตอร์มีส่วนที่สำคัญอยู่ 2 ส่วนคือ ตัวท้อโรตาริเตอร์ กับลูกกลอยของโรตาริเตอร์และชุดCalibrateทั้ง 2 ส่วนที่ทำการสร้างขึ้นมาแล้วย่อมมี ค่าerror อาทิเช่นลูกกลอยโรตาริเตอร์รูปทรงกรวยไม่สามารถกลิ้งได้มุมจากการ คำนวณ 100 % มุมของท้อโรตาริเตอร์ไม่สามารถกลิ้งทำมุมจากการคำนวณ 100% เป็นต้น

สรุปผลการทดสอบ (รูปทรงกระบอก)

การทดลองที่ 1 จะเป็นการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณกับการทดลองดูจาก ค่า Y จะมีค่าแตกต่างกันมาก การที่ค่า Y จากการทดลองกับการคำนวณแตกต่างกันอาจเป็นไปได้ถ้ารูปทรงของท้อโรตาริเตอร์บางช่วงมีการลื่นหรือ เนื่องจากการ ขัดผิวท้อโรตาริเตอร์ให้ใส ทั้งนี้การขัดใช้กระดาษทรายที่มีความละเอียดขัดก่อน แล้วใช้แท่งเหล็กกลิ้งเรียบพื้นทับด้วยผ้าให้แน่นทาน้ำยาขัดที่ผ้าขัดซ้ำอีกครั้ง ซึ่ง - การขัดนี้ใช้มือขัดแรงกดที่กระทำต่อท้อย่อมไม่เสมอกัน ส่วนค่าอัตราการใช้ (Q) ค่า error จะมีค่าน้อย ซึ่งมีค่าerror สูงสุดไม่เกิน 2.50 % ซึ่งเป็นค่าน้อยมาก การทดลองที่ 2 เป็นการหาค่า error ของค่าอัตราการใช้ (Q) ซึ่งได้ค่า Y มาจาก การทดลองที่ 1 จะได้ค่า error ค่าอัตราการใช้ซึ่งจะมีค่าน้อยมาก ไม่เกิน 3.50 %

สรุปผลการทดสอบ (รูปทรงกรวย)

การทดลองที่1 จะเป็นการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณกับการทดลองดูจากค่า Y ในช่วงค่าอัตราการไหล 45 l/min จะได้ค่าตรงกับการคำนวณที่ค่า Y เท่ากับ 150 mm ช่วงต่อไปจะไม่ตรงกับการคำนวณอาจเป็นผลมาจากรูปทรงของท่อโรตาริเตอร์บางช่วงมีการสึกหรอ อันเนื่องมาจากการขัดท่อให้ใสทั้งนี้การขัดใช้กระดาษทรายที่มีความละเอียดขัดก่อนแล้ว ใช้แท่งเหล็กกลึงเรียวพันทับด้วยผ้าให้แน่นทาน้ำยาขัดที่ผ้าขัดซ้ำอีกครั้ง ซึ่งการขัดนี้ใช้มือขัดแรงกดที่กระทำต่อท่อย่อมไม่เสมอกันและรูปทรงของลูกลอยมมมีส่วนที่สำคัญมาก ถ้ากลึงมมผิดไปเพียงเล็กน้อยก็จะมีผลต่อการคำนวณจากการทดลอง ค่า error ของอัตราการไหล (Q) จะมีค่าผิดพลาดน้อยมากคือไม่เกิน 2.29%

การทดลองที่2 เป็นการหาค่า error ของค่าอัตราการไหล (Q) ซึ่งได้ค่า Y มาจากการทดลองที่1 จะได้ค่า error ค่าอัตราการไหลซึ่งจะมีค่าน้อยมากไม่เกิน 2.29%

สรุปผล

การออกแบบและสร้างโรตาริเตอร์ การออกแบบอาจจะเป็นไปได้ 2 อย่าง ก็คือเป็นไปตามที่ได้ออกแบบและไม่เป็นไปตามที่ได้ออกแบบ ก็ขึ้นอยู่กับการสร้างตัวโรตาริเตอร์โดยเฉพาะการกลึงตัวโรตาริเตอร์ก็มีข้อผิดพลาดได้ อาจจะทำให้ไม่ได้ตามที่ได้ออกแบบไว้แต่ก็มีค่าใกล้เคียงกับที่เราได้ออกแบบ อาจจะมีผิดพลาดได้ บางอย่างจะต้องไม่ให้ผิดพลาดเลยหรือ ถ้าผิดพลาดก็ต้องให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ความผิดพลาดอาจเกิดขึ้นได้หลายสาเหตุ การออกแบบและสร้างโรตาริเตอร์ เช่น ถึง calibrate , ตัวโรตาริเตอร์, ลูกลอย, ค่า cd, การเดินท่อน้ำ, การอ่านค่าอัตราการไหล, การจับเวลา, น้ำ เป็นต้น

1. ตัวโรตาริเตอร์ที่กลึงไม่ได้ขนาดที่ได้ทำการออกแบบ หรือบางช่วงของตัวโรตาริเตอร์ และการขัดให้ผิวภายในท่อโรตาริเตอร์มีความใสขึ้น

2. ลูกลอยที่กลิ้งไม่ได้ขนาด โดยเฉพาะลูกลอยแบบรูปทรงกรวยจะมีมุมไม่เท่ากับที่ได้ออกแบบ ซึ่งจะมีผลต่อการทดลองและการนำ ค่า cd (coefficients of drag force) ในการคำนวณหาค่าอัตราการใช้เชื้อเพลิง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับรูปทรงของลูกลอย ว่าจะเป็นแบบใด เช่น รูปทรงกรวย รูปทรงกระบอกการใช้ค่า cd ไม่ถูกต้องจะมีผลต่อการทดลองไม่เป็นไปตามที่ได้คำนวณไว้

3. การเดินท่อน้ำที่ใช้ข้อต่อมากเกินไป

4. การอ่านค่าอัตราการใช้เชื้อเพลิงและการจับเวลาอาจเกิดขึ้นจากความผิดพลาดขึ้นเป็นบางครั้ง

ข้อเสนอแนะ

1. ตัวโรตารี่ที่กลิ้งไม่ได้ขนาดที่ได้ออกแบบไว้และขัดผิวเรียบร้อยแล้ว ก็ให้ทำการวัดขนาดของตัวโรตารี่ใหม่ แล้วนำค่าที่วัดได้มาทำการคำนวณใหม่อีกครั้ง

2. ลูกลอยที่กลิ้งไม่ได้ขนาดที่ได้ทำการออกแบบไว้ก็ให้ทำการวัดขนาดลูกลอย ที่ผ่านการกลิ้งมาแล้วนำมาคำนวณใหม่อีกครั้ง

3. การจับเวลาควรจะใช้นาฬิกาจับเวลาที่แสดงเป็นตัวเลข สามารถตั้งเวลา และมีเสียงเตือนเมื่อถึงเวลาที่ได้ตั้งไว้

4. ค่า cd ที่ใช้ในการคำนวณจะมีผลมากเมื่อนำไปคำนวณเช่น ลูกลอยแบบรูปทรงกรวยที่ได้รับการออกแบบและผ่านการกลิ้งแล้ว เมื่อทำการวัดจริงจะไม่ได้ตามที่ได้ออกแบบไว้ ให้มาทำการวัดมุมแล้วนำมุมที่วัดได้ไปทำการเปิดตารางที่คุณสมบัติของลูกลอย

5. ควรปรับชุดการทดลองโรตารี่ให้เรียบร้อย เพื่อที่จะได้อ่านค่าอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่ถูกต้องที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- 1 รศ. บรรเลง ศรีนิล และ ผศ.ประเสริฐ กัวยสมบุญ ,งานตารางโลหะ , พิมพ์ครั้งที่ 3 , กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , 2532 ,
- 2 สมศักดิ์ กীরติวุฒิสระฐ , หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม , พิมพ์ - ครั้งที่ 2 , กรุงเทพมหานคร : บ. ดวงกมลสมัย จำกัด , 2535 ,
- 3 สมาน เจริญกิจพูลผล และ มนตรี พิรุณเกษตร , กลศาสตร์ของไหลฉบับเสริมประสบการณ์ , กรุงเทพมหานคร : บ. ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , 2533 ,
- 4 P. Kraut , Fluid Mechanics For Technicians Merrill , 1978 ,
- 5 Noel do Newrs , Fluid Mechanics For Chemical Engineer Second Edition : Me Graw Hill , 1986 ,

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์



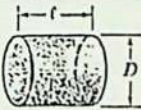
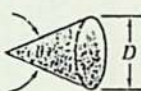
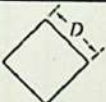
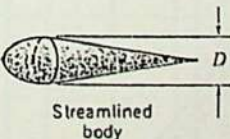
ภาคผนวก

ตารางที่ 6 คุณสมบัติของน้ำในหน่วย SI

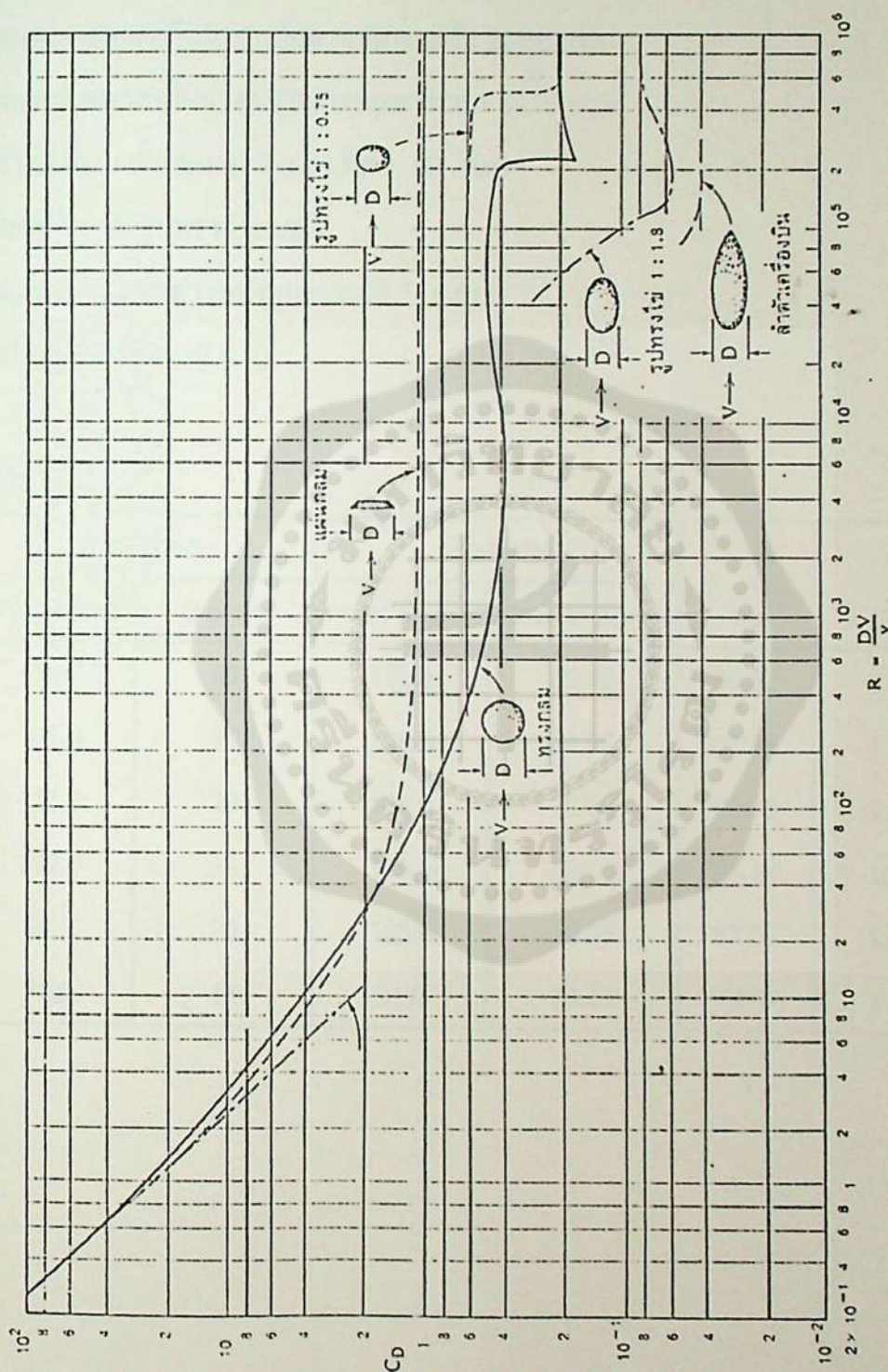
คุณสมบัติของน้ำในหน่วย SI

อุณหภูมิ C	น้ำหนัก จำเพาะ $\gamma, \text{N/m}^3$	ความ หนาแน่น $\rho, \text{kg/m}^3$	ความหนืด $\mu, \text{Pa}\cdot\text{s}$ $10^3 \mu =$	ความหนืด เชิงจลน์ $\nu, \text{m}^2/\text{s}$ $10^6 \nu =$	ความตึงผิว $\sigma, \text{N/m}$ $100 \sigma =$	ความดัน ไอ p_v, kPa	โมดูลัส เชิงปริมาตร K, GPa
0	9805	999.9	1.792	1.792	7.62	0.6	2.04
5	9806	1000.0	1.519	1.519	7.54	0.9	2.06
10	9803	999.7	1.308	1.308	7.48	1.2	2.11
15	9798	999.1	1.140	1.141	7.41	1.7	2.14
20	9789	998.2	1.005	1.007	7.36	2.5	2.20
25	9779	997.1	0.894	0.897	7.26	3.2	2.22
30	9767	995.7	0.801	0.804	7.18	4.3	2.23
35	9752	994.1	0.723	0.727	7.10	5.7	2.24
40	9737	992.2	0.656	0.661	7.01	7.5	2.27
45	9720	990.2	0.599	0.605	6.92	9.6	2.29
50	9697	988.1	0.549	0.556	6.82	12.4	2.30
55	9679	985.7	0.506	0.513	6.74	15.8	2.31
60	9658	983.2	0.469	0.477	6.68	19.9	2.28
65	9635	980.6	0.436	0.444	6.58	25.1	2.26
70	9600	977.8	0.406	0.415	6.50	31.4	2.25
75	9589	974.9	0.380	0.390	6.40	38.8	2.23
80	9557	971.8	0.357	0.367	6.30	47.7	2.21
85	9529	968.6	0.336	0.347	6.20	58.1	2.17
90	9499	965.3	0.317	0.328	6.12	70.4	2.16
95	9469	961.9	0.299	0.311	6.02	84.5	2.11
100	9438	958.4	0.284	0.296	5.94	101.3	2.07

ตารางที่ 7 คุณสมบัติของลูกกลอย

Shape	Reference area A	Drag coefficient C_D	Reynolds number										
 Solid hemisphere	$A = \frac{\pi}{4}D^2$	$\rightarrow$ 1.17 $\leftarrow$ 0.42	$Re > 10^4$										
 Hollow hemisphere	$A = \frac{\pi}{4}D^2$	$\rightarrow$ 1.42 $\leftarrow$ 0.38	$Re > 10^4$										
 Thin disk	$A = \frac{\pi}{4}D^2$	1.1	$Re > 10^3$										
 Circular rod parallel to flow	$A = \frac{\pi}{4}D^2$	<table><tr><th>$l:D$</th><th>C_D</th></tr><tr><td>0.5</td><td>1.1</td></tr><tr><td>1.0</td><td>0.93</td></tr><tr><td>2.0</td><td>0.83</td></tr><tr><td>4.0</td><td>0.85</td></tr></table>	$l:D$	C_D	0.5	1.1	1.0	0.93	2.0	0.83	4.0	0.85	$Re > 10^5$
$l:D$	C_D												
0.5	1.1												
1.0	0.93												
2.0	0.83												
4.0	0.85												
 Cone	$A = \frac{\pi}{4}D^2$	<table><tr><th>θ, degrees</th><th>C_D</th></tr><tr><td>10</td><td>0.30</td></tr><tr><td>30</td><td>0.55</td></tr><tr><td>60</td><td>0.80</td></tr><tr><td>90</td><td>1.15</td></tr></table>	θ , degrees	C_D	10	0.30	30	0.55	60	0.80	90	1.15	$Re > 10^4$
θ , degrees	C_D												
10	0.30												
30	0.55												
60	0.80												
90	1.15												
 Cube	$A = D^2$	1.05	$Re > 10^4$										
 Cube	$A = D^2$	0.80	$Re > 10^4$										
 Streamlined body	$A = \frac{\pi}{4}D^2$	0.04	$Re > 10^5$										

ตารางที่ 8 ค่า C_d ของทรงกลมและรูปทรงอื่นๆ ใน 3 มิติ



ข้อมูลในการทดลองที่ 1 (รูปทรงกระบอก)

1. ปั๊มน้ำขนาด 0.5 HP. อัตราการไหล 15-70 l/min. Head 12.5-20 m.
2. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางเข้า 23.65 mm.
3. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางออก 39.05 mm.
4. ถังเปรียบเทียบ (Calibrate Tank) มีค่า 60 ลิตร
5. ลูกลอยเป็นแบบรูปทรงกระบอก
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย 25.2 mm.
7. น้ำหนักของลูกลอย 97.6 g.

ตารางที่ 9

NO.	การคำนวณ		การทดลอง		Time sec	%Error Q	%Error Y
	ระยะ Y(mm.)	Q (l/min)	ระยะ Y(mm.)	Q reading(l/min)			
1	150.0	40	162.5	39.46	60.82	1.34	7.69
2	136.0	35	148.5	34.58	60.73	1.20	8.41
3	121.5	30	134.0	29.63	60.75	1.23	9.32
4	107.0	25	119.5	24.53	61.14	1.86	10.46
5	91.5	20	105.0	19.65	61.06	1.74	12.85
6	76.0	15	91.0	14.85	60.6	1.00	16.48

ข้อมูลในการทดลองที่ 1 (รูปทรงกระบอก)

1. ปั๊มน้ำขนาด 0.5 HP. อัตราการไหล 15-70 l/min. Head 12.5-20 m.
2. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางเข้า 23.65 mm.
3. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางออก 39.05 mm.
4. ถังเปรียบเทียบ (Calibrate Tank) มีค่า 60 ลิตร
5. ลูกลอยเป็นแบบรูปทรงกระบอก
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย 25.2 mm.
7. น้ำหนักของลูกลอย 97.6 g.

ตารางที่ 10

NO.	การคำนวณ		การทดลอง		Time sec	%Error Q	%Error Y
	ระยะ Y(mm.)	Q (l/min)	ระยะ Y(mm.)	Q reading(l/min)			
1	150.0	40	162.5	39.67	60.50	0.38	7.69
2	136.0	35	148.5	34.65	60.61	1.00	8.41
3	121.5	30	134.0	29.38	61.25	2.04	9.32
4	107.0	25	119.5	24.47	61.31	2.13	10.46
5	91.5	20	105.0	19.77	60.68	1.12	12.85
6	76.0	15	91.0	14.86	60.53	0.93	16.48

ข้อมูลในการทดลองที่ 1 (รูปทรงกระบอก)

1. ปั๊มน้ำขนาด 0.5 HP. อัตราการไหล 15-70 l/min. Head 12.5-20 m.
2. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางเข้า 23.65 mm.
3. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางออก 39.05 mm.
4. ถังเปรียบเทียบ (Calibrate Tank) มีค่า 60 ลิตร
5. ลูกลอยเป็นแบบรูปทรงกระบอก
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย 25.2 mm.
7. น้ำหนักของลูกลอย 97.6 g.

ตารางที่ 11

NO.	การคำนวณ		การทดลอง		Time sec	%Error Q	%Error Y
	ระยะ Y(mm.)	Q (l/min)	ระยะ Y(mm.)	Q reading(l/min)			
1	150.0	40	162.5	39.67	60.50	0.83	7.69
2	136.0	35	148.5	34.58	60.72	1.18	8.41
3	121.5	30	134.0	29.51	61.00	1.63	9.32
4	107.0	25	119.5	24.47	61.30	2.12	10.46
5	91.5	20	105.0	19.71	60.88	1.45	12.85
6	76.0	15	91.0	14.80	60.82	1.35	16.48

ข้อมูลในการทดลองที่ 1 (รูปทรงกระบอก)

1. ปั๊มน้ำขนาด 0.5 HP. อัตราการไหล 15-70 l/min. Head 12.5-20 m.
2. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางเข้า 23.65 mm.
3. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางออก 39.05 mm.
4. ถังเปรียบเทียบ (Calibrate Tank) มีค่า 60 ลิตร
5. ลูกกลอยเป็นแบบรูปทรงกระบอก
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกกลอย 25.2 mm.
7. น้ำหนักของลูกกลอย 97.6 g.

ตารางที่ 12

NO.	การคำนวณ		การทดลอง		Time sec	%Error Q	%Error Y
	ระยะ Y(mm.)	Q (l/min)	ระยะ Y(mm.)	Q reading(l/min)			
1	150.0	40	162.5	39.47	60.81	0.31	7.69
2	136.0	35	148.5	34.58	60.73	0.38	8.41
3	121.5	30	134.0	29.38	61.25	1.25	9.32
4	107.0	25	119.5	24.53	61.14	1.06	10.46
5	91.5	20	105.0	19.71	60.88	0.62	12.85
6	76.0	15	91.0	14.63	61.52	3.33	16.48

ข้อมูลในการทดลองที่ 1 (รูปทรงกระบอก)

1. ปั๊มน้ำขนาด 0.5 HP. อัตราการไหล 15-70 l/min. Head 12.5-20 m.
2. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางเข้า 23.65 mm.
3. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางออก 39.05 mm.
4. ถังเปรียบเทียบ (Calibrate Tank) มีค่า 60 ลิตร
5. ลูกลอยเป็นแบบรูปทรงกระบอก
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย 25.2 mm.
7. น้ำหนักของลูกลอย 97.6 g.

ตารางที่ 13

NO.	การคำนวณ		การทดลอง		Time sec	%Error Q	%Error Y
	ระยะ Y(mm.)	Q (l/min)	ระยะ Y(mm.)	Q reading(l/min)			
1	150.0	40	162.5	39.47	60.81	1.33	7.69
2	136.0	35	148.5	34.52	60.84	1.38	8.41
3	121.5	30	134.0	29.51	61.00	1.63	9.32
4	107.0	25	119.5	24.47	61.30	2.12	10.46
5	91.5	20	105.0	19.65	61.06	1.74	12.85
6	76.0	15	91.0	14.86	60.53	0.93	16.48

ข้อมูลในการทดลองที่ 2 (รูปทรงกระบอก)

1. ปั๊มน้ำขนาด 0.5 HP. อัตราการไหล 15-70 l/min. Head 12.5-20 m.
2. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางเข้า 23.65 mm.
3. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางออก 39.05 mm.
4. ถังเปรียบเทียบ (Calibrate Tank) มีค่า 60 ลิตร
5. ลูกลอยเป็นแบบรูปทรงกระบอก
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย 25.2 mm.
7. น้ำหนักของลูกลอย 97.6 g.

ตารางที่ 14

NO.	Q(reading) (l/min)	ระยะ Y (mm.)	Time (sec)	Q (l/min)	% Error Q
1	40	162.5	60.81	39.47	1.33
2	35	148.5	60.73	34.58	1.20
3	30	134.0	60.75	29.63	1.23
4	25	119.5	61.14	24.53	1.86
5	20	105.0	61.06	19.65	1.74
6	15	91.0	60.60	14.85	1.00

ข้อมูลในการทดลองที่ 2 (รูปทรงกระบอก)

1. ปั๊มน้ำขนาด 0.5 HP. อัตราการไหล 15-70 l/min. Head 12.5-20 m.
2. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางเข้า 23.65 mm.
3. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางออก 39.05 mm.
4. ถังเปรียบเทียบ (Calibrate Tank) มีค่า 60 ลิตร
5. ลูกลอยเป็นแบบรูปทรงกระบอก
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย 25.2 mm.
7. น้ำหนักของลูกลอย 97.6 g.

ตารางที่ 15

NO.	Q(reading) (l/min)	ระยะ Y (mm.)	Time (sec)	Q (l/min)	% Error Q
1	40	162.5	60.81	39.47	1.33
2	35	148.5	60.84	34.52	1.38
3	30	134.0	61.00	29.51	1.63
4	25	119.5	61.30	24.47	2.12
5	20	105.0	61.06	19.65	1.74
6	15	91.0	60.53	14.86	0.93

ข้อมูลในการทดลองที่ 2 (รูปทรงกระบอก)

1. ปั๊มน้ำขนาด 0.5 HP. อัตราการไหล 15-70 l/min. Head 12.5-20 m.
2. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางเข้า 23.65 mm.
3. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางออก 39.05 mm.
4. ถังเปรียบเทียบ (Calibrate Tank) มีค่า 60 ลิตร
5. ลูกลอยเป็นแบบรูปทรงกระบอก
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย 25.2 mm.
7. น้ำหนักของลูกลอย 97.6 g.

ตารางที่ 16

NO.	Q(reading) (l/min)	ระยะ Y (mm.)	Time (sec)	Q (l/min)	% Error Q
1	40	162.5	60.50	39.67	0.83
2	35	148.5	60.61	34.65	1.00
3	30	134.0	61.25	29.38	2.04
4	25	119.5	61.31	24.47	2.13
5	20	105.0	60.68	19.77	1.12
6	15	91.0	60.53	14.86	0.93

ข้อมูลในการทดลองที่ 2 (รูปทรงกระบอก)

1. ปั้มน้ำขนาด 0.5 HP. อัตราการไหล 15-70 l/min. Head 12.5-20 m.
2. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางเข้า 23.65 mm.
3. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางออก 39.05 mm.
- 4.ถังเปรียบเทียบ (Calibrate Tank) มีค่า 60 ลิตร
5. ลูกลอยเป็นแบบรูปทรงกระบอก
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย 25.2 mm.
7. น้ำหนักของลูกลอย 97.6 g.

ตารางที่ 17

NO.	Q(reading) (l/min)	ระยะ Y (mm.)	Time (sec)	Q (l/min)	% Error Q
1	40	162.5	60.81	39.47	1.33
2	35	148.5	60.73	34.58	1.20
3	30	134.0	61.25	29.38	2.04
4	25	119.5	61.14	24.53	1.86
5	20	105.0	60.88	19.71	1.45
6	15	91.0	61.52	14.63	2.47

ข้อมูลในการทดลองที่ 2 (รูปทรงกระบอก)

1. ปั๊มน้ำขนาด 0.5 HP. อัตราการไหล 15-70 l/min. Head 12.5-20 m.
2. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางเข้า 23.65 mm.
3. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางออก 39.05 mm.
4. ถังเปรียบเทียบ (Calibrate Tank) มีค่า 60 ลิตร
5. ลูกลอยเป็นแบบรูปทรงกระบอก
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย 25.2 mm.
7. น้ำหนักของลูกลอย 97.6 g.

ตารางที่ 18

NO.	Q(reading) (l/min)	ระยะ Y (mm.)	Time (sec)	Q (l/min)	% Error Q
1	40	162.5	60.50	39.67	0.83
2	35	148.5	60.72	34.58	1.18
3	30	134.0	61.00	29.51	1.63
4	25	119.5	61.30	24.47	2.12
5	20	105.0	60.88	19.71	1.45
6	15	91.0	60.82	14.80	1.35

ข้อมูลในการทดลองที่ 1 (รูปทรงกรวย)

1. ปั๊มน้ำขนาด 0.5 HP. อัตราการไหล 15-70 l/min. Head 12.5-20 m.
2. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางเข้า 22.05 mm.
3. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางออก 40.3 mm.
4. ถังเปรียบเทียบ (Calibrate Tank) มีค่า 60 ลิตร
5. ลูกลอยเป็นแบบรูปทรงกรวย
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย 22.1 mm.
7. น้ำหนักของลูกลอย 45.5 g.

ตารางที่ 19

NO.	การคำนวณ		การทดลอง		Time	%Error	%Error
	ระยะ Y(mm.)	Q (l/min)	ระยะ Y(mm.)	Q reading(l/min)	sec	Q	Y
1	150	45	144.5	44.44	60.75	1.24	3.8
2	136.0	40	134.5	39.57	60.65	1.07	1.11
3	121.5	35	124.5	34.500	60.860	1.42	2.4
4	106.5	30	114.5	29.97	60.63	1.04	6.98
5	91.5	25	104.5	24.53	61.14	1.85	12.44
6	76.0	20	94.5	19.73	60.81	1.35	19.14

ข้อมูลในการทดลองที่ 1 (รูปทรงกรวย)

1. ปั๊มน้ำขนาด 0.5 HP. อัตราการไหล 15-70 l/min. Head 12.5-20 m.
2. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางเข้า 22.05 mm.
3. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางออก 40.3 mm.
4. ถังเปรียบเทียบ (Calibrate Tank) มีค่า 60 ลิตร
5. ลูกลอยเป็นแบบรูปทรงกรวย
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย 22.1 mm.
7. น้ำหนักของลูกลอย 45.5 g.

ตารางที่ 20

NO.	การคำนวณ		การทดลอง		Time sec	%Error Q	%Error Y
	ระยะ Y(mm.)	Q (l/min)	ระยะ Y(mm.)	Q reading(l/min)			
1	150.0	45	144.5	44.88	60.17	0.28	3.8
2	136.0	40	134.5	39.45	60.81	1.33	1.11
3	121.5	35	124.5	34.25	61.31	2.14	2.4
4	106.5	30	114.5	29.63	60.75	1.25	6.98
5	91.5	25	104.5	24.67	61.3	2.13	12.44
6	76.0	20	94.5	19.79	60.62	1.02	19.14

ข้อมูลในการทดลองที่ 1 (รูปทรงกรวย)

1. ปั๊มน้ำขนาด 0.5 HP. อัตราการไหล 15-70 l/min. Head 12.5-20 m.
2. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางเข้า 22.05 mm.
3. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางออก 40.3 mm.
4. ถังเปรียบเทียบ (Calibrate Tank) มีค่า 60 ลิตร
5. ลูกลอยเป็นแบบรูปทรงกรวย
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย 22.1 mm.
7. น้ำหนักของลูกลอย 45.5 g.

ตารางที่ 21

NO.	การคำนวณ		การทดลอง		Time sec	%Error Q	%Error Y
	ระยะ Y(mm.)	Q (l/min)	ระยะ Y(mm.)	Q reading(l/min)			
1	150.0	45	144.5	45.19	60.75	1.23	3.8
2	136.0	40	134.5	39.27	61.12	1.83	1.11
3	121.5	35	124.5	34.75	60.43	0.71	2.4
4	106.5	30	114.5	29.56	60.88	1.46	6.98
5	91.5	25	104.5	24.60	60.97	1.60	12.44
6	76.0	20	94.5	20.00	60.00	-	19.14

ข้อมูลในการทดลองที่ 1 (รูปทรงกรวย)

1. ป้อนน้ำขนาด 0.5 HP. อัตราการไหล 15-70 l/min. Head 12.5-20 m.
2. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางเข้า 22.05 mm.
3. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางออก 40.3 mm.
4. ถังเปรียบเทียบ (Calibrate Tank) มีค่า 60 ลิตร
5. ลูกลอยเป็นแบบรูปทรงกรวย
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย 22.1 mm.
7. น้ำหนักของลูกลอย 45.5 g.

ตารางที่ 22

NO.	การคำนวณ		การทดลอง		Time sec	%Error Q	%Error Y
	ระยะ Y(mm.)	Q (l/min)	ระยะ Y(mm.)	Q reading(l/min)			
1	150.0	45	144.5	45.00	60.00	-	3.8
2	136.0	40	134.5	39.60	60.60	1.00	1.11
3	121.5	35	124.5	34.69	60.54	0.38	2.4
4	106.5	30	114.5	29.31	61.41	2.29	6.98
5	91.5	25	104.5	24.60	60.97	1.60	12.44
6	76.0	20	94.5	19.94	60.19	0.32	19.14

ข้อมูลในการทดลองที่ 1 (รูปทรงกรวย)

1. ปั๊มน้ำขนาด 0.5 HP. อัตราการไหล 15-70 l/min. Head 12.5-20 m.
2. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางเข้า 22.05 mm.
3. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางออก 40.3 mm.
4. ถังเปรียบเทียบ (Calibrate Tank) มีค่า 60 ลิตร
5. ลูกลอยเป็นแบบรูปทรงกรวย
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย 22.1 mm.
7. น้ำหนักของลูกลอย 45.5 g.

ตารางที่ 23

NO.	การคำนวณ		การทดลอง		Time sec	%Error Q	%Error Y
	ระยะY(mm.)	Q (l/min)	ระยะY(mm.)	Q reading(l/min)			
1	150.0	45	144.5	44.38	60.83	1.36	3.8
2	136.0	40	134.5	39.46	60.81	1.39	1.11
3	121.5	35	124.5	34.38	61.27	1.78	2.4
4	106.5	30	114.5	29.38	61.27	2.08	6.93
5	91.5	25	104.5	24.60	60.97	1.60	12.44
6	76.0	20	94.5	19.94	60.19	0.32	19.14

ข้อมูลในการทดลองที่ 2 (รูปทรงกรวย)

1. ปั๊มน้ำขนาด 0.5 HP. อัตราการไหล 15-70 l/min. Head 12.5-20 m.
2. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางเข้า 22.05 mm.
3. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางออก 40.3 mm.
4. ถังเปรียบเทียบ (Calibrate Tank) มีค่า 60 ลิตร
5. ลูกลอยเป็นแบบรูปทรงกรวย
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย 22.1 mm.
7. น้ำหนักของลูกลอย 45.5 g.

ตารางที่ 24

NO.	Q(reading) (l/min)	ระยะ Y (mm.)	Time (sec)	Q (l/min)	% Error Q
1	45	144.5	60.75	44.44	1.24
2	40	134.5	60.81	39.45	1.34
3	35	124.5	60.86	34.50	1.42
4	30	114.5	61.27	29.38	2.08
5	25	104.5	61.30	24.47	2.13
6	20	94.5	60.19	19.94	0.32

ข้อมูลในการทดลองที่ 2 (รูปทรงกรวย)

1. ปั๊มน้ำขนาด 0.5 HP. อัตราการไหล 15-70 l/min. Head 12.5-20 m.
2. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางเข้า 22.05 mm.
3. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางออก 40.3 mm.
4. ถังเปรียบเทียบ (Calibrate Tank) มีค่า 60 ลิตร
5. ลูกลอยเป็นแบบรูปทรงกรวย
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย 22.1 mm.
7. น้ำหนักของลูกลอย 45.5 g.

ตารางที่ 25

NO.	Q(reading) (l/min)	ระยะ Y (mm.)	Time (sec)	Q (l/min)	% Error Q
1	45	144.5	60.00	45.00	-
2	40	134.5	61.12	39.27	1.84
3	35	124.5	61.31	34.25	2.14
4	30	114.5	60.95	29.53	2.29
5	25	104.5	61.14	24.53	1.86
6	20	94.5	60.19	19.94	0.32

ข้อมูลในการทดลองที่ 2 (รูปทรงกรวย)

1. ปั๊มน้ำขนาด 0.5 HP. อัตราการไหล 15-70 l/min. Head 12.5-20 m.
2. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางเข้า 22.05 mm.
3. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางออก 40.3 mm.
4. ถังเปรียบเทียบ (Calibrate Tank) มีค่า 60 ลิตร
5. ลูกลอยเป็นแบบรูปทรงกรวย
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย 22.1 mm.
7. น้ำหนักของลูกลอย 45.5 g.

ตารางที่ 26

NO.	Q(reading) (l/min)	ระยะ Y (mm.)	Time (sec)	Q (l/min)	% Error Q
1	45	144.5	60.75	44.44	1.24
2	40	134.5	60.60	39.60	1.00
3	35	124.5	60.43	34.75	0.71
4	30	114.5	60.88	29.56	1.46
5	25	104.5	60.97	24.60	1.60
6	20	94.5	60.00	20.00	-

ข้อมูลในการทดลองที่ 2 (รูปทรงกรวย)

1. ปั๊มน้ำขนาด 0.5 HP. อัตราการไหล 15-70 l/min. Head 12.5-20 m.
2. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางเข้า 22.05 mm.
3. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางออก 40.3 mm.
4. ถังเปรียบเทียบ (Calibrate Tank) มีค่า 60 ลิตร
5. ลูกลอยเป็นแบบรูปทรงกรวย
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย 22.1 mm.
7. น้ำหนักของลูกลอย 45.5 g.

ตารางที่ 27

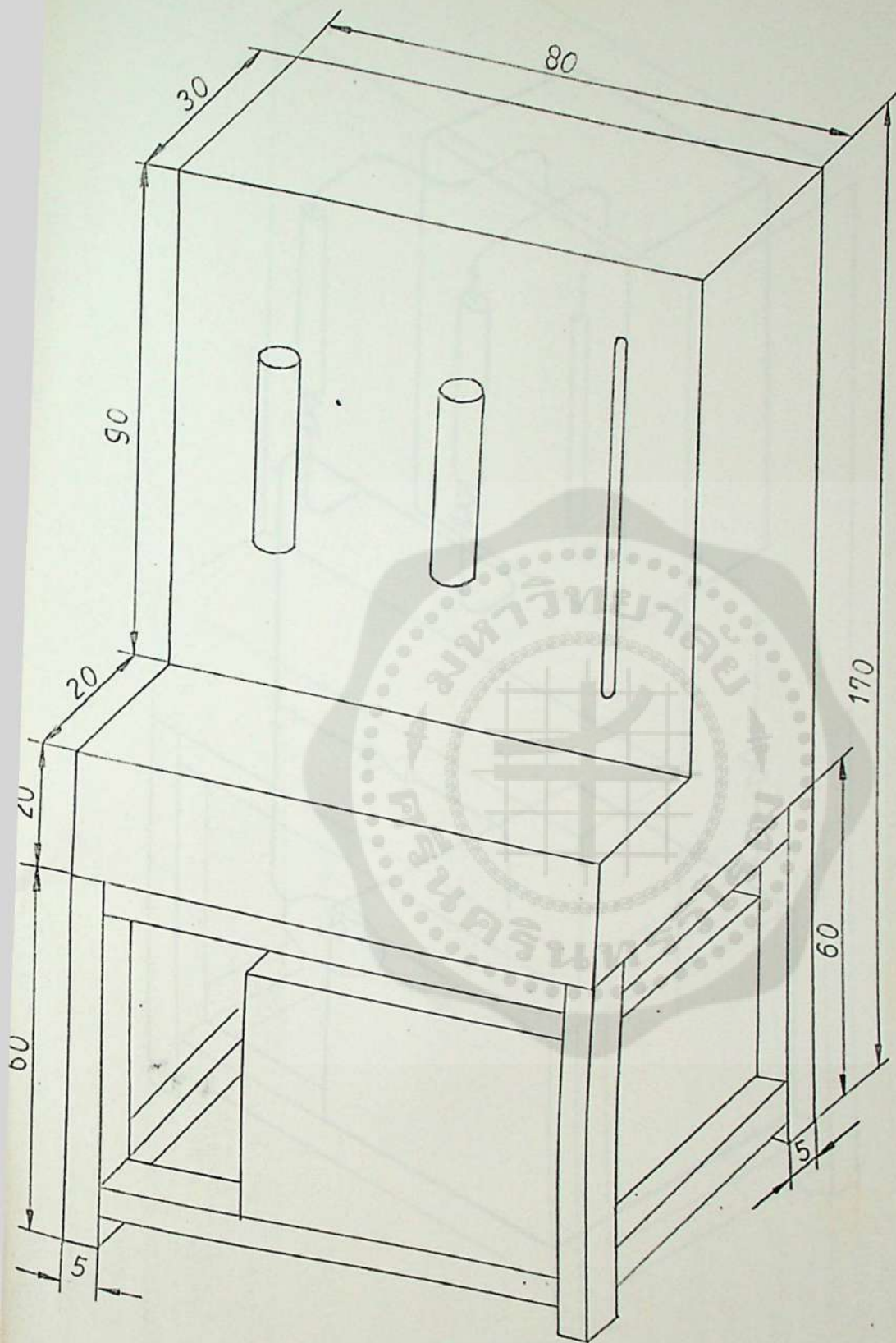
NO.	Q(reading) (l/min)	ระยะ Y (mm.)	Time (sec)	Q (l/min)	% Error Q
1	45	144.5	60.17	44.88	0.28
2	40	134.5	60.81	39.47	1.33
3	35	124.5	60.54	34.69	0.38
4	30	114.5	60.75	29.63	1.25
5	25	104.5	60.97	24.60	1.60
6	20	94.5	60.62	19.79	1.02

ข้อมูลในการทดลองที่ 2 (รูปทรงกรวย)

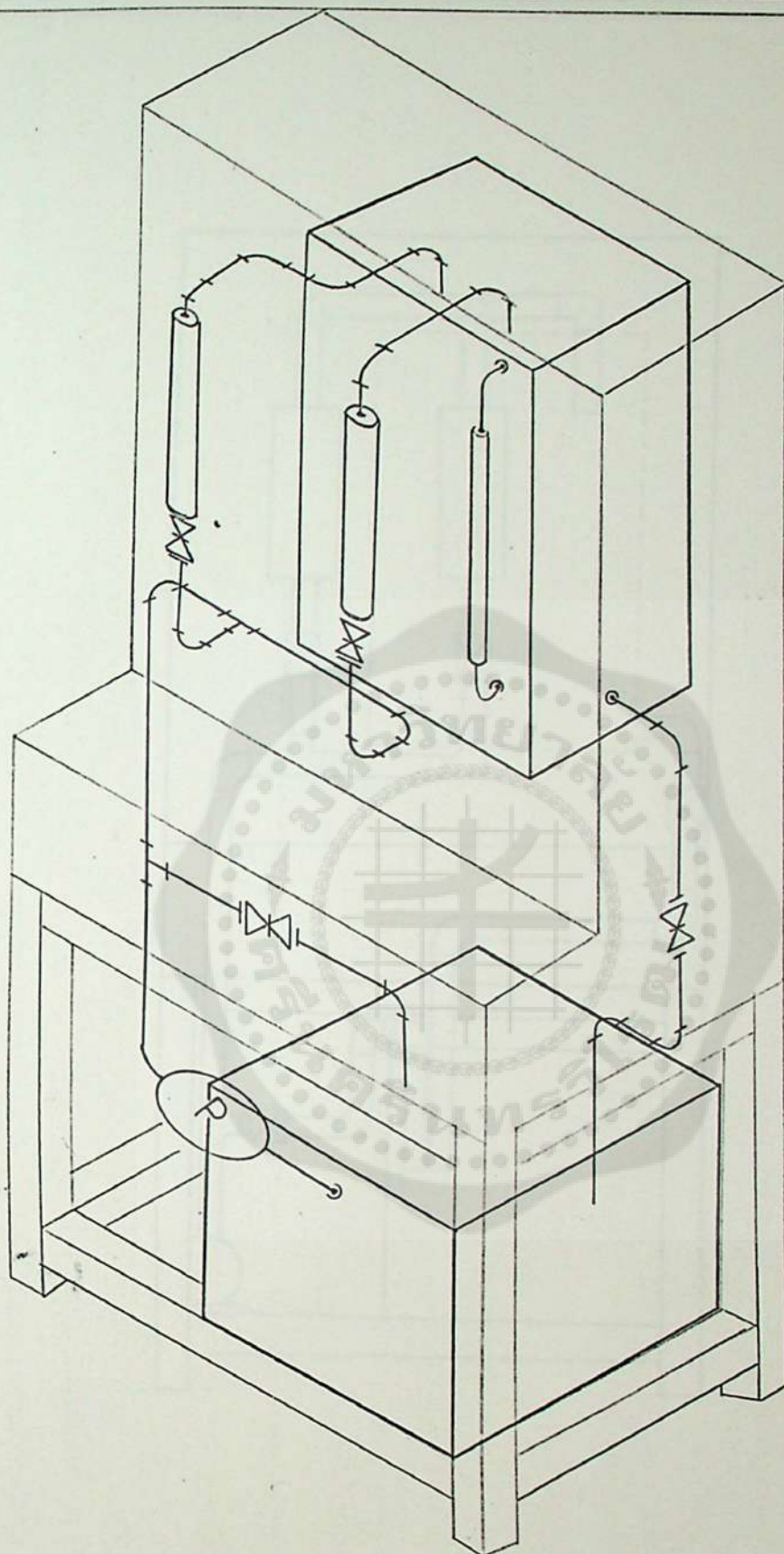
1. ปั้มน้ำขนาด 0.5 HP. อัตราการไหล 15-70 l/min. Head 12.5-20 m.
2. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางเข้า 22.05 mm.
3. Rotameter ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อทางออก 40.3 mm.
4. ถังเปรียบเทียบ (Calibrate Tank) มีค่า 60 ลิตร
5. ลูกลอยเป็นแบบรูปทรงกรวย
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย 22.1 mm.
7. น้ำหนักของลูกลอย 45.5 g.

ตารางที่ 28

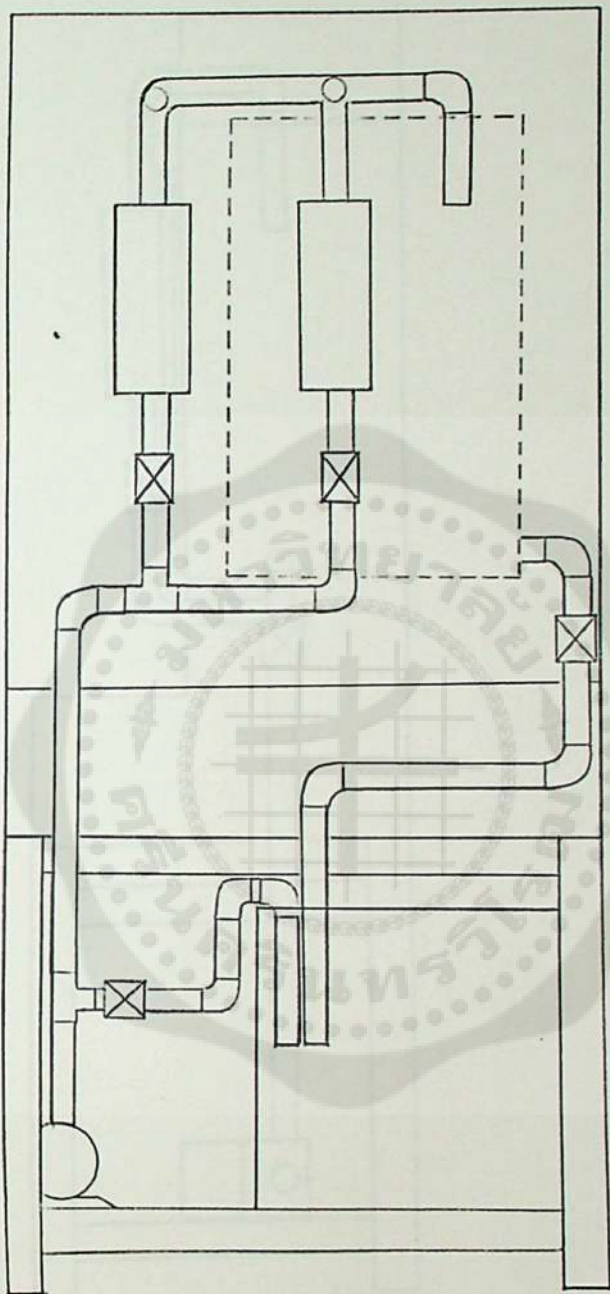
NO.	Q(reading) (l/min)	ระยะ Y (mm.)	Time (sec)	Q (l/min)	% Error Q
1	45	144.5	60.00	45.00	-
2	40	134.5	60.65	39.57	1.07
3	35	124.5	61.09	34.38	1.78
4	30	114.5	60.63	29.69	1.04
5	25	104.5	61.14	24.53	1.85
6	20	94.5	60.81	19.73	1.35



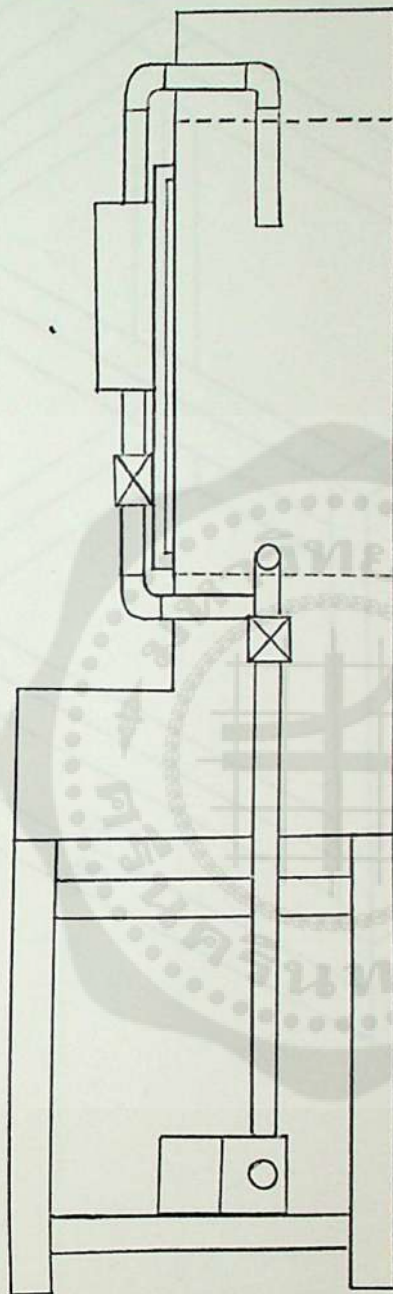
No.		REV.		PART NAME		REQ'D		MATERIAL	
				ROTAMETER PANEL		-		-	
SIZE A4				SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY					
SCALE				TITLE ROTAMETER					
DATE		DRAWN		DATE					



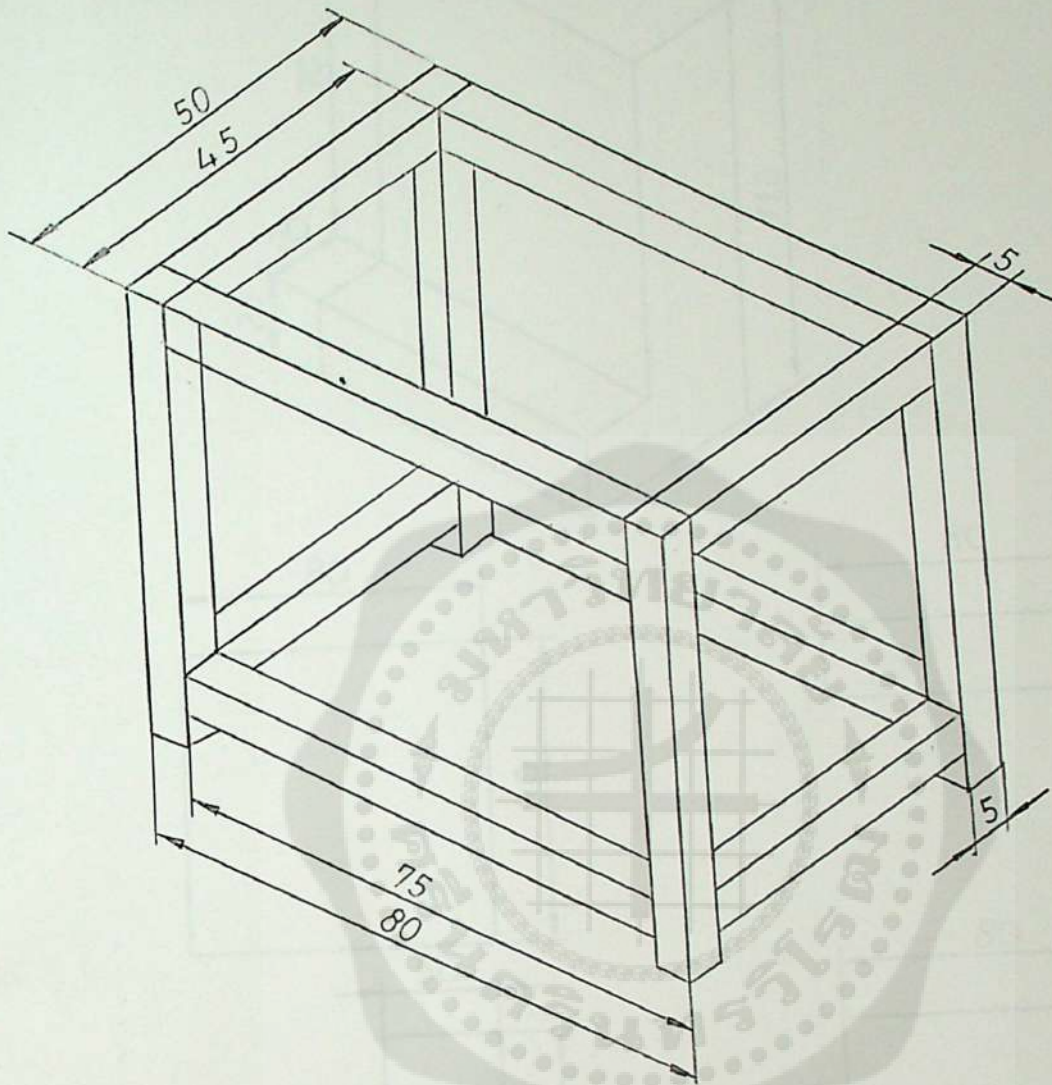
DWG No.		REV.		No.	PART NAME	REQ.D	MATERIAL
SHEET OF		SIZE	PART No.	PIPING DIAGRAM			
CHECKED		A4		SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY			
DATE		SCALE		TITLE			
DESIGN		DRAWN	DATE	ROTAMETER			



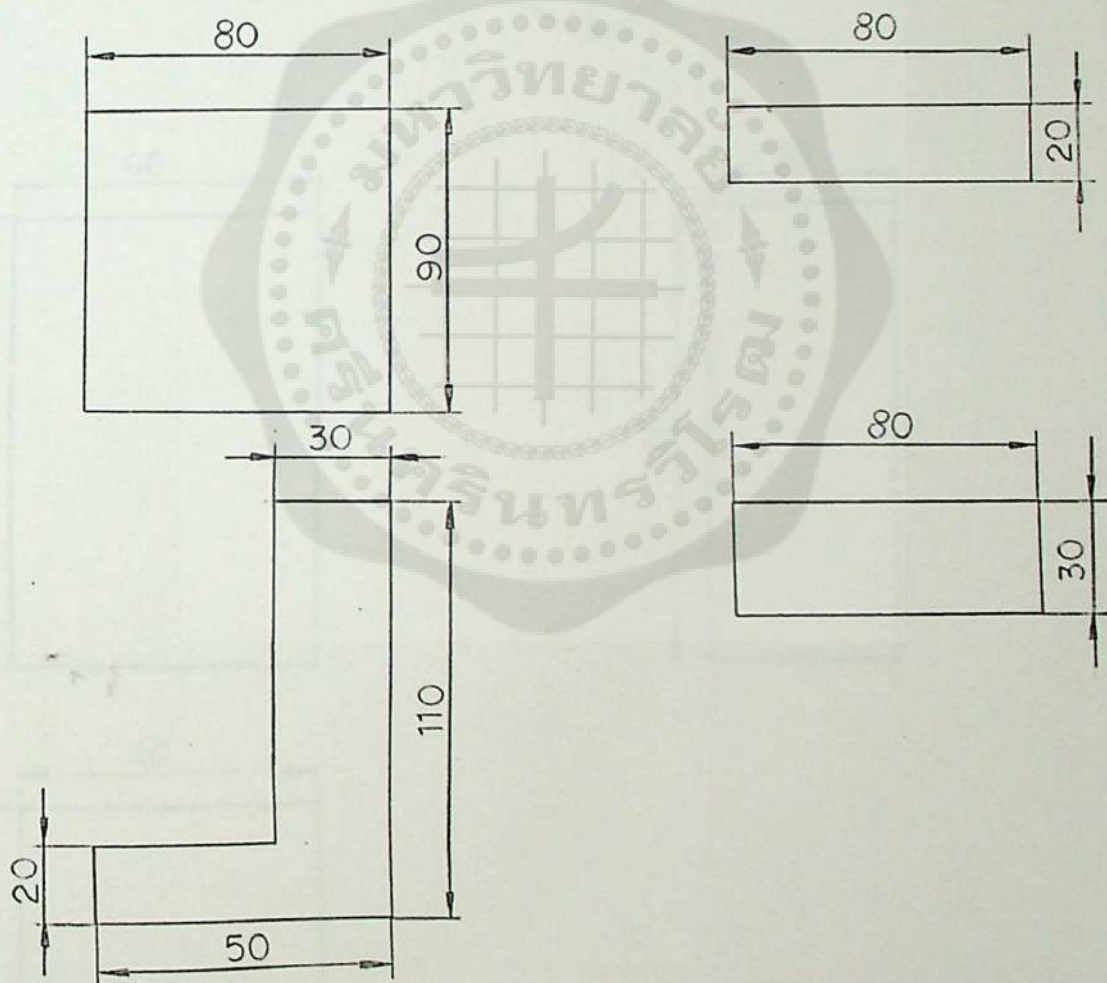
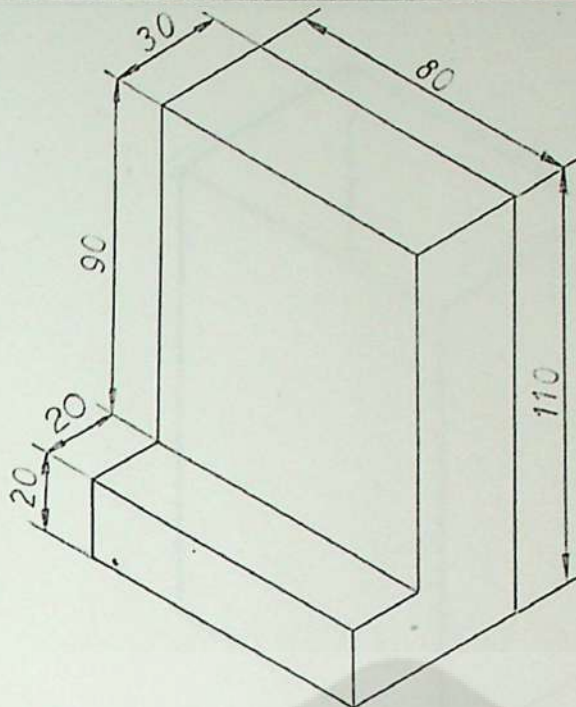
DWG No.		REV.		No.	PART NAME PIPING	REQ.D -	MATERIAL -
SHEET	OF	SIZE A4	PART No.	SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY			
CHECKED	DATE	SCALE		TITLE ROTAMETER			
DESIGN	DATE	DRAWN	DATE				



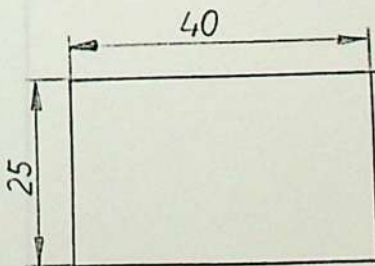
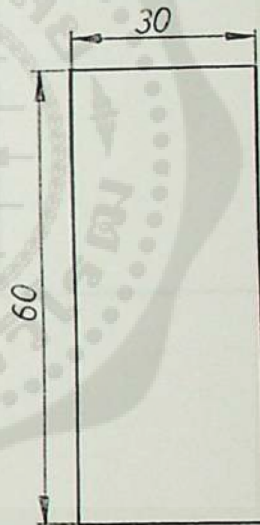
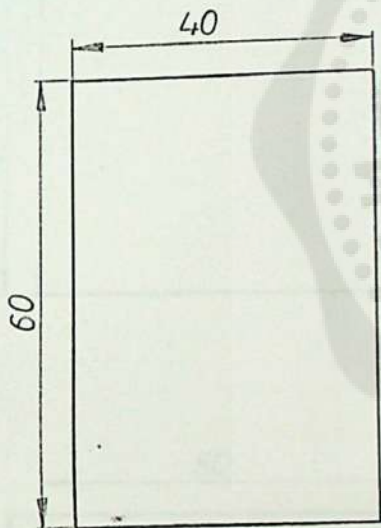
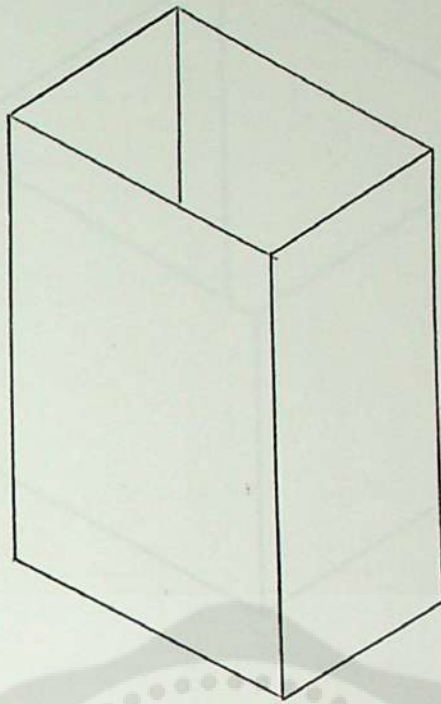
DWG No.		REV.		No.	PART NAME PIPING	REQ.D —	MATERIAL —
SHEET OF		SIZE A4	PART No.	SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY			
CHECKED	DATE	SCALE		TITLE ROTAMETER			
DESIGN	DATE	DRAWN	DATE				



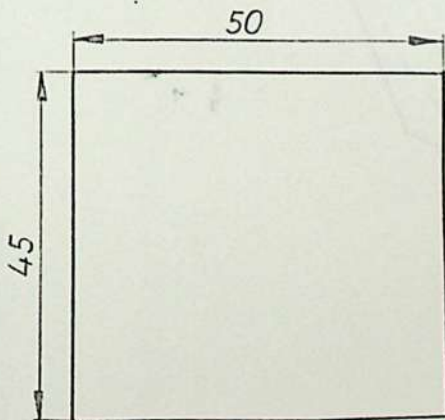
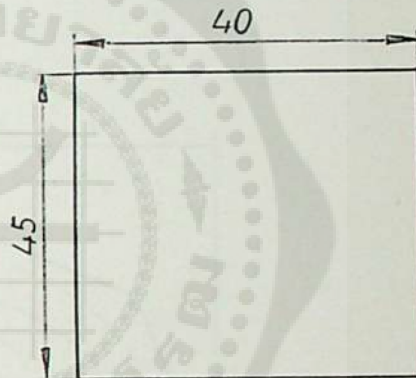
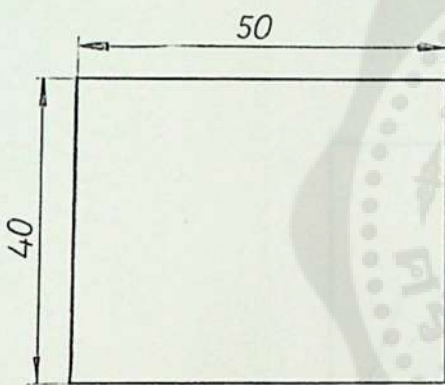
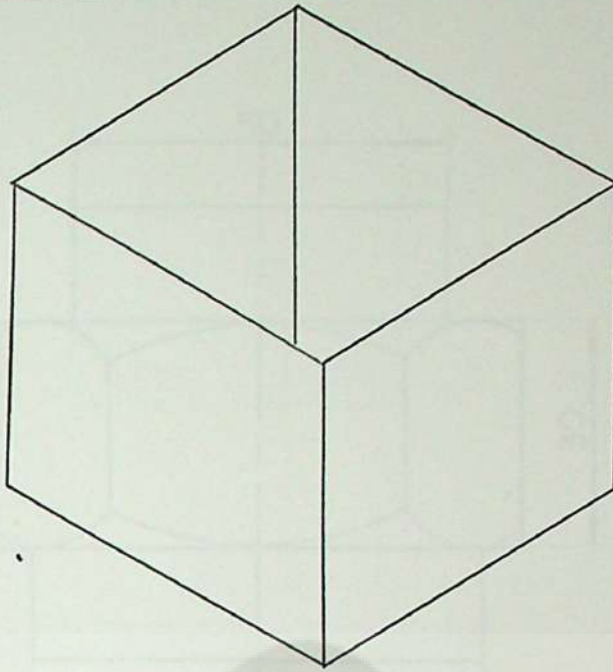
DWG No.		REV.		No.	PART NAME	REQ.D	MATERIAL
CLIENT OF		SIZE	PART No.	TABLE			St-50x50x65
CHECKED		DATE	SCALE	SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY			
DESIGN		DATE	DRAWN	TITLE			
				ROTAMETER			



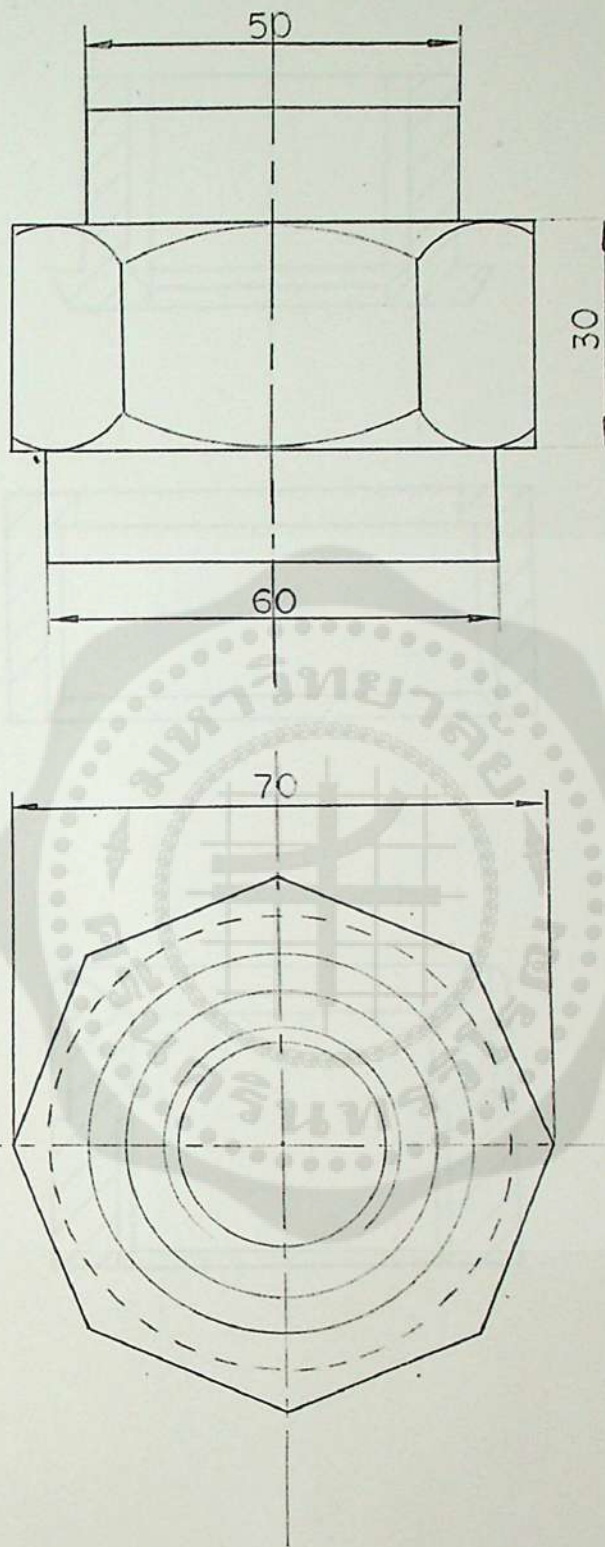
DWG No.		REV.		No.	PART NAME	REQ.D	MATERIAL
SHEET		SIZE		PLANE			
OF		PART No.		St-2 ^t			
CHECKED		A4		SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY			
DATE		SCALE		TITLE			
DESIGN		DRAWN		ROTAMETER			
DATE		DATE					



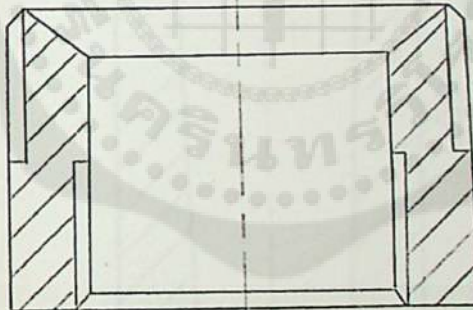
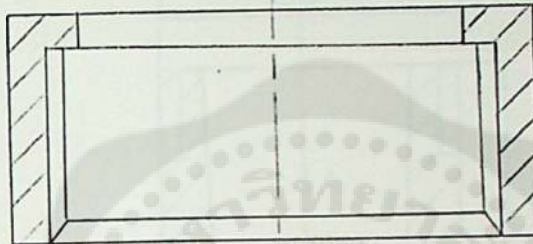
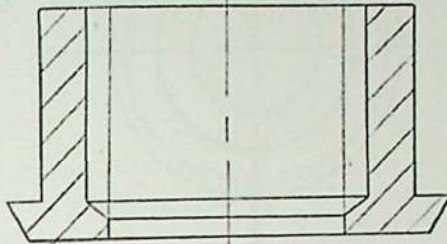
DWG No.		REV.		No.	PART NAME	REQ.D	MATERIAL
SHEET OF		SIZE	PART No.	CALIBRATE TANK			SUS SHEET ²
CHECKED		DATE	SCALE	SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY			
DESIGN		DATE	DRAWN	DATE	TITLE		
					ROTAMETER		



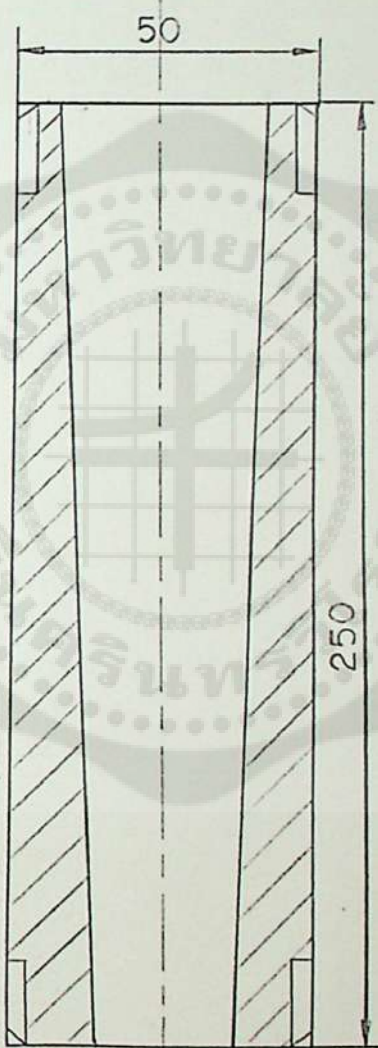
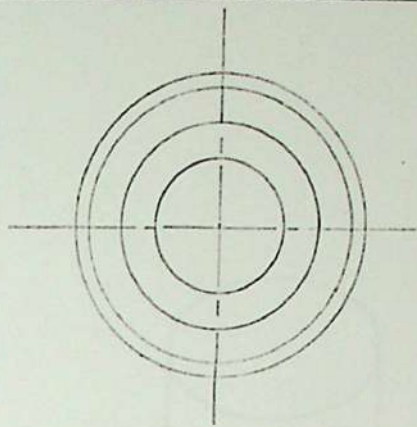
DWG No.		REV.		No.	PART NAME	REQ.D	MATERIAL
					STOCK TANK		SUS SHEET 2 ^t
SHEET OF		SIZE	PART No.	SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY			
		A4		TITLE			
CHECKED	DATE	SCALE	ROTAMETER				
DESIGN	DATE	DRAWN	DATE				



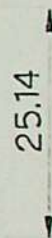
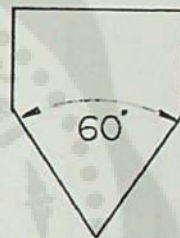
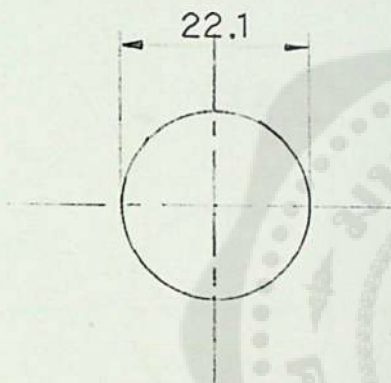
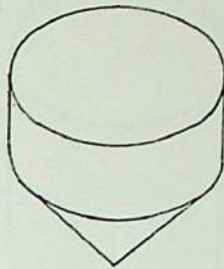
DWG No.		REV.		No.	PART NAME UNION	REQ.D	MATERIAL NYLON
SHEET OF		SIZE A4	PART No.	SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY			
CHECKED	DATE	SCALE		TITLE ROTAMETER			
DESIGN	DATE	DRAWN	DATE				



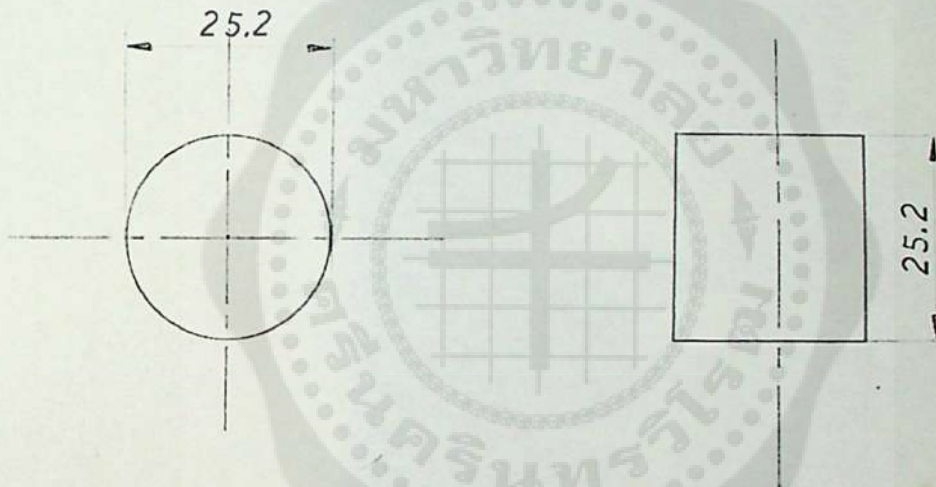
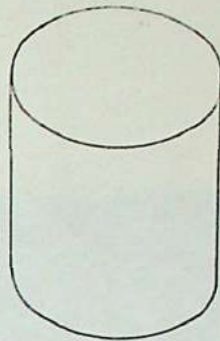
DWG No.		REV.		No.	PART NAME	REQ.D	MATERIAL
SHEET		OF		UNION SECTION		-	NYLON
SIZE		PART No.		SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY			
A4							
CHECKED	DATE	SCALE		TITLE			
DESIGN	DATE	DRAWN					
		DATE		ROTAMETER			



DWG No.		REV.		No.	PART NAME	REQ.D	MATERIAL
SHEET OF		SIZE	PART No.	ROTAMETER SECTION -			
CHECKED		DATE	SCALE	SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY			
DESIGN		DATE	DRAWN	DATE	TITLE		
					ROTAMETER		



DWG No.		REV.		No.	PART NAME FLOAT	REQ,D	MATERIAL
SHEET OF		SIZE A4	PART No.	SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY			
CHECKED	DATE	SCALE		TITLE ROTAMETER			
DESIGN	DATE	DRAWN	DATE				



No.		PART NAME		REQ.D		MATERIAL	
		FLOAT					
SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY							
TITLE				ROTAMETER			
VG No.		REV.					
EET OF		SIZE		PART No.			
		A4					
CHECKED		DATE		SCALE			
SIGN		DATE		DRAWN		DATE	



รูปแบบโครงงานวิศวกรรมศาสตร์ที่สมบูรณ์



รูปโรตاميเตอร์แบบลูกลอยรูปทรงกระบอก



รูปโรตاميเตอร์แบบลูกลอยรูปทรงกรวย

ประวัติผู้จัดทำโครงการวิศวกรรมศาสตร์

ชื่อ นายวาสนา สายสี

ที่อยู่ปัจจุบัน 708/11 ซ. ต.บางปลาสร้อย อ.เมือง จ.ชลบุรี 20000

การศึกษา ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ ชลบุรี)

ชื่อ นายสุรพงษ์ ฐานะประสิทธิ์

ที่อยู่ปัจจุบัน 41/1 หมู่ 3 ต.หนองตำลึง อ.พานทอง จ.ชลบุรี 20160

การศึกษา ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ ชลบุรี)

ชื่อ นายสถาพร วิวัฒน์ไผตรี

ที่อยู่ปัจจุบัน 29/6 หมู่ 15 ต.บางค้วน เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ

การศึกษา ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (วิทยาลัยเทคนิคกรุงเทพ กรุงเทพฯ)