



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)

ปริญญา

วิศวกรรมเครื่องกล

วิศวกรรมเครื่องกล

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของปั้มน้ำแบบก้นหอย

Improvement of Volumetric Efficiency of a Scroll Pump

นามผู้วิจัย นายปณิตพล พิชโรต

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิชัย กฤษไมตรี, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์คุณยุต เอี่ยมสะอาด, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์ชวลิต กิตติชัยการ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

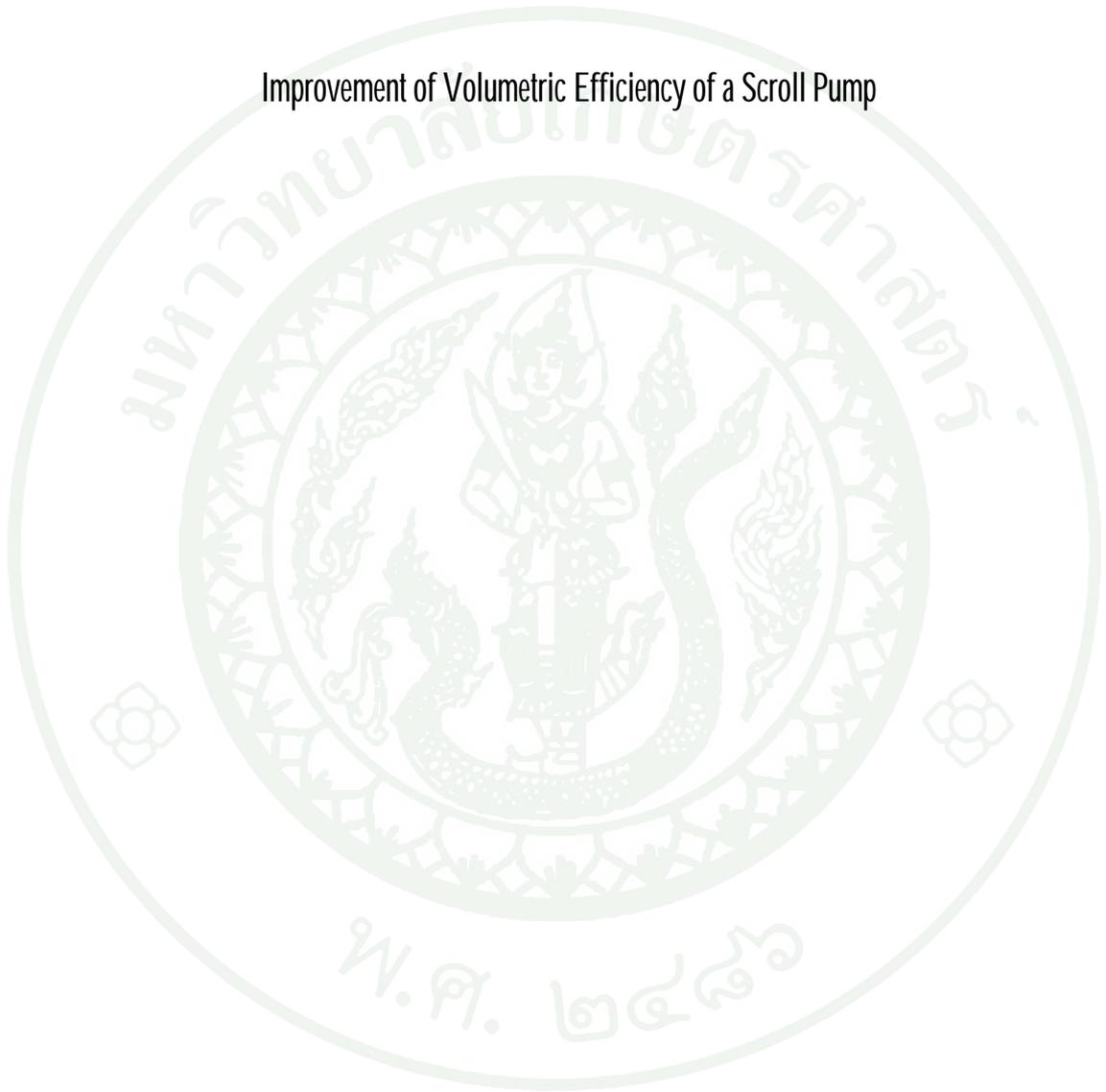
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

ปั้มน้ำแบบก้นหอย

Improvement of Volumetric Efficiency of a Scroll Pump



เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญา ()
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
. . 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2553:

ปั้มน้ำแบบก้นหอย

()

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์
, Ph.D. 96 หน้า

ได้ออกแบบ ปั้มน้ำแบบก้นหอยให้มีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรดีขึ้น
โดยใช้ซอฟต์แวร์ MATLAB ค่าสัมประสิทธิ์ก้นหอย (α) เท่ากับ 1.5 มิลลิเมตร และค่า
ความแตกต่างของมุมเริ่มต้นการโค้ง (β) เท่ากับ 0.3π เพื่อสร้างสมการเส้นเวียนก้นหอย
ใช้ซอฟต์แวร์ SolidWorks สร้างแบบจำลองปั้มน้ำแบบก้นหอย แล้วจึงนำไป
กัดขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรซีเอ็นซี ได้ออกแบบและสร้างตาม
ตสาหกรรมญี่ปุ่น (JIS B 8301) ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าต้นกำลังกระแสตรงขนาด 500 วัตต์
200 700 รอบต่อนาที

การทดสอบในงานวิจัยนี้ แสดงให้เห็นว่า กำลังไฟฟ้าที่ใช้
ของปั้มน้ำแบบก้นหอย โดยที่ค่า
สูงสุด กำลังไฟฟ้าที่ใช้สูงสุด มีค่า 20 ลิตรต่อนาที 12.30 ปอนด์ต่อ
106.08 วัตต์ และ 19.1 เปอร์เซ็นต์ ค่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของ
ปั้มน้ำแบบก้นหอย งานวิจัยนี้มีค่าเฉลี่ย 89.56 เปอร์เซ็นต์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Panitpol Patcharoros 2010: Improvement of Volumetric Efficiency of a Scroll Pump.
Master of Engineering (Mechanical Engineering), Major Field: Mechanical
Engineering, Department of Mechanical Engineering. Thesis Advisor:
Assistant Professor Phichai Kritmaitree, Ph.D. 96 pages.

The research presents design and improvement to increase a volumetric efficiency of a scroll pump. The coordinates of scroll wraps were calculated by MATLAB program when scroll coefficient (α) is 1.5 mm and discrepancy of starting roll angle (β) is 0.3π radian. The scroll pump was modeled by SolidWorks program and constructed by CNC machine. The testing facilities were design and constructed under the Japanese Industrial Standards (JIS B 8301) and used 500 watts AC motor for testing speed at 200 to 700 rpm.

The results showed that the pressure, electric power and total efficiency of scroll pump were inverted with the flow rate. The maximum value of the flow rate, pressure, electric power and total efficiency were 20 L/min, 12.30 psig, 106.08 watts and 19.1%, respectively. The improved average value of volumetric efficiency of a scroll pump was 89.56 %

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
และอาจารย์ ดร. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้แนวคิด
อันเป็นประโยชน์ในการทำ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศาสตราจารย์ ดร.
จันทसारो ผู้ทรงคุณ ที่ให้เกียรติมาร่วมเป็นกรรม สอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านและรุ่นพี่รุ่นน้องที่ให้
ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

รย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน
สนับสนุน ให้คำปรึกษา และให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้
ด้วย

2553

	หน้า
	(1)
	(2)
	(3)
อธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(7)
	1
วัตถุประสงค์	2
	3
อุปกรณ์และวิธีการ	28
อุปกรณ์	28
	41
ผลและวิจารณ์	46
	46
วิจารณ์	54
สรุปและข้อเสนอแนะ	68
	68
ข้อเสนอแนะ	69
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	70
	72
มาตรฐานวิธีการทดสอบปื้มน้ำ	73
ตัวอย่างการคำนวณ	81
รายละเอียดและขนาดของปื้มน้ำแบบก้นหอย	91
	96

1	ผลการทดสอบปั้มน้ำแบบกั้นหอย ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที	52
2	ผลการทดสอบปั้มน้ำแบบกั้นหอย ที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที	52
3	ผลการทดสอบปั้มน้ำแบบกั้นหอย ที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที	52
4	ผลการทดสอบปั้มน้ำแบบกั้นหอย ที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที	53
5	ผลการทดสอบปั้มน้ำแบบกั้นหอย ที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที	53
6	ผลการทดสอบปั้มน้ำแบบกั้นหอย ที่ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที	53
7	ผลการคำนวณประสิทธิภาพรวมของปั้มน้ำ ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที	54
8	ผลการคำนวณประสิทธิภาพรวมของปั้มน้ำ ที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที	54
9	ผลการคำนวณประสิทธิภาพรวมของปั้มน้ำ ที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที	55
10	ผลการคำนวณประสิทธิภาพรวมของปั้มน้ำ 500 รอบต่อนาที	55
11	ผลการคำนวณประสิทธิภาพรวมของปั้มน้ำ ที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที	55
12	ผลการคำนวณประสิทธิภาพรวมของปั้มน้ำ ที่ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที	56
13	ของปั้มน้ำแบบกั้นหอย	65
1	ตารางขอบเขตสูงสุดที่ยอมให้สำหรับความผิดพลาดทั้งหมด	80
1	ผลการคำนวณหาค่าพิกัดเส้นเวียนโค้งภายในและเส้นเวียนโค้งภายนอกของใบพัดกั้นหอยแบบหยุดนิ่ง	84
2	ผลการคำนวณหาค่าพิกัดเส้นเวียนโค้งภายในและเส้นเวียนโค้งภายนอกของใบพัดกั้นหอยแบบเคลื่อนที่	86
3	การคำนวณหาจุดที่มีระยะไกลสุดและระยะใกล้สุดจากจุด (0,0)	88

	หน้า	
1	การจำแนกประเภทปั๊ม	6
2	เส้นเวียนก้นหอยในรูปฟังก์ชันเชิงขั้วต่างๆ	8
3	ตัวอย่างของเส้นเวียนก้นหอยรอบรูปไบพัตก้นหอยที่มุมข้อเหวี่ยง (θ) เท่า 0π 1π	10
4	ตัวอย่างของเส้นเวียนก้นหอยรอบรูปไบพัตก้นหอยที่ค่าความแตกต่างของมุม เริ่มต้นการโค้ง (β) เท่ากับ 0.3π 0.5π	10
5	กระบวนการทำงานของปั๊มน้ำแบบก้นหอยในหนึ่งรอบเพลาคับ	12
6		13
7	คำจำกัดความของเสดสติกซ์	14
8	ตำแหน่งที่เกิดการสูญเสียพลังงานหรือเสดในระบบท่อและอุปกรณ์	15
9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับเสด (H-Q)	16
10	จุดทำงานของปั๊มโดยใช้กราฟ H-Q	17
11	กราฟเสดของระบบเมื่อมีการปรับอัตราการไหลทางท่อจ่าย	18
12	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความเร็วรอบมอเตอร์ของ ปั๊มน้ำแบบอาศัยหลักการแทนที่ของเหลว	19
13	ลงเสดสติกซ์	20
14	ปั๊มน้ำ	21
15	ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบปั๊มน้ำ	25
16	Variable Area Flow Meter	26
17	ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดความดัน	26
18	ตำแหน่งของระนาบอ้างอิงในการคำนวณหัวรวมของปี	27
19	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 500 วัตต์	29
20	อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์	29
21	ชุดกล่องบรรจุอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์และคิมเมอร์	30
22	แบตเตอรี่ชนิดแห้ง ขนาด 12 V 20 Ah	31

(ต่อ)

	หน้า
23 เครื่องชาร์จไฟแบตเตอรี่	31
24 ไบพัดกันหอยแบบหยุดนิ่ง	32
25 ไบพัดกันหอยแบบเคลื่อนที่	32
26 ตัวเรือนปั๊มของไบพัดกันหอยแบบหยุดนิ่ง	33
27 ตัวเรือนปั๊มของไบพัดกันหอยแบบเคลื่อนที่	33
28 ตำแหน่งการหมุนวาล์ว 36	34
29 ตำแหน่งการหมุนวาล์ว 54	34
30 ตำแหน่งการหมุนวาล์ว 72	35
31 ตำแหน่งการหมุนวาล์ว 90	35
32 รูปแบบการติดตั้งชุดบอลวาล์วทำหน้าที่เป็นประตูน้ำ	36
33 เครื่องวัดความดันแบบบูร์ดอง	36
34	37
35	37
36 เครื่องมือวัดความเร็วรอบมอเตอร์	38
37 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า	38
38	39
39 ตำแหน่งการติดตั้งปั๊มน้ำแบบกันหอยและอุปกรณ์ต่างๆในชุดทดสอบ	40
40 ปั๊มน้ำแบบกันหอย	42
41 ตัวอย่างเส้นเวียนโค้งภายในและภายนอกของไบพัดกันหอยที่มุมข้อเหวี่ยง 1.5π	46
42 แบบจำลองไบพัดกันหอยแบบหยุดนิ่ง	47
43 แบบจำลองไบพัดกันหอยแบบเคลื่อนที่	47
44 แบบจำลองตัวเรือนปั๊มของไบพัดกันหอยแบบหยุดนิ่ง	48
45 แบบจำลองตัวเรือนปั๊มของไบพัดกันหอยแบบเคลื่อนที่	48
46 แบบจำลองโอล์ดแฮมริง (Oldham Ring) ของปั๊มน้ำแบบกันหอย	49

(ต่อ)

	หน้า	
47	แบบจำลองชุดทดสอบปั้มน้ำแบบก้นหอย	49
48	ผลการสร้างปั้มน้ำแบบก้นหอย	50
49	ผลการสร้างชุดทดสอบ	50
50	ผลการต่อท่อความดันย้อนกลับ	51
51	ผลการออกแบบท่อด้านดูดและท่อด้านจ่าย	51
52	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอัตราการ (H-Q Curve)	57
53	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ใช้กับ	58
54	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพรวมของปั้ม	58
55	สมรรถนะของปั้ม แบบก้นหอยที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที	59
56	สมรรถนะของปั้ม แบบก้นหอยที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที	60
57	สมรรถนะของปั้ม แบบก้นหอยที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที	60
58	สมรรถนะของปั้ม แบบก้นหอยที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที	61
59	สมรรถนะของปั้ม แบบก้นหอยที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที	61
60	สมรรถนะของปั้มน้ำแบบก้นหอยที่ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที	62
61	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบมอเตอร์	63
62	1 รอบการหมุนของมอเตอร์	64
63	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล	65
64	การสังเกตบริเวณที่เกิดการสึกหรอภายในตัวปั้ม	67
65	การสึกหรอของสลักโอลด์แฮมริง (Oldham ring)	67

(ต่อ)

	หน้า
1 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบปั้มน้ำ	76
2 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดความดันในกรณีที่สามารถวัดค่าเสดทางด้านสูบได้	77
3 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดความดันในกรณีที่ไม่สามารถวัดค่าเสดทางด้านสูบได้	78
1 เส้นเวียนโค้งภายในและภายนอกของใบพัดกันหอยที่มุมข้อเหวี่ยง π	87
1 ขนาดใบพัดกันหอยแบบหยุดนิ่ง	92
2 ขนาดใบพัดกันหอยแบบเคลื่อนที่	92
3 ขนาดตัวเรือนปั้มน้ำของใบพัดกันหอยแบบหยุดนิ่ง	93
4 ขนาดตัวเรือนปั้มน้ำของใบพัดกันหอยแบบเคลื่อนที่	93
5 ขนาดโอล์ดแฮมริง (Oldham Ring) ของปั้มน้ำแบบกันหอย	94
6 (Shaft) ของปั้มน้ำแบบกันหอย	94
7	95
8 ภาพประกอบปั้มน้ำแบบกันหอย	95

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

a	=	สัมประสิทธิ์เส้นเวียนก้นหอย (Spiral Coefficient)
Bhp	=	แรงม้าของต้นกำลัง (Brake Horsepower)
g	=	ความเร่งเฉลี่ยของแรงโน้มถ่วง
gpm	=	(หน่วยเป็นแกลลอนต่อนาที)
h	=	ความสูงระหว่างผิวน้ำกับศูนย์กลางของท่อส่ง
h_d	=	ความสูงด้านส่งวัดจากระนาบอ้างอิง
h_s	=	ความสูงด้านดูดวัดจากระนาบอ้างอิง
H_t	=	เสถรวมของปั้มน้ำ (Total Head)
k	=	ความลาดเอียงของเส้นเวียนก้นหอย (Pitch)
Q	=	(Flow Rate)
r	=	
V_d	=	ความเร็วเฉลี่ยของของเหลวที่ตำแหน่งวัดความดันด้านส่ง
V_s	=	ความเร็วเฉลี่ยของของเหลวที่ตำแหน่งวัดความดันด้านดูด
W	=	กำลังไฟฟ้าที่ใช้
Whp	=	แรงม้าทางทฤษฎี (Theoretical Horsepower)
x	=	x
y	=	y
ϕ	=	มุมม้วนของเส้นเวียนก้นหอย (Involute Angle)
α	=	สัมประสิทธิ์ก้นหอย (Scroll Coefficient)
β	=	ค่าความแตกต่างของมุมเริ่มต้นการโค้ง (Discrepancy of Starting Rolls Angle)
γ	=	$\alpha(\pi - \beta)$
θ	=	มุมข้อเหวี่ยง (Crank Angle)
λ	=	ตำแหน่งมุม (Position Angle)
v	=	
η_m	=	ประสิทธิภาพของมอเตอร์
η_p	=	ประสิทธิภาพของปั้มน้ำ
η_t	=	ของปั้มน้ำ (Total Efficiency)
η_v	=	ของปั้มน้ำ (Volumetric Efficiency)

Improvement of Volumetric Efficiency of a Scroll Pump

ปั้มน้ำ เป็นเครื่องมือกลที่ทำหน้าที่เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว เพื่อให้ของเหลวนั้นไหลผ่านระบบท่อปิดจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ตามต้องการ พลังงานที่นำมาเพิ่มให้ของเหลวนั้นอาจได้มาจากเครื่องยนต์ มอเตอร์ แรงลม แรงคน หรือพลังงานจากแหล่งอื่นๆก็ได้ ปัจจุบันมีการผลิตปั้มนอกมามากหลายรูปแบบ ซึ่งสามารถแยกประเภทของปั้มจากลักษณะของพลังงานที่ให้แก่ของไหลได้ 2 ประเภทคือ ปั้มน้ำแบบอาศัยหลักการไหลต่อเนื่อง (Dynamics Pump) และ ปั้มน้ำแบบ (Positive Displacement Pump) การทำงานของปั้มทั้งสองประเภทถ่ายเทพลังงานกลจากต้นกำลังไปยังของไหล เพื่อเพิ่มพลังงานจลน์และความดัน ปั้มน้ำแต่ละประเภทจะมีหลักการทำงานดังกล่าวแตกต่างกันออกไป

ปั้มน้ำแบบก้นหอย เป็นปั้มน้ำชนิดใหม่จัดอยู่ในประเภทปั้มน้ำแบบ (Positive Displacement Pump) การออกแบบปั้มน้ำแบบก้นหอยได้แนวคิดและดัดแปลงมาจาก คอมเพรสเซอร์แบบก้นหอย ซึ่งปั้มน้ำแบบก้นหอยที่ทำการออกแบบและสร้าง ประกอบด้วยใบพัดก้นหอย 2 ใบพัด ที่มีลักษณะเส้นเวียนก้นหอยเหมือนกัน แต่หมุนวนในทิศทางตรงกันข้าม หันเข้าประกบกัน ก้นหอย (Fixed Scroll) เป็นใบพัดที่ยึดติดอยู่กับตัวเรือนปั้ม ไม่เคลื่อนที่ และใบพัดก้นหอยแบบ (Orbiting Scroll) เป็นใบพัดที่มีการเคลื่อนที่ตาม (Shaft) เยื้องศูนย์กลาง ซึ่งทำให้เกิดช่องว่างขึ้นระหว่าง ก้นหอย ทำให้ของเหลวถูกเพิ่มความดันและจ่ายออกจากปั้มเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ต่อไปได้

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบ ปั้มน้ำแบบก้นหอย มอเตอร์ 200 700 รอบต่อนาที เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังไฟฟ้าที่ใช้ พร้อมทั้งคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงปริมาตร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการ ปั้มน้ำแบบก้นหอยให้มีประสิทธิภาพดี

วัตถุประสงค์

1. ป้อนน้ำแบบก้นหอยให้มีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรดีขึ้น
2. บและสร้างชุดทดสอบ ประสิทธิภาพการทำงานของป้อนน้ำแบบก้นหอย
3. ของป้อนน้ำแบบก้นหอย

1. มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบและสร้างชุดทดสอบป้อนน้ำแบบก้นหอย คือ JIS B 8301
2. ความเร็วรอบมอเตอร์สูงสุดที่ใช้ในการทดสอบ คือ 700 รอบต่อนาที

ที่เกี่ยวข้อง

การประดิษฐ์คิกคั่นปั๊มแบบกันหอย
Research Institute (JAERI) ของประเทศญี่ปุ่นต้องการออกแบบระบบหมุนเวียนไฮโดรเจนเหลว
โดยการปั๊มไฮโดรเจนเหลวที่ผ่านการใช้งานแล้วกลับมาใช้ใหม่แทนที่จะปล่อยทิ้งไป
ใช้ไฮโดรเจนเหลวเป็นวัสดุโมเดอเรเตอร์ (Moderator) (Neutron)
ไฮโดรเจนเหลวจะไหลเข้าไปใน Cold moderator เพื่อถ่ายโอนความร้อนแล้วไหลออกมา หลักการ
Cold moderator จัดเรียงระดับพลังงานของนิวตรอนกับค่าพิคค ซึ่งสมรรถนะ
ของนิวตรอนนั้นจะขึ้นอยู่กับ Cold moderator ดังนั้นในระบบจะต้องควบคุมให้การหมุนเวียน
ไฮโดรเจนเหลวคงที่สม่ำเสมอ โดยไม่ให้มีการไหล เพอร์เทอร์เบชัน (Perturbation)
ให้มีการไหล เพอร์เทอร์เบชันน้อยที่
Cold moderator ส่งผลต่อสมรรถนะของนิวตรอน (Kritmaitree et al., 2000, 2002b)

JAERI ได้ใช้ปั๊มหอยโข่งความเร็วสูง ปั๊มไฮโดรเจนเหลว
เพื่อส่งไปยัง Cold moderator Cold moderator จะขึ้นอยู่กับ การไหล อุณหภูมิ
และความดันของไฮโดรเจนเหลว ซึ่งการใช้ปั๊มหอยโข่งความเร็วสูง ปั๊มไฮโดรเจนเหลว
อาจทำให้เกิดโพรง (Cavitations) ที่บริเวณใบพัดของปั๊มหอยโข่งได้ง่าย การ ก่อให้เกิด
เพอร์เทอร์เบชัน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิของไฮโดรเจนเหลว
ปรากฏการณ์นี้อาจทำให้เกิดการแกว่งของความดันอย่างรุนแรง ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อระบบ
หมุนเวียนไฮโดรเจนเหลวนี้ได้ ดังนั้นการใช้ปั๊มหอยโข่งความเร็วสูงจึงไม่เหมาะกับระบบ
หมุนเวียนไฮโดรเจนเหลว ต่อมาจึงได้ ใช้เกียร์ปั๊ม (Gear pump) แต่ข้อเสีย
เกียร์ปั๊ม มีปริมาตรกระจัดน้อย จึงต้องทำงานที่ความเร็วสูงมากเพื่อให้ได้อัตราการไหล
ตามที่ต้องการไว้ และยิ่งกว่านั้นเกียร์ปั๊มประกอบด้วยส่วนที่มีการเคลื่อนที่อยู่มากส่วน ซึ่งจะต้อง
ออกแบบวัสดุกันรั่วสำหรับเกียร์ปั๊ม ไว้เป็นอย่างดี (Kritmaitree et al., 2000, 2002b)

JAERI ปั๊มแบบกันหอยขึ้น เพราะปั๊มแบบกันหอยนี้มีปริมาตร
กระจัดมากกว่าเกียร์ปั๊ม มีชิ้นส่วน น้อย ไม่มีวาล์ว การสิ้นเสือน้อย ง่ายต่อการ
ถ่วงดุล เบากว่าเกียร์ปั๊ม สำคัญคือปั๊มแบบกันหอย

หมุนเวียนไฮโดรเจนเหลวอย่างคงที่ เนื่องจาก ลักษณะเด่น ได้แก่ การไหลแบบ
ที่ความเร็วต่ำ และสามารถปรับหรือควบคุมอัตราการไหลได้ (Kritmaitree et al.,2000, 2002b)

(2548) ได้ ะห์ความเสียหายของใบพัดกั้นหอยของปั๊มแบบกั้นหอย
ซึ่งในงานวิจัยได้ใช้ซอฟต์แวร์ COSMOSDesignSTAR™

วิเคราะห์ความเสียหายของใบพัดกั้นหอย โดยแบบจำลองที่นำมาศึกษาจะแปรผันค่าความสูง
ของใบพัดกั้นหอย (h) ตั้งแต่ 10 100 . และค่าความแตกต่างของมุมเริ่มต้นการโค้ง (β)
ของใบพัดกั้นหอย, β) ตั้งแต่ 0.1 0.9 π ผลจากการศึกษาพบว่า ความเค้นที่เกิดขึ้น
บนใบพัดกั้นหอยขึ้นกับความดันที่มากกระทำ

รอบการเคลื่อนที่ที่ความสูงและความหนาของใบพัดกั้นหอยแต่ละขนาดมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งถ้า
พิจารณาความดันสูงสุดที่ปั๊มแบบกั้นหอยสามารถทนได้จากการเปลี่ยนแปลงความสูงของใบพัด
กั้นหอยที่ค่าความแตกต่างของมุมเริ่มต้นการโค้งต่างๆ พบว่า ที่ปั๊มแบบกั้นหอย
สามารถทนได้ มีแนวโน้มลดลงตามความสูงของใบพัดกั้นหอยที่เพิ่มขึ้น ในลักษณะสมการ

และถ้าพิจารณาความดันสูงสุดที่ปั๊มแบบกั้นหอยสามารถทนได้จากการเปลี่ยนแปลงค่า
ต่างของมุมเริ่มต้นการโค้งที่ค่าความสูงของใบพัดกั้นหอยหนึ่งๆ พบว่าความดันสูง
ปั๊มแบบกั้นหอยสามารถทนได้ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามค่าความต่างของมุมเริ่มต้นการโค้งที่เพิ่มขึ้น

จิรวัดน์ (2552) ได้ทำ และทดสอบปั๊ม บบกั้นหอย ความสัมพันธ์
ระหว่างอัตราการไหล ประสิทธิภาพของปั๊มน้ำ ใช้
675 750 825 900 975 1,050 รอบต่อนาที สร้าง
ปั๊มน้ำแบบกั้นหอยได้ใช้สมการเส้นเวียนโค้งภายในและภายนอกของปั๊มน้ำแบบกั้นหอย ค่า
สัมประสิทธิ์กั้นหอย (α) เท่ากับ 3 ค่าความแตกต่างของมุมเริ่มต้นการโค้ง (β)
เท่ากับ 0.5 π ผลจากการศึกษาพบว่า
ปั๊มน้ำแบบกั้นหอยจะเพิ่มขึ้น รอบการหมุนของมอเตอร์ ค่า
และประสิทธิภาพ มีค่าเท่า 195 ลิตรต่อนาที 9 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว 22.66 เปอร์เซ็นต์
ซึ่งค่าเหล่านี้เกิดขึ้น มอเตอร์ 1,050 รอบต่อนาที และค่าประสิทธิภาพ
เชิงปริมาตรของปั๊มน้ำแบบกั้นหอยในงานวิจัยนี้มีค่าเฉลี่ย 81.27 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุหลักที่ทำให้
ปั๊มที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้มีค่าต่ำ คือ การสูญเสียเนื่องจากการรั่วของน้ำบริเวณ
หลังตัวเรือนปั๊มและ ระหว่าง ปั๊มขณะทำงาน

การจำแนกประเภทปั๊มน้ำ

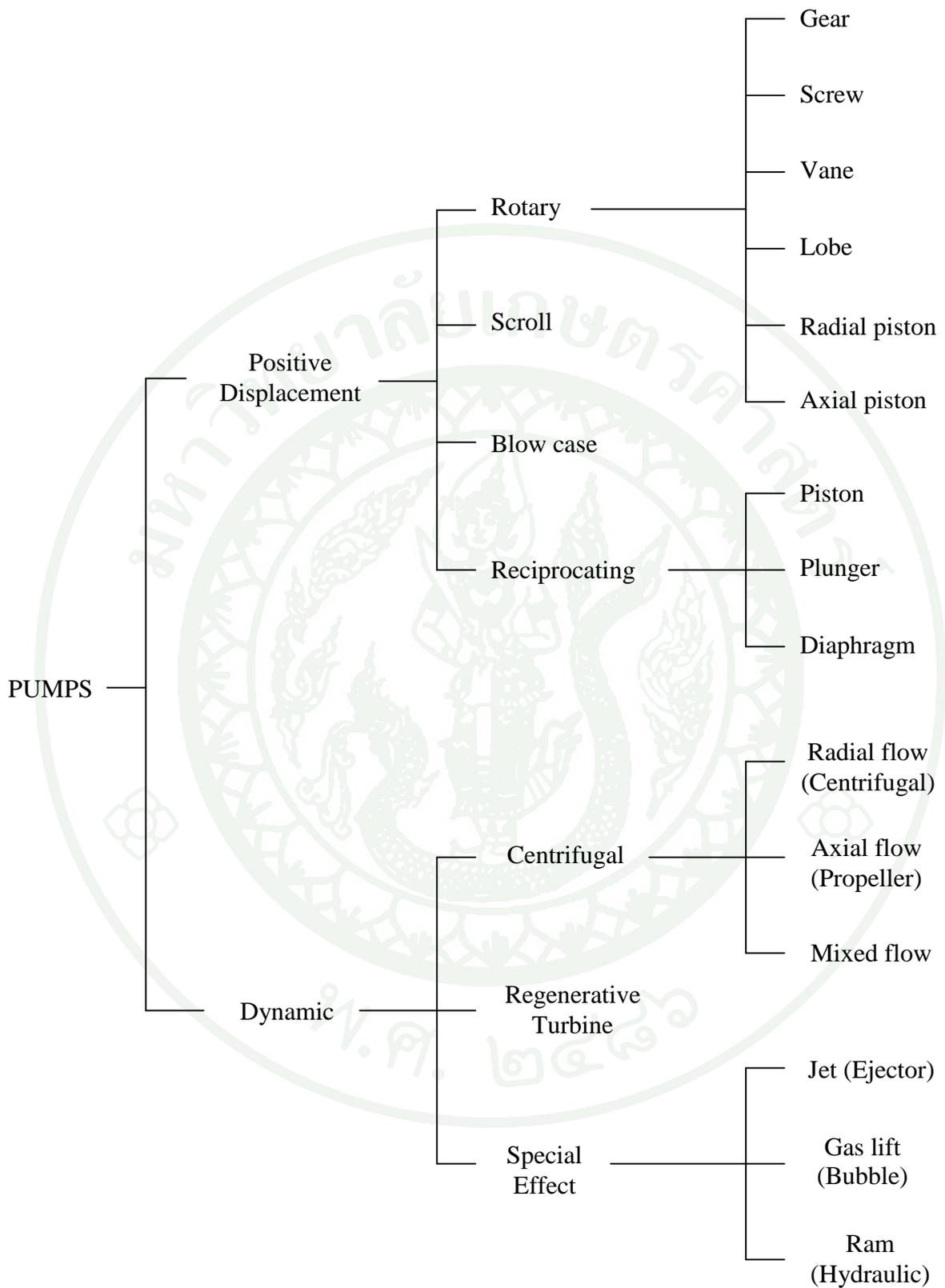
ปั๊มน้ำ เป็นเครื่องมือกลที่ทำหน้าที่เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว เพื่อให้ของเหลวนั้นไหลผ่านระบบท่อปิดจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ตามต้องการ พลังงานที่นำมาเพิ่มให้ของเหลวนั้นอาจได้มาจากเครื่องยนต์ มอเตอร์ แรงลม แรงคน หรือพลังงานจากแหล่งอื่นๆก็ได้ (วิบูลย์, 2529)

ปัจจุบันได้มีการผลิตปั๊มมากมายหลายชนิด และมีการเรียกชื่อที่แตกต่างกันออกไป จนบางครั้งอาจเกิดความสับสน ดังนั้นจึงมีการจัดหมวดหมู่เพื่อให้สามารถแยกประเภทของปั๊มได้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยการแบ่งประเภทของปั๊มน้ำที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันวิธีหนึ่ง คือ การแบ่งประเภทโดยพิจารณาการขับเคลื่อนของไหลภายในปั๊ม แบ่งเป็น 2

1. ปั๊ม การไหลต่อเนื่อง (Dynamic Pump) คือ ปั๊มที่มีการเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว โดยการเพิ่มความเร็วให้ของเหลวก่อน แล้วหลังจากนั้นจะลดความเร็วของของเหลวลง เพื่อเปลี่ยนพลังงานจลน์เป็นพลังงานศักย์ หรือพลังงานความดันที่ปากท่อส่ง ซึ่งเป็นหลักการที่สำคัญของปั๊มชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Pump)

2. ปั๊ม (Positive Displacement Pump) คือ ปั๊มที่เพิ่มพลังงานให้ของเหลว โดยใช้ชิ้นส่วนเคลื่อนที่อัดหรือดันของเหลวภายในปริมาตรปิดให้มีความดันสูงขึ้นพอที่จะไหลผ่านลิ้นหรือช่องออกไปสู่ท่อส่งได้ ซึ่งเป็นหลักการที่สำคัญของปั๊มแบบก้นหอย (Scroll pump)

ปั๊มแต่ละประเภทยังมีหลักการทำงานดังกล่าวแตกต่างกันออกไป ทำให้ความสามารถในการสร้างความดันให้แก่ของไหลแตกต่างกันไปด้วย นอกจากการแบ่งประเภทสองแบบตามที่กล่าวข้างต้นแล้ว ยังอาจแบ่งปั๊มตามวัตถุประสงค์การใช้งานของแต่ละแบบด้วย เช่น ปั๊มดับเพลิง ปั๊มลม ปั๊มสุญญากาศ ปั๊มน้ำบาดาล เป็นต้น และยังสามารถแบ่งแยกประเภทย่อยได้อีก



1 การจำแนกประเภทปั๊ม

: Volk (1996)

ก้นหอย

ใบพัดก้นหอยของปั๊มแบบก้นหอยนั้น คัดแปลงมาจากใบพัดก้นหอยของคอมเพรสเซอร์แบบก้นหอย ซึ่งประกอบด้วยใบพัดก้นหอย 2 ใบพัด ที่มีลักษณะเส้นเวียนก้นหอยเหมือนกัน แต่หมุนวนในทิศทางตรงกันข้าม หันเข้าประกบกัน โดยจะเรียกชื่อใบพัดทั้งสองตามลักษณะการทำงาน คือ ใบพัดก้นหอยแบบหยุดนิ่ง (Fixed scroll) เป็นใบพัดที่ยึดติดอยู่กับตัวเรือนปั๊ม ไม่มีการเคลื่อนที่ และใบพัดก้นหอยแบบเคลื่อนที่ (Orbiting Scroll)

(Shaft) โดยจะโคจรเอียงศูนย์กลางรอบเพลาคับ ใบพัดก้นหอยทั้ง 2 ประกอบด้วยเส้นเวียนก้นหอย 2 เส้น ได้แก่ เส้นเวียนโค้งภายใน (Inner curve) เส้นเวียนโค้งภายนอก (Outer curve) โดยเส้นเวียนโค้งทั้งสองได้มาจากการตัดแปลงสมการพีชคณิตเส้นเวียนก้นหอย (Algebraic spiral scroll) ดังต่อไปนี้

1. สมการพีชคณิตเส้นเวียนก้นหอย

สมการพีชคณิตเส้นเวียนก้นหอย (Kohsokabe et al., 1959) สามารถเขียนได้ทั้งในรูปพิกัด (Polar coordinates) (Rectangular coordinates)

ซึ่งสมการพีชคณิตเส้นเวียนก้นหอย (r, ϕ)

$$r = a\phi^k \quad (1)$$

สมการพีชคณิตเส้นเวียนก้นหอย (x, y)

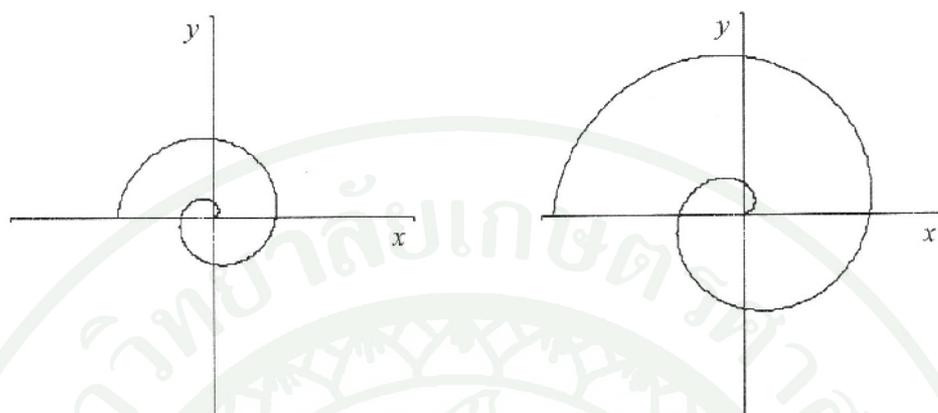
$$x = a\phi^k \cos \phi \quad (2)$$

$$y = a\phi^k \sin \phi \quad (3)$$

ตัวอย่างกราฟแสดงของเส้นเวียนก้นหอยที่ได้จากสมการพีชคณิตเส้นเวียนก้นหอยข้างต้น

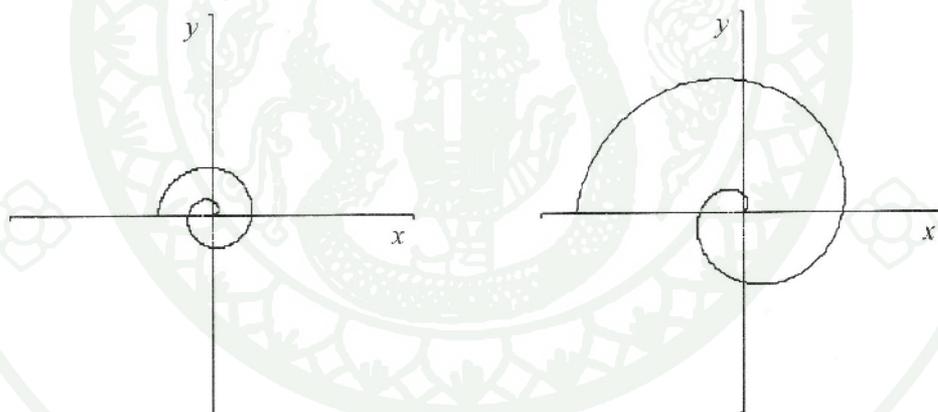
2 กำหนดให้มุมม้วนของเส้นเวียนก้นหอยเริ่มตั้งแต่ 0π 3π

ซึ่งเส้นเวียนก้นหอยที่ได้จะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปตามสัมประสิทธิ์เส้นเวียนก้นหอย (a) และความลาดเอียงของเส้นเวียนก้นหอย (k)



$a=1, k=1$

$a=2, k=1$



$a=1, k=0.75$

$a=1, k=1.25$

2 เส้นเวียนก้นหอยในรูปพิกัดเชิงขั้วต่างๆ

: (2548)

2. สมการพิกัดเส้นเวียนก้นหอยรอบรูปไบพัตก้นหอยของป้อมแบบก้นหอย

สมการพิกัดเส้นเวียนก้นหอยรอบรูปไบพัตก้นหอยของป้อมแบบก้นหอยสามารถเขียนอยู่ใน
 (x, y) โดยแบ่งออกเป็นสมการพิกัดเส้นเวียนก้นหอย สำหรับไบพัตก้นหอยแบบ
 (Fixed scroll) และไบพัตก้นหอยแบบเคลื่อนที่ (Orbiting Scroll) ซึ่งไบพัตทั้งสองยังแบ่ง
 ออกเป็น สมการพิกัดเส้นเวียนโค้งภายในและเส้นเวียนโค้งภายนอก (4) (11)
 (Kritmaitree et al., 2000, 2002a, 2002b)

2.1 ไบพัตก้นหอยแบบหยุดนิ่ง (Fixed scroll)

เส้นเวียนโค้งภายใน

$$x = \alpha (\cos \lambda + (\lambda + \pi - \beta) \sin \lambda) \quad (4)$$

$$y = \alpha (\sin \lambda - (\lambda + \pi - \beta) \cos \lambda) \quad (5)$$

$$3\pi \leq \lambda \leq 6\pi$$

เส้นเวียนโค้งภายนอก

$$x = \alpha (\cos \lambda + (\lambda - \pi) \sin \lambda) \quad (6)$$

$$y = \alpha (\sin \lambda - (\lambda - \pi) \cos \lambda) \quad (7)$$

$$5\pi \leq \lambda \leq 8\pi$$

2.2 ไบพัตก้นหอยแบบเคลื่อนที่ (Orbiting Scroll)

เส้นเวียนโค้งภายใน

$$x = \alpha (\cos \lambda + (\lambda - \beta) \sin \lambda) + \gamma \cos \theta \quad (8)$$

$$y = \alpha (\sin \lambda - (\lambda - \beta) \cos \lambda) + \gamma \sin \theta \quad (9)$$

$$4\pi \leq \lambda \leq 7\pi$$

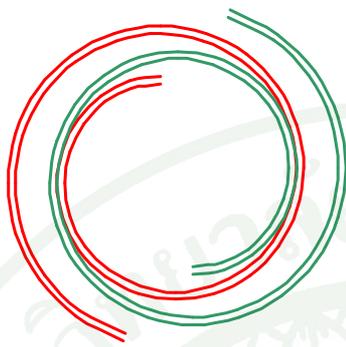
เส้นเวียนโค้ง

$$x = \alpha (\cos \lambda + \lambda \sin \lambda) + \gamma \cos \theta \quad (10)$$

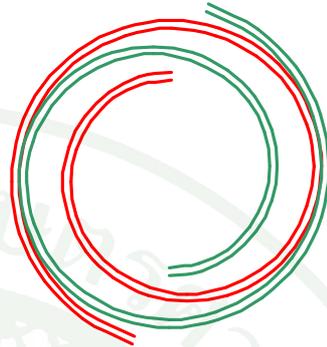
$$y = \alpha (\sin \lambda - \lambda \cos \lambda) + \gamma \sin \theta \quad (11)$$

$$4\pi \leq \lambda \leq 7\pi$$

- 1.5 ตัวอย่างของเส้นเวียนก้นหอยรอบรูปไบพัดก้นหอย ที่ค่าสัมประสิทธิ์ก้นหอย (α) เท่ากับ
ค่าความแตกต่างของมุมเริ่มต้นการโค้ง (β) เท่ากับ 0.3π



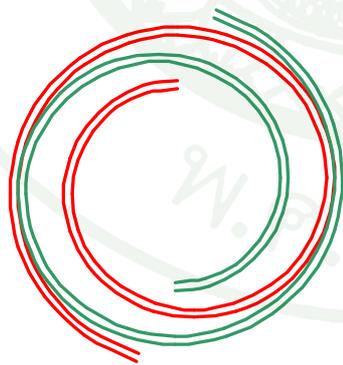
$$\theta = 0\pi$$



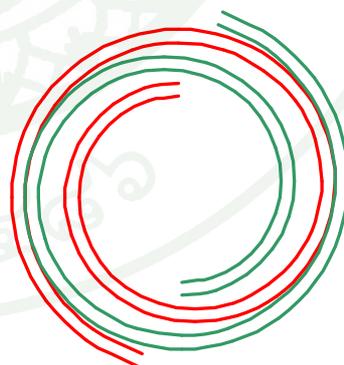
$$\theta = 1\pi$$

- 3 ตัวอย่างของเส้นเวียนก้นหอยรอบรูปไบพัดก้นหอยที่มุมข้อเหวี่ยง (θ) เท่ากับ 0π
 1π

ค่าความแตกต่างของมุมเริ่มต้นการโค้ง (β) จะเป็นตัวกำหนด ก้น
ถ้าไบพัดก้นหอยที่มีค่าความแตกต่างของมุมเริ่มต้นการโค้งมาก ไบพัดก้นหอย
หนามากกว่าไบพัดก้นหอยที่มีค่าความแตกต่างของมุมเริ่มต้นการโค้งน้อย



$$\beta = 0.3\pi$$



$$\beta = 0.5\pi$$

- 4 ตัวอย่างของเส้นเวียนก้นหอยรอบรูปไบพัดก้นหอยที่ค่าความแตกต่างของมุมเริ่มต้น
การโค้ง (β) เท่ากับ 0.3π 0.5π

รทำงานของปั๊ม แบบกั้นหอย

กระบวนการทำงานของปั๊มแบบกั้นหอยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2

(Suction Process) กระบวนการจ่าย (Discharge Process) โดยเพลลาขับจะต้อง

จึงจะทำให้ปั๊มแบบกั้นหอยสามารถทำงานได้ครบทั้งสองกระบวนการ

แรกของเพลลาขับนั้นจะทำให้เกิดกระบวนการดูดของไหลให้เข้ามาภายในห้องของปั๊มแบบกั้นหอย

จะทำให้เกิดกระบวนการจ่ายขับของไหลที่อยู่ ห้องของปั๊ม

แบบกั้นหอยให้ออกไปยังท่อจ่ายต่อไป (,2548)

1.

สันเวียนกั้นหอยรอบรูปไบพัดกั้นหอยของปั๊มแบบกั้นหอย

(4)

(11) กระบวนการดูดจะเริ่มต้นที่มุมข้อเหวี่ยง 1.5π

แล้วมุมข้อเหวี่ยงจะ

ค่อย

งานที่มุมข้อเหวี่ยง 1.5π

2. กระบวนการจ่าย

กระบวนการจ่ายนั้นจะทำงานต่อเนื่องจากกระบวนการดูด ซึ่งจากสมการพิกัดเส้นเวียน

กั้นหอยรอบรูปไบพัดกั้นหอยของปั๊มแบบกั้นหอยสมการที่ (4)

(11) กระบวนการจ่าย

จะเริ่มต้นที่มุมข้อเหวี่ 1.5π

แล้วมุมข้อเหวี่ยงจะค่อยๆลดลงจนถึงสิ้นสุดกระบวนการจ่าย

มุมข้อเหวี่ยง 1.5π

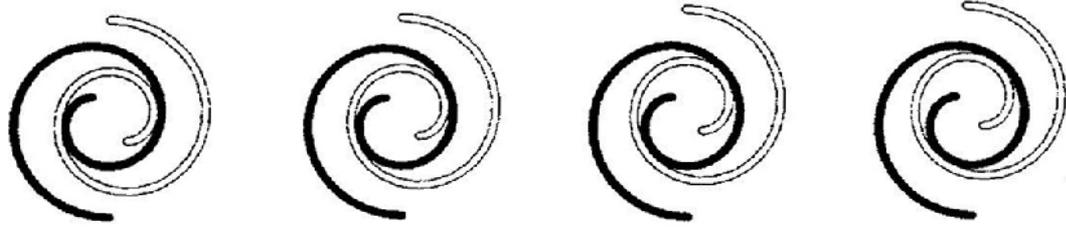
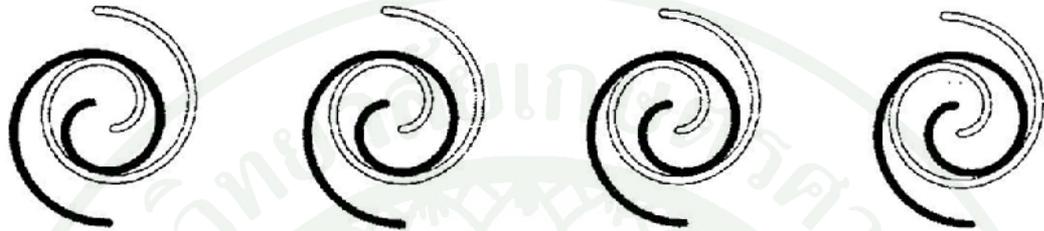
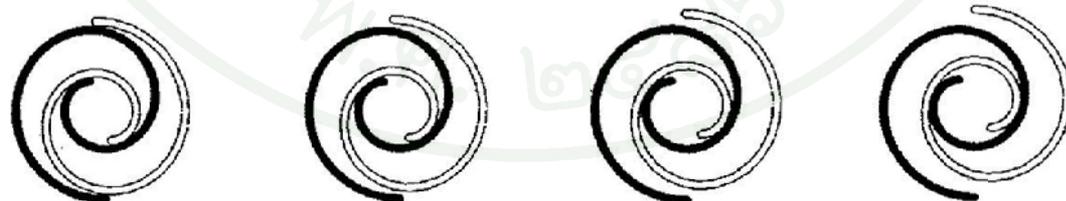
โดยที่เพลลาขับจะหมุนหนึ่งรอบในทิศตามเข็มนาฬิกาเช่นเดียวกับ

ดังนั้นกระบวนการทำงานของปั๊มแบบกั้นหอยทั้งกระบวนการดูดและกระบวนการจ่ายจะ

เริ่มต้นที่มุมข้อเหวี่ยง 1.5π

แล้วมุมไบพัดกั้นหอยจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการ

ทำงานที่มุมข้อเหวี่ยง 1.5π

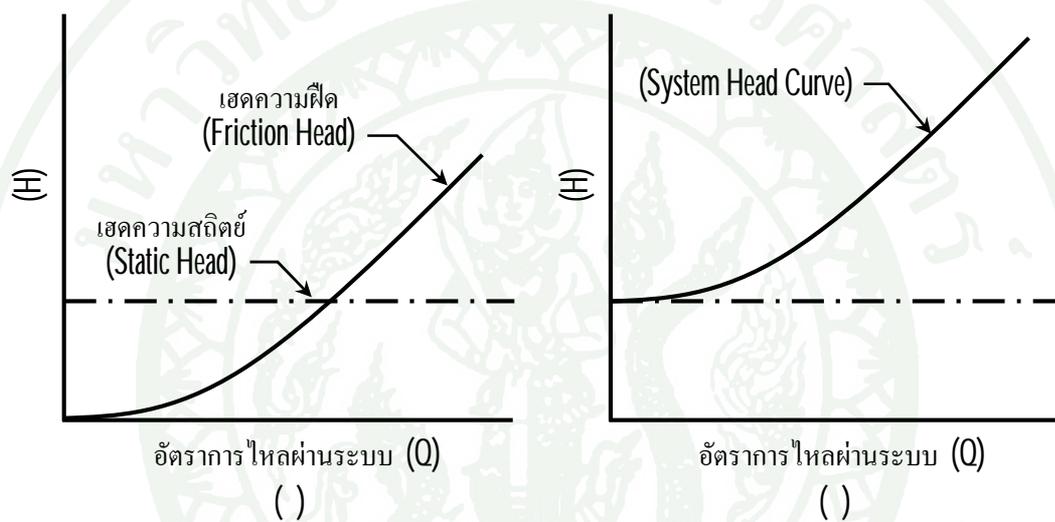
 0π 0.1π 0.2π 0.3π  0.4π 0.5π 0.6π 0.7π  0.8π 0.9π 1.0π 1.1π  1.2π 1.3π 1.4π 1.5π  1.6π 1.7π 1.8π 1.9π

5

ทำงานของปั้มน้ำแบบกั้นหอยในหนึ่งรอบเพลาคับ

: (2548)

(System Head Curve) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลผ่านระบบกับเฮดรวมของปั๊ม (Total Dynamic Head) หรือพลังงานที่ปั๊มจะต้องเพิ่มให้แก่อุปกรณ์ในระบบก่อนให้เกิดการไหลนั้น พลังงานที่ปั๊มจะต้องเพิ่มให้แก่อุปกรณ์ซึ่งบอกเป็นความสูงของแท่งของเหลวหรือเฮด มีค่าเท่ากับผลรวมของเฮดสถิตย์ เฮดความเสียด (วิบูลย์, 2529) ซึ่งกราฟเฮดของระบบจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งพาราโบลา ดังภาพที่ 6

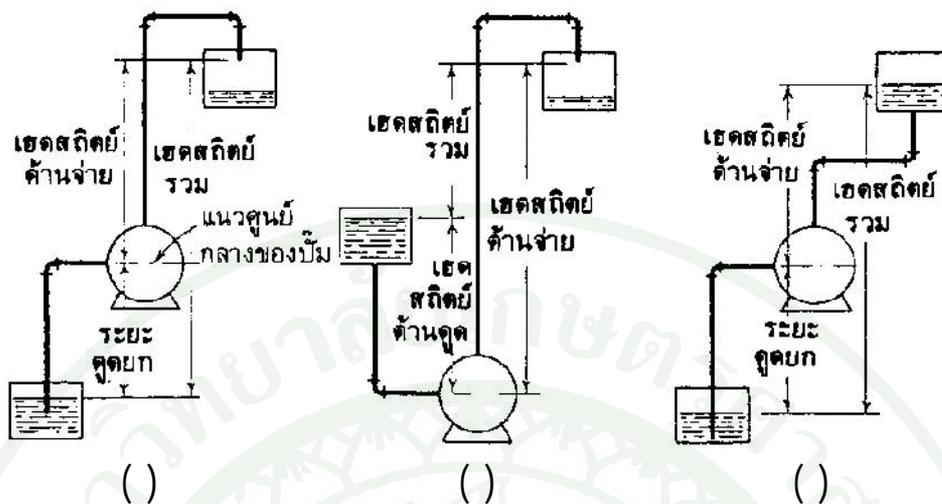


6

: วิบูลย์ (2529)

1. เฮดสถิตย์

ในการทำงานของปั๊มโดยทั่วไป ของเหลวจะถูกเพิ่มพลังงานเพื่อให้ไหลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งซึ่งอยู่สูงกว่า ความดันซึ่งคิดเป็นแท่งความสูงของของเหลวที่กระทำต่อศูนย์กลางของปั๊มทั้งทางด้านดูดและด้านจ่ายในขณะที่ความเร็วของการไหลเป็นศูนย์ เรียกว่า เฮดสถิตย์ (Static Head)



7 กำจำกัดความของเฮดสถิตย์

: วิบูลย์ (2529)

7 ในแนวดิ่งที่บอกเป็นแท่ง

ศูนย์กึ่งกลางของปั้มถึงปลายของท่อทางจ่ายเรียกว่า เฮดสถิตย์ด้านจ่าย (Static Discharge Head)

ระยะจากจุดศูนย์กึ่งกลางของปั้มถึงระดับผิวของของเหลวที่ปลายของท่อดูดซึ่งอยู่สูงกว่า

7 () เรียกว่า เฮดสถิตย์ด้านดูด (Static Suction Head) ถ้าผิวของของเหลวอยู่ต่ำกว่า

7 () 7 () ศูนย์กึ่งกลางของปั้มจะมีค่าเป็นลบ ในกรณีนี้เรียกว่า ระยะดูดยก

(Static Suction Lift)

เฮดสถิตย์รวม (Total Static Head) คือผลต่างทางพีชคณิตของเฮดสถิตย์ด้านจ่ายกับเฮดสถิตย์ด้านดูด ซึ่งค่าดังกล่าวนี้เป็นค่าเฮดต่ำสุดที่ปั้มจะต้องเพิ่มให้แก่ของเหลวก่อนที่จะมีการไหล

2. เฮดความเสียด

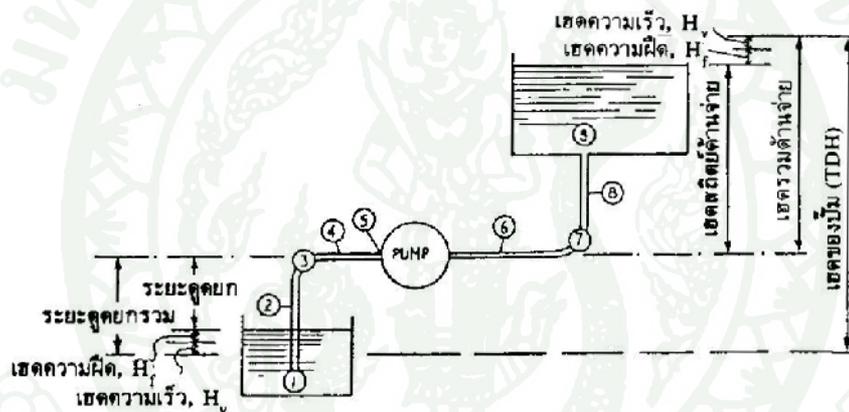
ของเหลวไหลผ่านระบบท่อทั้งทางด้านดูดและทางด้านจ่าย พลังงานหรือเฮดในการไหลส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปเนื่องจากความเสียดระหว่างของเหลวกับผนังของท่อและส่วนประกอบต่างๆซึ่งรวมเรียกว่า เฮดความเสียด (Friction Head)

ารเสียด้านเนื่องมาจากความฝืดอาจเกิดขึ้นได้หลาย

8

การเสียด้านทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลผ่านระบบท่อ ซึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น ดังนั้นในขณะที่ปั๊มกำลังทำงาน ระยะสูญเสียที่เกิดขึ้นจริงจะเท่ากับระยะสูญเสีย (Static Suction Lift) รวมกับเสียด้านตามด้านดูดทั้งหมดตั้งแต่จุดที่ 1 ถึง 5 ในกรณีของเหลวทางด้านดูดอยู่สูงกว่าศูนย์กลางของปั๊ม เสียด้านด้านดูด (Total Suction Head) ที่เกิดขึ้นจริงจะเท่ากับเสียด้านด้านดูด (Static Suction Head) ลบด้วยเสียด้านตามด้านดูด

สำหรับทางด้านจ่ายก็เช่นเดียวกัน คืออาจจะรวมการเสียด้านที่จุด 6 ถึง 9 เข้าด้วยกันเป็นเสียด้านตามด้านจ่าย (Total Discharge Head) ที่เกิดขึ้นจริงในขณะที่ปั๊มทำงาน จะเท่ากับเสียด้านด้านจ่ายรวมกับเสียด้านตามด้านจ่าย



- 1 เป็นการเสียด้านเนื่องจากการไหลเข้าท่อ (Entrance loss) ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปทรงและอุปกรณ์ที่ปลายท่อดูด
- 2 เป็นการเสียด้านเนื่องมาจากความฝืดระหว่างของเหลวกับผนังของท่อ
- 3 เป็นการเสียด้านเนื่องจากการเปลี่ยนทิศทางของการไหล
- 4 เป็นการเสียด้านในเส้นท่อเหมือนจุดที่ 2
- 5 เป็นการเสียด้านที่อุปกรณ์ทางด้านดูดของปั๊ม

8 ตำแหน่งที่เกิดการสูญเสียพลังงานหรือเสียด้านในระบบท่อและอุปกรณ์

: วิชา (2529)

3. เสดรวมของปั๊ม

เสดรวมของปั๊ม (Total Dynamic Head Total Discharge Head)

ทั้งหมดที่บอกในรูปของเสดที่ปั๊มจะต้องเพิ่มให้แก่ของเหลว เพื่อให้ของเหลวนั้นไหลผ่านระบบที่ด้วยอัตราที่กำหนด เสดรวมของปั๊มจึงมีค่าเท่ากับผลรวมของเสด เสดความฝืดรวม

คุณลักษณะของปั๊มน้ำ กั้นหอย

ปั๊มน้ำแบบกั้นหอย (Scroll Pump) จัดอยู่ในปั๊มประเภท (Positive Displacement Pump) หัวของเหลวโดยใช้ชิ้นส่วนเคลื่อนที่อัดหรือดันของเหลวภายในปริมาตรปิดให้มีความดันสูงขึ้นพอที่จะไหลผ่านช่องไปสู่ท่อส่งได้โดยตรง

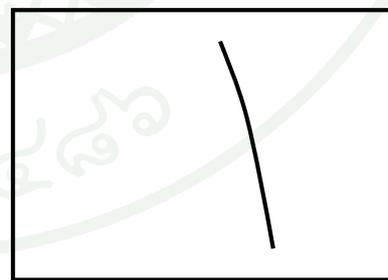
1. H-Q ปั๊ม

H-Q H-Q Curve (Head Capacity Curve) ของปั๊ม คือกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสูบน้ำกับเสดที่ปั๊มสามารถทำงานได้ ตั้งแต่อัตราการสูบน้ำเป็นศูนย์จนถึงอัตราการสูบน้ำสูงสุดของปั๊มนั้น (วิบูลย์,2529) โดยปั๊มแบบ H-Q มากกว่าปั๊มแบบเซนตริฟูกอล ดังภาพที่ 9



อัตราการไหลผ่านระบบ (Q)

() ปั๊มน้ำแบบเซนตริฟูกอล



อัตราการไหลผ่านระบบ (Q)

() ปั๊มน้ำแบบ

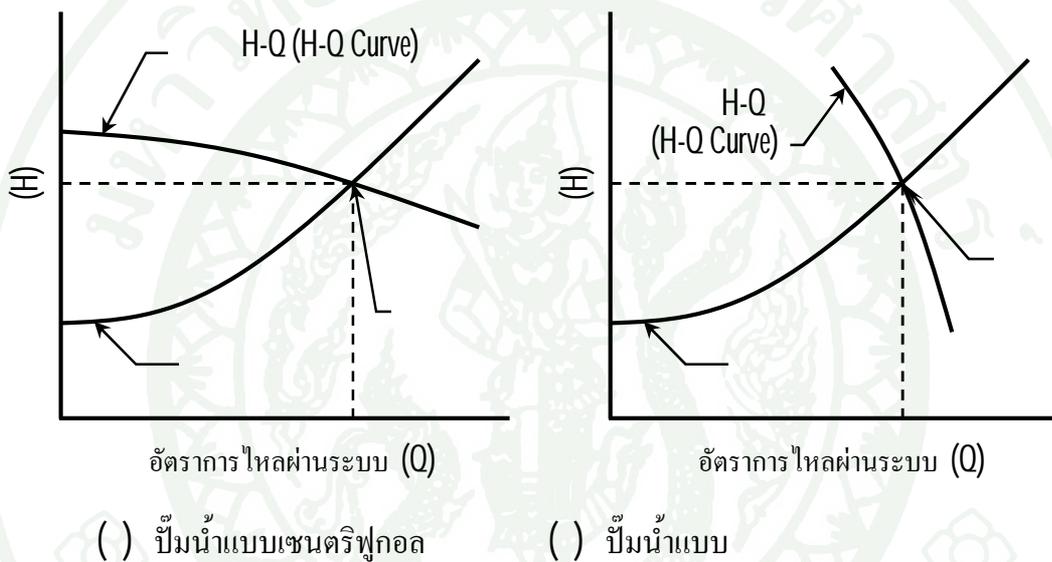
9 มพันธ์ระหว่างอัตราการสูบน้ำ (H-Q)

: British Pump Manufacturers Association (2008)

2. ปั๊ม

กราฟเสถของระบบที่มีช่วงอัตราการไหลครอบคลุมทุกสภาวะการทำงานจะช่วยให้สามารถเลือกปั๊มน้ำได้อย่างเหมาะสม กล่าวคือ เมื่อนำกราฟดังกล่าวมาเขียนบนสเกลเดียวกันกับกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและความดัน (Head Capacity Curve) H-Q เป็นจุดทำงานของปั๊ม (Pump Operating Point)

10



10 จุดทำงานของปั๊มโดยใช้กราฟ H-Q

: วิบูลย์ (2529)

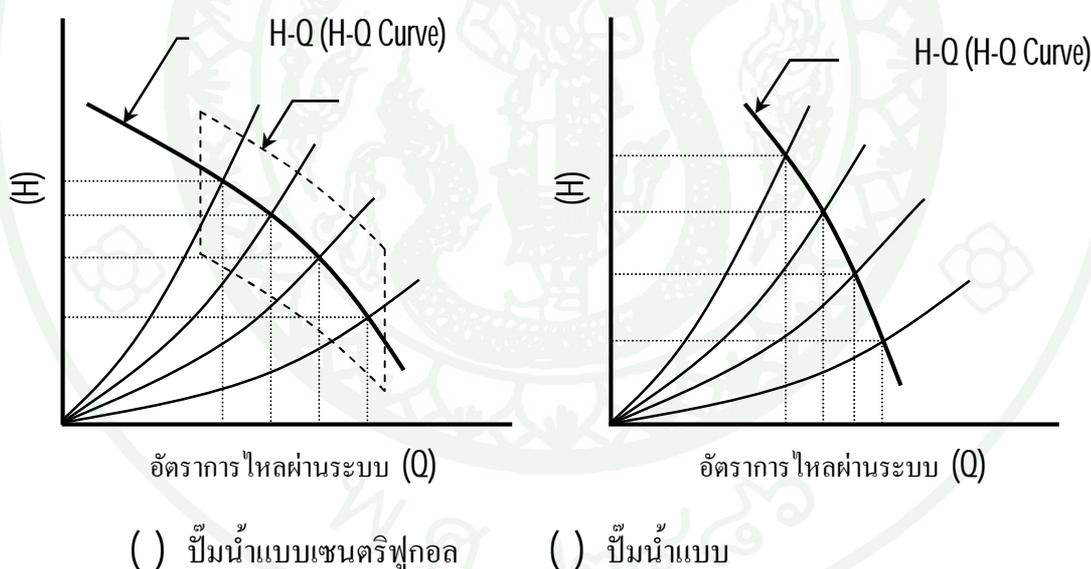
ในกรณีที่สภาพการทำงานของปั๊มน้ำมีการเปลี่ยนแปลง เช่น ระดับของของเหลวทางท่อดูดหรือท่อจ่ายมีการเปลี่ยนแปลง หรือมีการปรับขนาดช่องเปิดของประตูน้ำทางท่อจ่ายเพื่อให้อัตราการไหลพอเหมาะกับความดันที่เปลี่ยนแปลง กราฟเสถของระบบก็จะช่วยให้ทราบรายละเอียดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงนั้นต่อการทำงานของปั๊มน้ำ

3. ปัจจัยที่มีผลต่อกราฟเสถของระบบ

ขึ้นอยู่กับรูปแบบการติดตั้งและส่วนประกอบของระบบ เนื่องจากกราฟเสถของระบบนั้นเป็นผลรวมของกราฟเสถสถิตย์และกราฟเสถความฝืด ดังนั้นเมื่อมีการปรับอัตราการไหลทางท่อจ่าย หรือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเสถสถิตย์ จะส่งผลให้กราฟเสถของ

3.1 อีมีการปรับอัตราการไหลทางท่อจ่าย

ผลกระทบของการปรับอัตราการไหลทางท่อจ่ายโดยการปรับช่องเปิดประตูน้ำ จะส่งผลให้มีการสูญเสียของช่องเปิดของประตูน้ำ จุดที่ปั๊มทำงานบนกราฟ H-Q (H-Q Curve) 11



11 กราฟเสถของระบบเมื่อมีการปรับอัตราการไหลทางท่อจ่าย

: วิชา (2529)

H-Q 11 () เป็นของปั้มน้ำแบบเซนตริฟูกอล ในรูปแสดงขอบเขตการทำงานที่เหมาะสมไว้ด้วย กล่าวคือ ถึงแม้ว่าปั้มน้ำสามารถทำงานนอกขอบเขตนี้ได้แต่ประสิทธิภาพจะต่ำมาก สิ่งที่กราฟได้แสดงให้เห็นอีกอย่างหนึ่งคือ การสูญเสียพลังงานที่เกิดขึ้นในการปรับอัตราการไหลที่ประตูน้ำในแต่ละครั้ง การสูญเสียนี้ดูได้จากความแตกต่างระหว่างค่าเฮดที่เปิดประตูน้ำจนสุดกับค่าเฮดที่เปิดประตูน้ำไม่เต็มทีของแต่ละขนาด

ในกรณีที่เป็นปั้มน้ำแบบ

(Positive Displacement Pump)

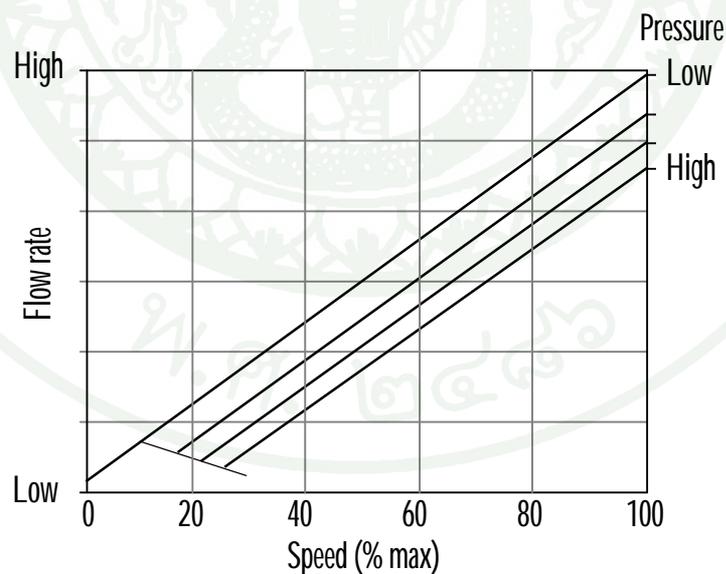
การปรับประตูน้ำเพื่อควบคุมอัตราการไหล ไม่ได้ผลเหมือนแบบเซนตริฟูกอล ทั้งนี้เพราะว่ากราฟ H-Q มีลักษณะชันกว่ามาก เมื่อลดขนาดของช่องประตูน้ำลง อัตราการไหลจะไม่ลดลงมาก แต่จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การลดอัตราการไหลโดยการปรับประตูน้ำสำหรับปั้มน้ำแบบแทนที่ของเหลวนี้ อาจเป็นอันตรายต่อปั้มน้ำได้ หากไม่มีอุปกรณ์ป้องกันที่จะลดความดันลงเมื่อ

ปั้มน้ำแบบ

สามารถทำได้

โดยการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ต้นกำลัง ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่ออัตราการไหลของปั้มน้ำแบบ

12

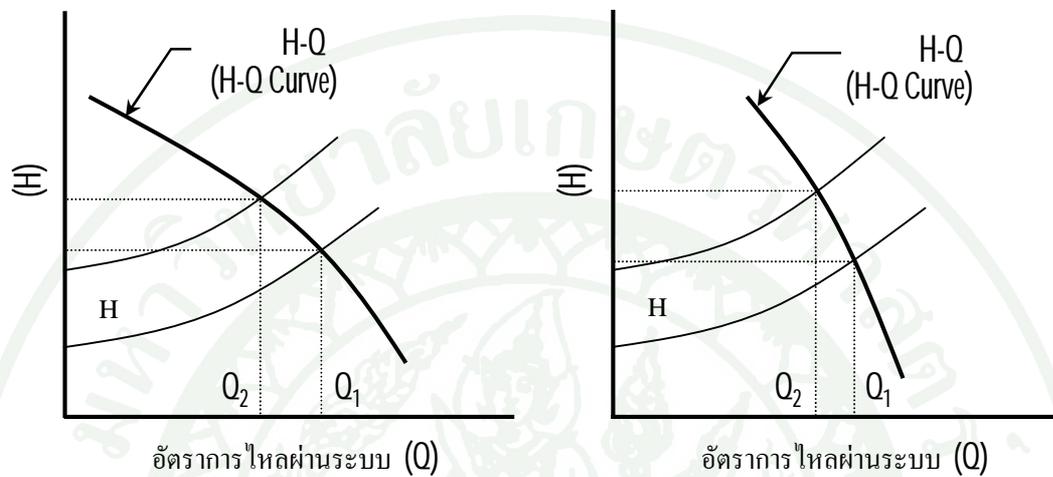


12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความเร็วรอบมอเตอร์ของปั้มน้ำ

: British Pump Manufacturers Association (2008)

3.2 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเสถียรคติ

ในกรณีที่เสถียรคติของปั๊มเปลี่ยนแปลงในขณะที่ปั๊มกำลังทำงานอยู่ จะส่งผลต่อของปั๊มดังแสดงในภาพที่ 13



() ปั๊มน้ำแบบเซนตริฟูกอล

() ปั๊มน้ำ

13

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเสถียรคติ

: วิชา (2529)

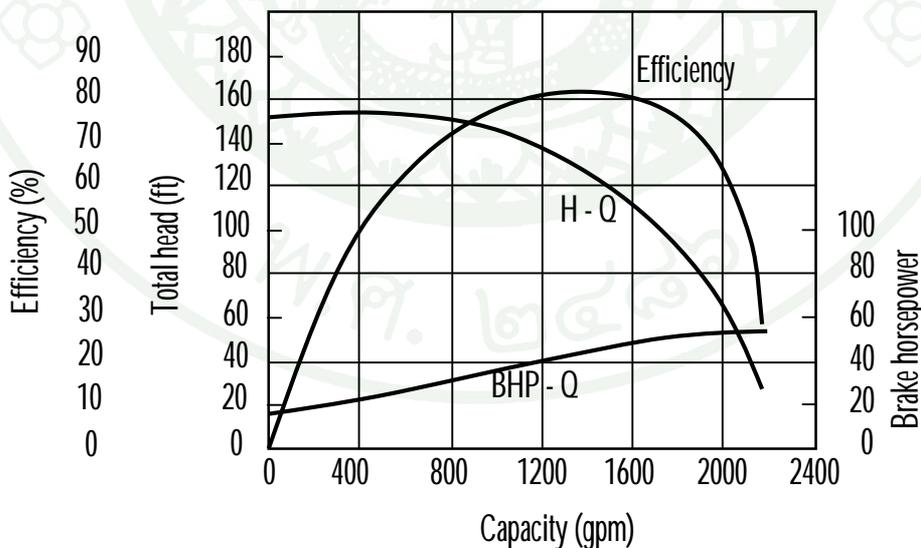
H-Q 13 () เป็นของปั๊มน้ำแบบเซนตริฟูกอล การเพิ่มเสถียรคติจะทำให้ปั๊มลดอัตราการสูบลงหรือทำให้จุดที่ปั๊มทำงานบนกราฟ H-Q เลื่อนไปทางซ้าย ถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงเสถียรคติมาก ปั๊มอาจจะทำงานนอกขอบเขตที่เหมาะสมได้ ดังนั้นในการเลือกใช้งานปั๊มจึงจำเป็นต้องทราบการเปลี่ยนแปลงนี้ แล้วนำเข้ามาประกอบการพิจารณาเลือกใช้ เพื่อให้ขอบเขตการทำงานของปั๊มอยู่ในช่วงที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด สำหรับปั๊มแบบอาศัยหลักการ H-Q ชันกว่า ดังภาพที่ 13 () การเปลี่ยนแปลงเสถียรคติจะมีผลต่อการทำงานของปั๊มน้อยมากเมื่อเทียบกับปั๊มแบบเซนตริฟูกอล

ปั๊ม

โดยปกติในการใช้งานปั๊มน้ำจะทำงานที่ความเร็วรอบคงที่ (Constant Speed) ส่งน้ำได้ในปริมาณตั้งแต่ศูนย์ (Zero Capacity) ไปจนถึงปริมาณน้ำสูงสุดที่ปั๊มนั้นได้รับการออกแบบไว้ ทั้งนี้จะต้องขึ้นอยู่กับสถานะทางด้านชุด การออกแบบระบบ และเสถียรของระบบ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำจากปั๊มทำได้โดยการใช้เครื่องควบคุม เช่น ประตูน้ำหรือลิ้นปิดเปิด เป็นต้น โดยให้ความเร็วรอบคงที่ตลอดเวลา การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำหรืออัตราการไหลโดยให้ความเร็วรอบคงที่นี้ จะทำให้เสถียร กำลังที่ใช้ขับปั๊ม และประสิทธิภาพของปั๊ม มีการเปลี่ยนแปลงไป ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสี่ตัวนี้เรียกว่า ลักษณะคุณสมบัติของปั๊มนั้นๆ

กราฟแสดงสมรรถนะของปั๊ม (Pump Performance Curves)

คุณสมบัติของปั๊ม (Pump Characteristic Curves) เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง 4 อย่าง (Capacity) (Head) (Power Input) (Efficiency) โดยใช้ค่าของปริมาณน้ำ เป็นตัวแปรหลักในแนวแกนอน ให้ค่าของเสถียร ปั๊มอยู่บน ทำให้ได้ 3 เส้น ที่ความเร็วรอบค่าหนึ่ง 14



กำลังงานและประสิทธิภาพของปั๊ม

กำลังงาน หมายถึง อัตราการทำงานในหนึ่งหน่วยเวลา หน่วยของกำลังงานที่ใช้กันทั่วไปคือ แรงม้า โดยที่หนึ่งแรงม้ามีค่าเท่ากับ 745.7 วัตต์ หรือ 550 -ปอนด์ต่อวินาที (วินูลย์, 2529) กำลังงานที่ใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับปั๊มน้ำอยู่สองอย่างด้วยกัน

1. แรงม้าทางทฤษฎี

แรงม้าทางทฤษฎี (Theoretical Horsepower) หรือบางครั้งเรียกว่า Water Horsepower, Whp เป็นจำนวนแรงม้าที่ปั๊มจะต้องเพิ่มให้แก่ของเหลว เพื่อให้ของเหลวไหลผ่านระบบด้วยอัตราที่

ค่าแรงม้าทางทฤษฎี (Whp) คำนวณได้จากสูตร

$$Whp = \frac{v \cdot Q \cdot H_t}{550} \quad (12)$$

Whp	แรงม้าทางทฤษฎี หน่วยเป็นแรงม้า
v	น้ำหนักจำเพาะของของเหลว หน่วยเป็นปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต
Q	ไหล หน่วยเป็นลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที
H_t	เฮดรวมของปั๊มน้ำ หน่วยเป็นฟุต

ในกรณีที่ของเหลวเป็นน้ำและอัตราการไหลมีหน่วยเป็นแกลลอนต่อนาที (gpm)

(H_t) มีหน่วยเป็นฟุต แรงม้าทางทฤษฎีจะคำนวณได้จากสูตร

$$Whp = \frac{gpm \cdot H_t}{3,960} \quad (13)$$

สำหรับของเหลวที่เป็นน้ำ ในระบบเมตริกอัตราการไหล (Q) มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อ

(H_t) มีหน่วยเป็นเมตร แรงม้าทางทฤษฎีสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$Whp = \frac{Q \cdot H_t}{273} \quad (14)$$

2. แรงม้าของต้นกำลัง

แรงม้าของต้นกำลัง (Brake Horsepower, Bhp) เป็นกำลังงานที่มอเตอร์หรือเครื่องยนต์ต้นกำลังขับเคลื่อนปั๊มหรือให้แก่ปั๊ม กล่าวอีกนัยหนึ่งเป็นกำลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนปั๊มเพื่อให้ปั๊มเพิ่มกำลังงานให้แก่ของเหลวเท่ากับแรงม้าทางทฤษฎี

$$Bhp = \frac{Whp}{\eta_p} \quad (15)$$

η_p ประสิทธิภาพของปั๊ม

ในกรณีที่ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ ไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ (W) จำนวนได้จากสมการ

$$W = \frac{746 \cdot Bhp}{\eta_m} \quad (16)$$

η_m ประสิทธิภาพของมอเตอร์

3. ของปั๊ม

ประสิทธิภาพรวมของปั๊ม (η_t) สามารถหาได้จากผลคูณของประสิทธิภาพของปั๊มกับประสิทธิภาพของมอเตอร์ หรือสามารถหาได้จากสูตร

$$\eta_t = \frac{746 \cdot Whp}{W} \quad (17)$$

4.

(Volumetric Efficiency, η_v) คือ สัดส่วนอัตราการไหลเชิงปริมาตรของปั๊มในทางปฏิบัติ (Q) (Q_t) ปسمการได้ดังนี้

$$\eta_v = \frac{Q}{Q_t} \quad (18)$$

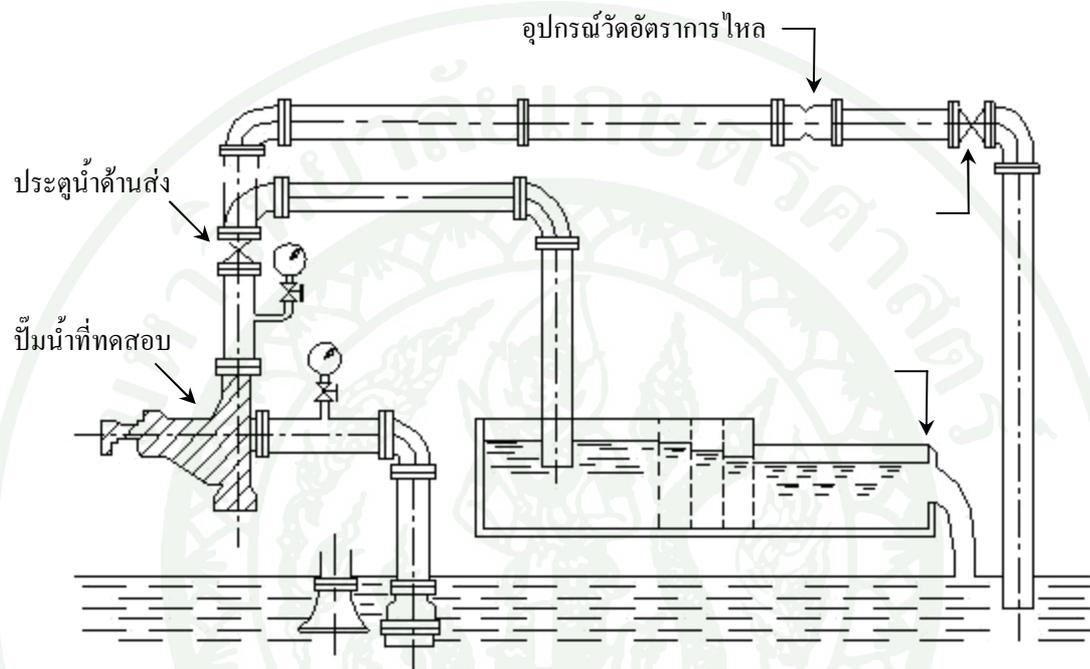
อบหาประสิทธิภาพของปั้มน้ำแบบก้นหอย

1. (พิทักษ์,2546)
 - 1.1 (Range) ของการทดสอบ หมายถึง ช่วงอัตราสูบต่ำสุดไปถึงอัตราการสูบสูงสุดที่พิสัยกว้างที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยให้ครอบคลุมอัตราการสูบ (Rated Capacity) ของปั้มน้ำ สำหรับปั้มน้ำขนาดใหญ่ที่ทำงานตายตัวอาจทดสอบเฉพาะที่อัตราการสูบที่กำหนดหรืออัตราการสูบเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของปั้มน้ำเฉพาะจุดที่ใช้งานเพียงจุดเดียวก็ได้
 - 1.2 ว่าจะตามการใช้งาน ถ้าทำการทดสอบปั้มน้ำโดยไม่ติดตั้งในสภาพการใช้งานจริง จะต้องปรับสภาวะการทำงานให้เหมือนสภาวะการทำงานจริงให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ตามที่ตั้งเกณฑ์ไว้ สำหรับการทดสอบโดยใช้ปั้มน้ำจำลองขนาดย่อส่วนจะต้องระมัดระวังเรื่องความคล้าย (Geometrical Similarity) เป็นพิเศษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความคล้ายของความเรียบผิว (Surface Finish) จะทำได้ยากเป็นพิเศษหรือทำไม่ได้เลย
 - 1.3 การทดสอบต้องทำที่หลายๆจุดตลอดพิสัย เพื่อความแม่นยำในการกำหนดรูปร่างของเส้นโค้งแสดงคุณลักษณะ
 - 1.4 ที่แต่ละจุดทดสอบต้องวัดปริมาณต่างๆหลายครั้ง โดยทั่วไปอย่างน้อย 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย โดยปริมาณการวัดทั้ง 3 ครั้ง ต้องกระจายอยู่รอบค่าปานกลางพอควร ถ้าปริมาณที่วัดทั้ง 3 ครั้ง แปรไปในทิศทางเดียวกันหมด เช่นเพิ่มขึ้นทุกครั้ง แสดงว่าปั้มน้ำยังทำงานสถานะที่ไม่คงที่ ต้องรอให้ทำงานคงที่ (Steady State) ก่อน
 - 1.5 ต้องเปรียบเทียบเครื่องมือวัดก่อนเริ่มต้นและเมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบเสมอ ถ้าเครื่องมือวัดมีความไม่แน่นอนสูง จะต้องปรับศูนย์เป็นระยะๆระหว่างการทดสอบด้วย
 - 1.6 การอ่านปริมาณจากเครื่องมือวัดและการประเมินผลลัพธ์ จะต้องคำนึงถึงเลขนัยสำคัญเสมอ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำที่สุดจากกลุ่มเครื่องมือวัดที่ใช้
 - 1.7 ระหว่างทำการทดสอบต้องคำนวณผลลัพธ์หรือกึ่งผลลัพธ์ (Intermediate Result) เขียนเส้นโค้งต่างๆออกมาทันที เพื่อจะได้ทราบว่าจุดใดกระจายออกไปนอกแนวโน้ม จะได้ทำซ้ำที่จุดนั้นเพื่อทดสอบความถูกต้อง หรือจุดทดสอบบริเวณที่กราฟเลี้ยวกลับห่างเกินไป ก็จะสามารถทดสอบเพิ่มทำให้หาจุดสูงสุดของกราฟได้แน่นอนขึ้น

2. การทดสอบสมรรถนะของปั้มน้ำ

ในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีการทดสอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบที่มาตรฐานอุตสาหกรรมไทยใช้อ้างอิงในการทดสอบปั้มน้ำ

15



15 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบปั้มน้ำ

: (2534)

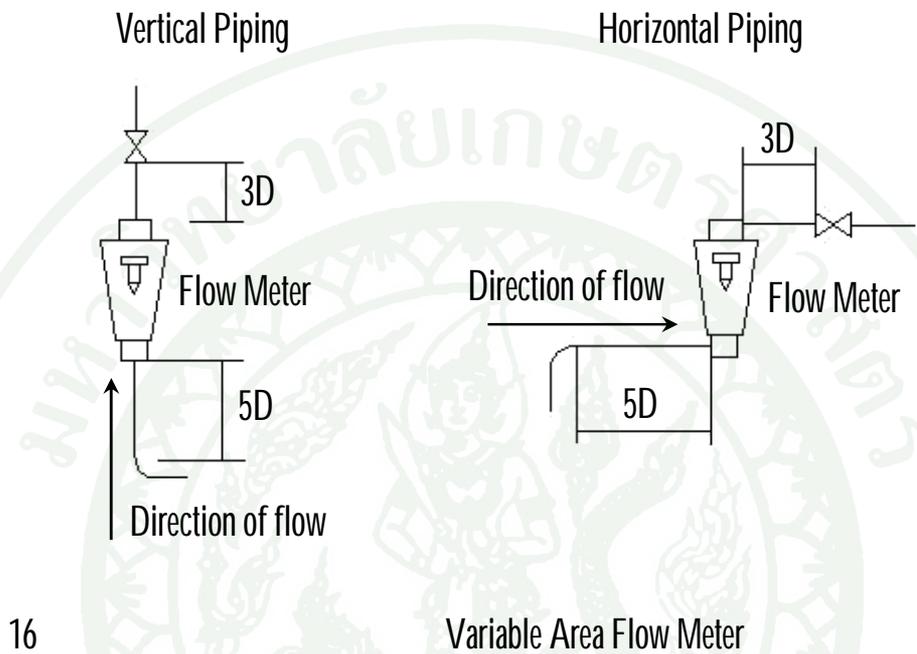
การทดสอบทำโดยปรับปั้มน้ำให้หมุนด้วยอัตราเร็วตามที่กำหนด แล้วเปลี่ยนอัตราการไหลของปั้มน้ำ โดยการปรับประตุน้ำด้านส่งให้ได้อัตราการไหลครอบคลุมตลอดพิสัยที่จะทำการทดสอบ ในกรณีที่ปรับความดันด้านดูดโดยใช้ประตูสำหรับควบคุมความดัน (Throttle Valve) จะต้องใส่ชุด

(Flow Control) ไว้หน้าปากทางเข้าของปั้มน้ำที่จะทดสอบ หรือติดตั้งอุปกรณ์ไว้ห่างจากปากทางเข้าปั้มน้ำมากพอที่จะทำให้การไหลเข้าสู่ใบพัดของปั้มน้ำปราศจากอิทธิพลของอุปกรณ์ดังกล่าวและในกรณีที่การทดสอบเป็นแบบวงจรปิดจะต้องระวังไม่ให้อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลง

0-40 ซึ่งเป็นพิสัยที่ยอมให้ใช้ค่าความหนาแน่นมวลของน้ำเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

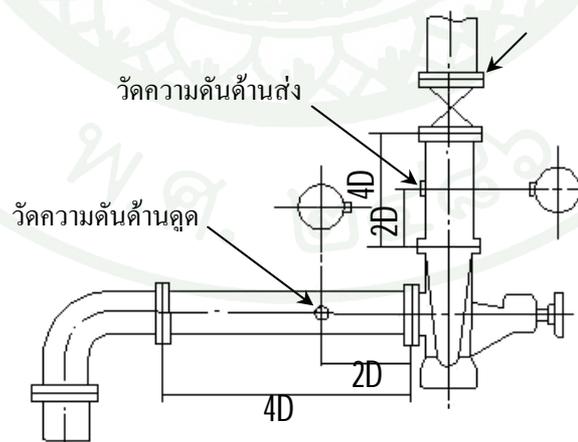
(Total Head) ได้จากสมการ

$$H_t = h_d - h_s + \frac{V_d^2}{2g} - \frac{V_s^2}{2g} \quad (19)$$



16

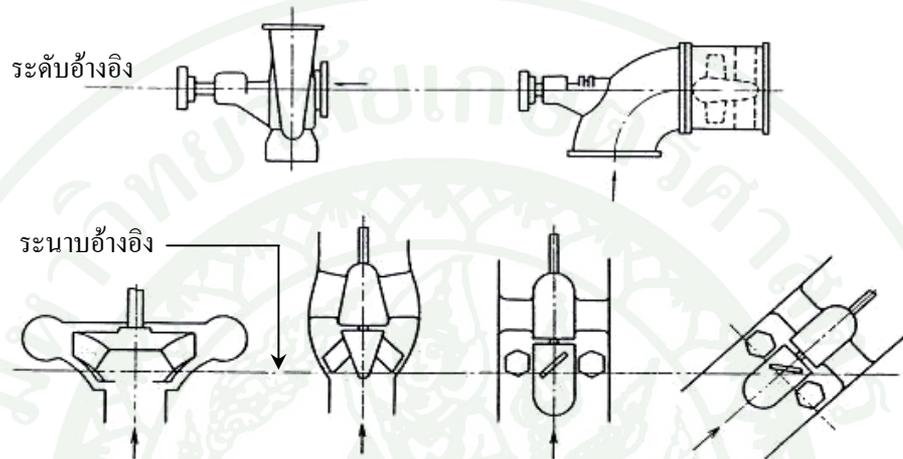
: Japanese Standards Association (1990)



17 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดความดัน

: (2534)

เครื่องมือที่ใช้วัดความดันจะต้องอ่านได้ละเอียดถึง $1/100$ ของหัวรวมของสูบที่กำหนดไว้
 ในกรณีที่ใช้มาตรวัดความดันแบบบูร์ดอง (Bourdon tube) จะต้องเปรียบเทียบมาตรวัดเสียก่อนโดย
 ใช้ Dead Weight Tester Standard Liquid Column มาตรวัดที่ใช้จะต้องมี
 สเกลพอเหมาะ คือ หัวรวมที่กำหนดจะอยู่ในช่วงระหว่าง 1 2 เท่าของสเกล



18 ตำแหน่งของระนาบอ้างอิงในการคำนวณหัวรวมของปั้มน้ำ

: (2534)

เครื่องมือวัดอัตราการไหลส่วนใหญ่จะเป็นฝายระบาย (Weir) (Orifice)

(Venturi) ต้องสร้างเครื่องมือเหล่านี้ให้ถูกต้องตามมาตรฐานและใช้วัดตามวิธี

กำหนด การวัดอัตราเร็วรอบของสูบด้วยเครื่องมือวัดรอบที่มีความแม่นยำสูง และอ่านให้ละเอียดถึง $1/200$

รอบต่อนาทีที่กำหนด ต้องวัดหลายๆครั้งขณะทดสอบที่แต่ละจุด แล้วนำค่าที่
 อ่านมาหาค่าเฉลี่ยเป็นอัตราเร็วที่จุดนั้น กำลังเพลานี้ปั้มน้ำสามารถวัดจากพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์

(Characteristics) โดยการทดสอบล่วงหน้ามาแล้ว ปริมาณต่างๆที่วัดเพื่อนำมา
 ณกำลังที่เพลาดังกล่าวต้องอ่านละเอียดถึง $1/10$ ของค่าที่วัด

ในกรณีที่กำหนดเงื่อนไขด้านดูด (Suction Conditions) ใช้ทดสอบสูบที่หัวและความจรรยา
 แล้ววัดความดันด้านดูดลงจนหัวรวมลดลงจากค่าปรกติ 3% ให้ใช้สภาวะนั้นคำนวณค่า Required
 NPSH (, 2534)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการคำนวณและออกแบบปั๊มน้ำแบบก้นหอยรวมทั้งชุดทดสอบ ซึ่งใช้ระบบปฏิบัติการที่ได้รับลิขสิทธิ์ถูกต้องตามกฎหมายของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีข้อมูลจำเพาะของเครื่องดังนี้

	Windows XP Professional Service Pack 3
หน่วยประมวลผลกลาง	AMD Turion 64 1.6 GHz
หน่วยความจำ	1024 MB

2. ซอฟต์แวร์สำเร็จ MATLAB

เป็นซอฟต์แวร์สำเร็จรูปที่ใช้ในการคำนวณหาพิกัดของเส้นเวียน คังของใบพัดก้นหอย เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการออกแบบปั๊มน้ำแบบก้นหอย โดยซอฟต์แวร์นี้ได้รับลิขสิทธิ์ถูกต้องตามกฎหมายของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ซอฟต์แวร์สำเร็จ SolidWorks

เป็นซอฟต์แวร์สำเร็จรูปที่ใช้ในการออกแบบและสร้างแบบจำลองปั๊มน้ำแบบก้นหอยแล้วนำแบบจำลองที่ได้ไป ขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรซีเอ็นซี (CNC) เพื่อให้ได้ชิ้นงานออกมาแล้วจึงนำชิ้นงานแต่ละส่วนมาประกอบกันเป็นปั๊มน้ำแบบก้นหอย โดยซอฟต์แวร์นี้ได้รับลิขสิทธิ์ถูกต้องตามกฎหมายของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันไฟ 24 โวลต์ ขนาด 500 วัตต์ เป็นอุปกรณ์ต้นกำลัง สำหรับแปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานทางกล เพื่อถ่ายโอนพลังงานไปยังของเหลวผ่านเพลลาขับ



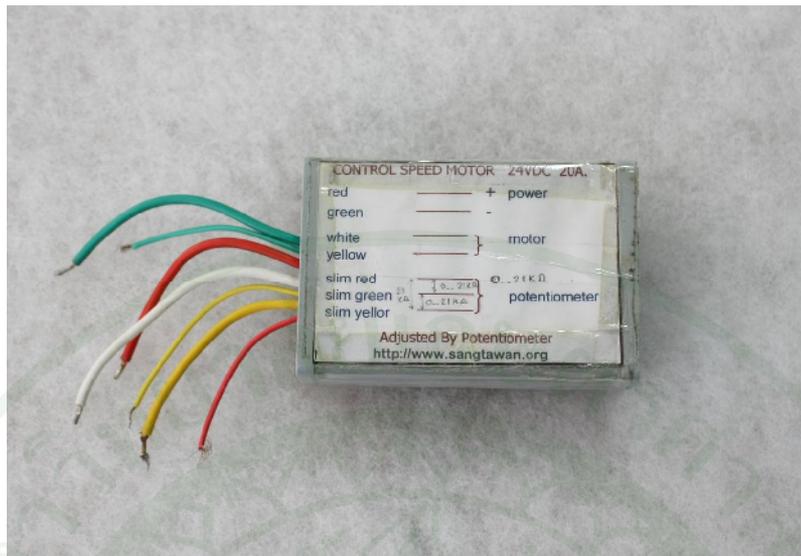
19 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 500 วัตต์

5. อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์

เป็นอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรงแบบอนาล็อก โดยใช้หลักการปรับเปลี่ยนความต้านทานไฟฟ้าด้วยดีมเมอร์ (Dimmer) ซึ่งอุปกรณ์ทั้งสองจะต่อกันเป็นวงจรอยู่ในชุดกล่องเดียวกัน โดยอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์จะบรรจุอยู่ด้านในและดีมเมอร์จะติดตั้งอยู่ด้านนอก เพื่อความสะดวกในการปรับความเร็วรอบมอเตอร์

20

21



20 อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์



21 ชุดกล่องบรรจุอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์และดีมเมอร์

6.

แบตเตอรี่ชนิดแห้ง ขนาด 12 V 20 Ah 2 ก้อน ต่ออนุกรมกัน พร้อมด้วยเครื่องชาร์จ
ไฟแบตเตอรี่ สำหรับจ่ายไฟแรงดัน 24 โวลต์ ให้กับมอเตอร์ต้นกำลัง



22 แบตเตอรี่ชนิดแห้ง ขนาด 12 V 20 Ah



23 เครื่องชาร์จไฟแบตเตอรี่

7. ป้อนน้ำแบบกันหอย

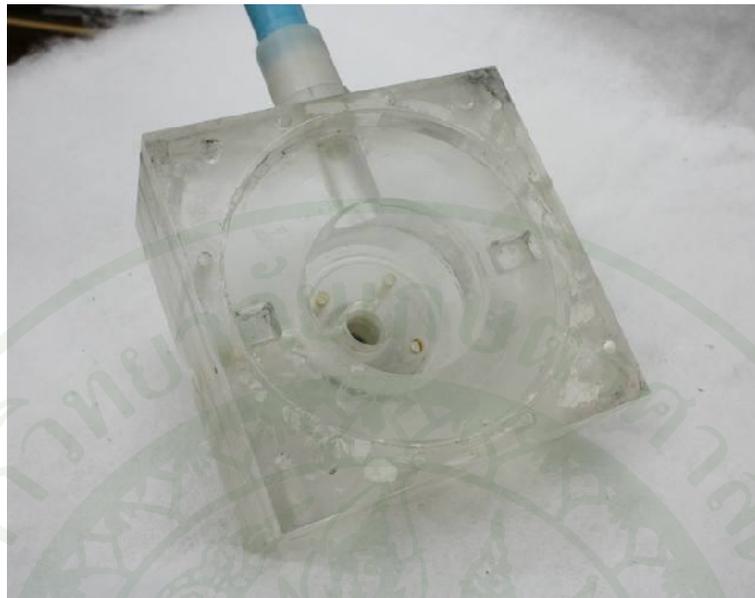
ป้อนน้ำแบบกันหอย 2 (Acrylic) หรับตัวเรือนปั๊ม
 ไบพัดกันหอยแบบหุคหนึ่ง (Aluminum alloy) เบอร์ 7075
 เรือนปั๊มของไบพัดกันหอยแบบเคลื่อนที่ ไบพัดกันหอยแบบหุคหนึ่ง ไบพัดกันหอยแบบ
 24 27



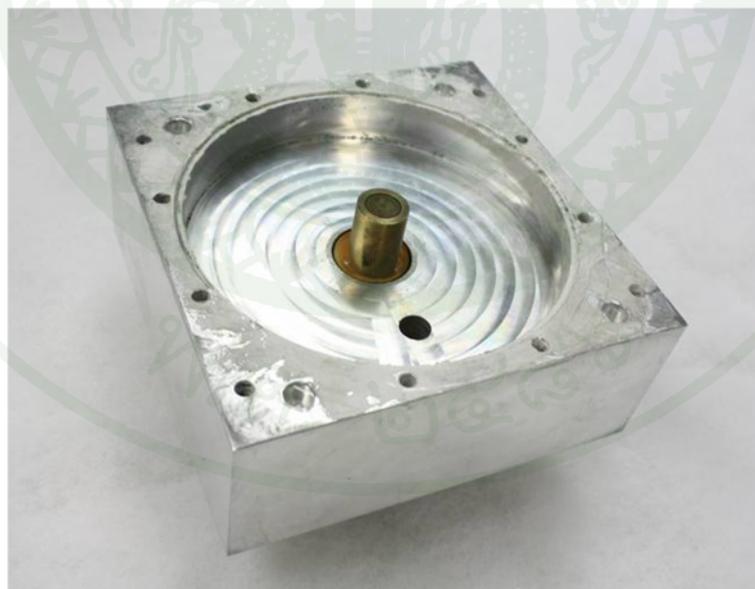
24 ไบพัดกันหอยแบบหุค



25 ไบพัดกันหอยแบบเคลื่อนที่



26 ตัวเรือนปั๊มของใบพัดกั้นหอยแบบหยุดนิ่ง



27 ตัวเรือนปั๊มของใบพัดกั้นหอยแบบเคลื่อนที่

8.

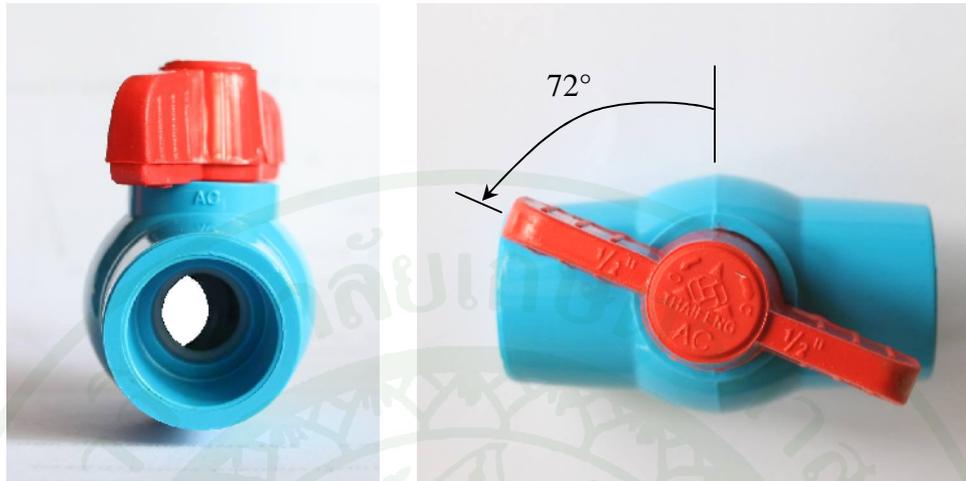
ในการทดสอบครั้งนี้ได้ใช้ชุดบอลวาล์วขนาด $\frac{3}{4}$ นิ้ว 4 ตัว ทำหน้าที่เป็นประตูน้ำ สำหรับปรับความดันภายในระบบท่อ โดยกำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งการหมุนวาล์ว 4 ค่า คือ 36° 54° 72° 90° ซึ่งแสดงไว้ในภาพที่ 28 31



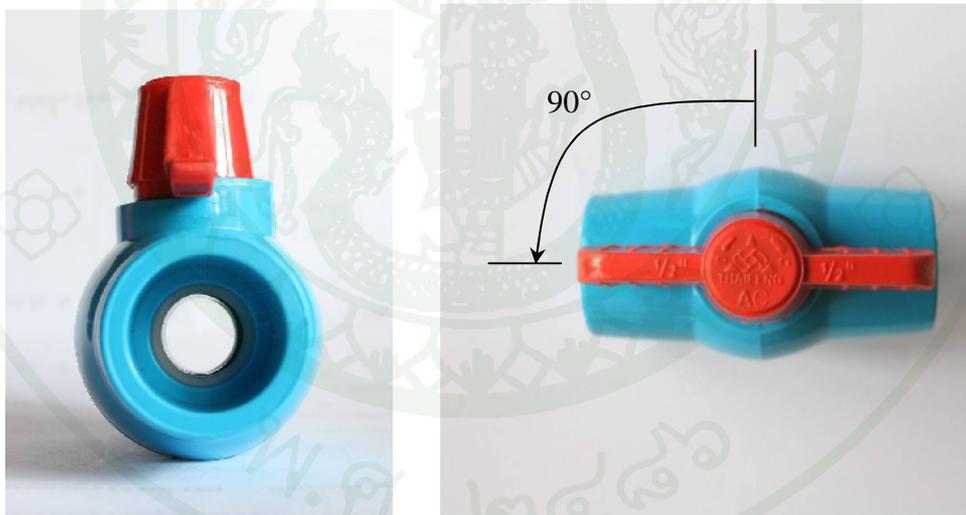
28 ตำแหน่งการหมุนวาล์ว 36



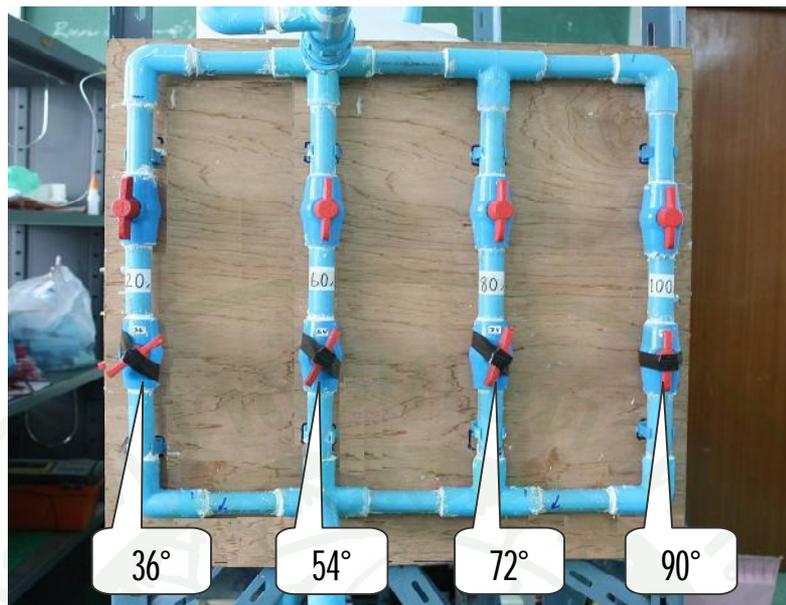
29 ตำแหน่งการหมุนวาล์ว 54



30 ตำแหน่งการหมุนวาล์ว 72



31 ตำแหน่งการหมุนวาล์ว 90



32 รูปแบบการติดตั้งชุดบอลลวล้ำทำหน้าที่เป็นประตูน้ำ

9.

ใช้เครื่องมือวัดความดันแบบบูร์ดอง (Bourdon tube) ยี่ห้อ Denki รุ่น DKG-I Series
ย่านการวัด 0-60 psi หน้าปัดกว้าง 2.5



33 เครื่องวัดความดันแบบบูร์ดอง

10.

ไว้บริเวณด้านข้างของถังน้ำพลาสติก เพื่อใช้อัตราการไหล
ของปั้มน้ำ โดยวัดจากปริมาณน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลา



34

11.

ใช้นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอลในการจับเวลาที่ปั้มน้ำสามารถสูบน้ำได้ต่อหนึ่งหน่วย



35

12. เครื่องมือวัดความเร็วรอบมอเตอร์

ใช้ดิจิทัล โทมิเตอร์ (Digital Tachometer)

ยี่ห้อ DIGICON รุ่น DT-245P

ความเร็วรอบของมอเตอร์



36 เครื่องมือวัดความเร็วรอบมอเตอร์

13. ไฟฟ้า

ใช้ดิจิทัลแคลมป์มิเตอร์ (Digital clamp meter) ยี่ห้อ KYORITSU ในการหากระแสไฟฟ้า
ไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการจับป้อนน้ำแบบกั้นหอย



37 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า

14.

100

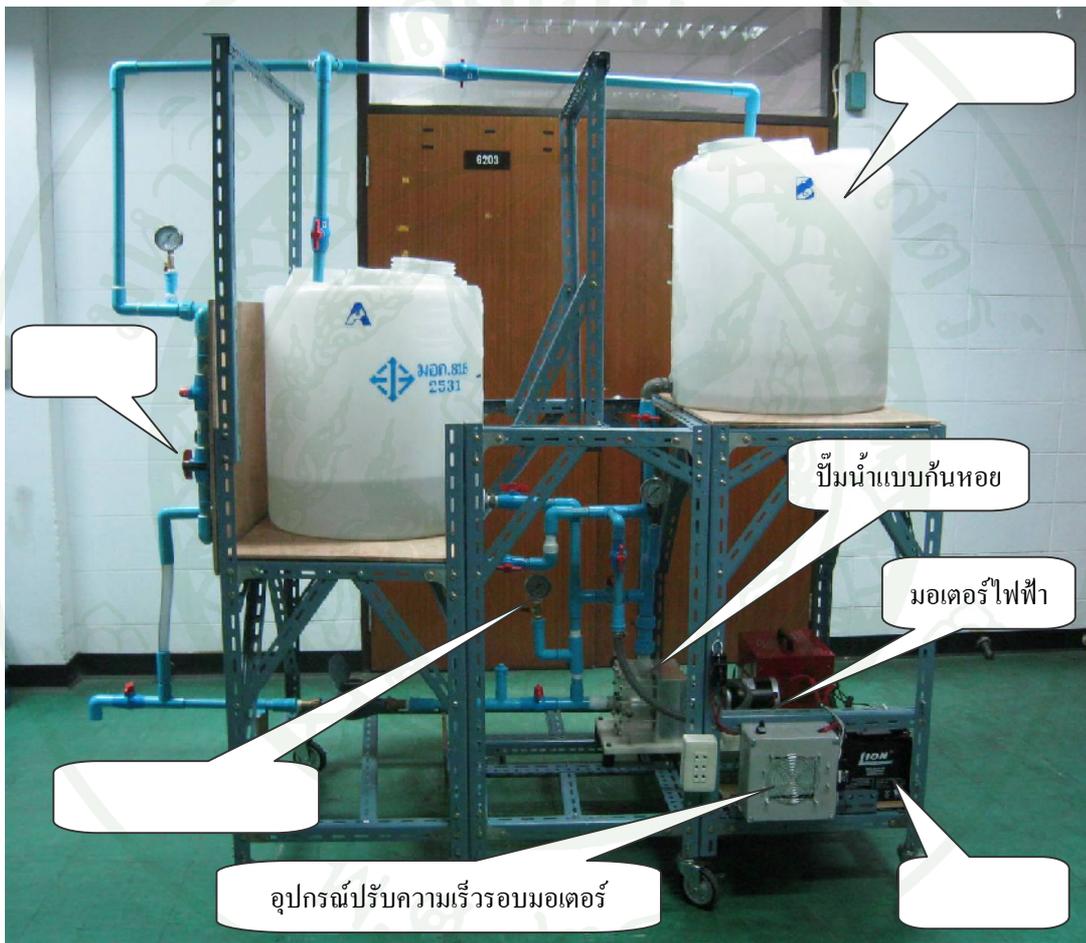
2 ถัง ใช้สำหรับบรรจุน้ำที่ใช้ใน



38

15. ชุดท่อพีวีซีและโครงเหล็ก

ชุดท่อพีวีซีและโครงเหล็กสำหรับทดสอบปั้มน้ำแบบกั้นหอย ใช้ท่อพีวีซีตรง ข้อต่อ และข้องอ $\frac{3}{4}$ 13.5 มิลลิเมตร และใช้เหล็กฉากเจาะรู ขนาด 1.5×1.5 ประกอบกันเป็นชุด ติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าต่างๆตามระยะที่ระบุในมาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น (JIS B 8301)



39 ตำแหน่งการติดตั้งปั้มน้ำแบบกั้นหอยและอุปกรณ์ต่างๆ

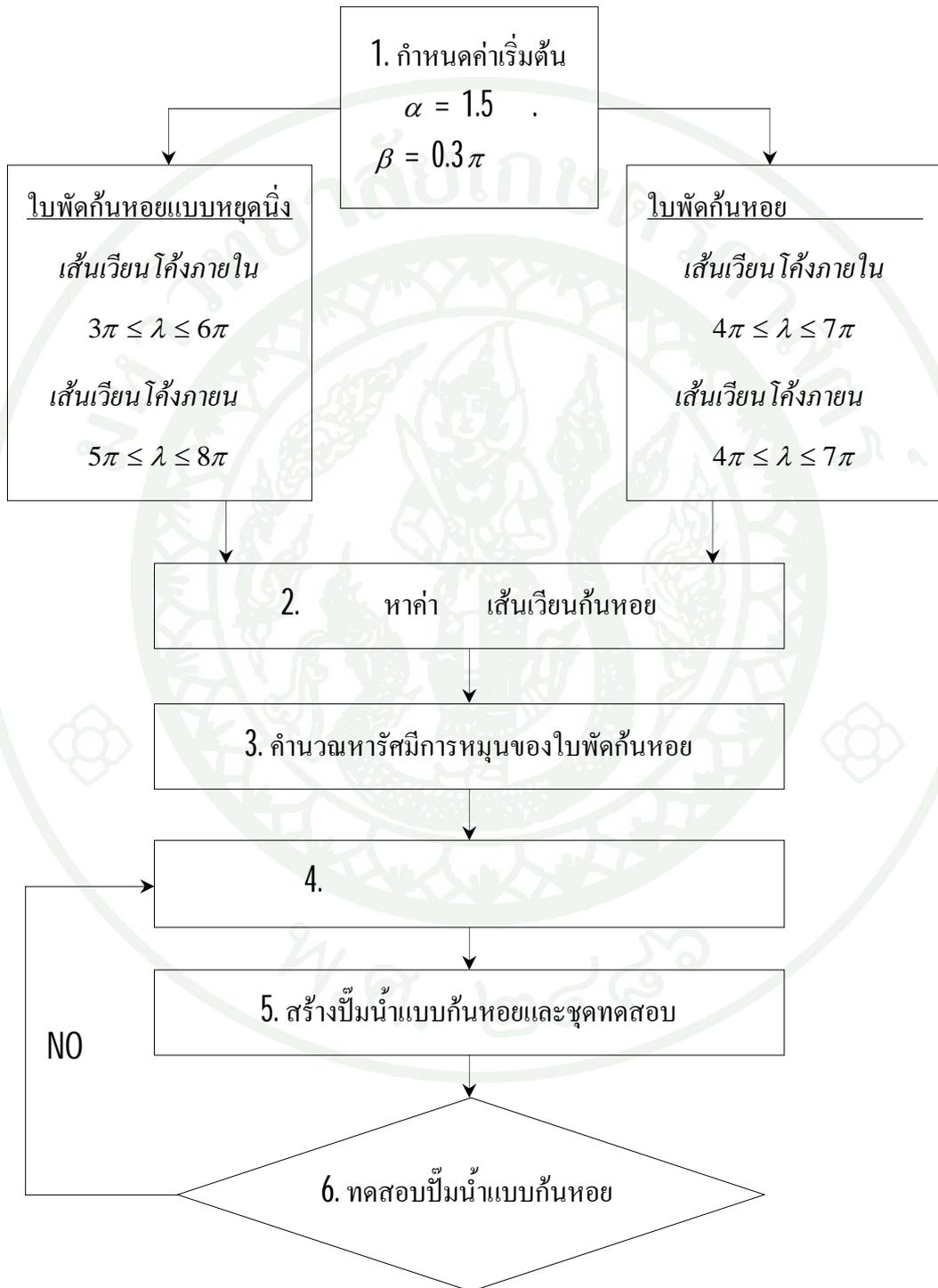
ได้ทำการออกแบบ ปั้มน้ำแบบก้นหอยให้มีป
 ดียิ่งขึ้น โดยส่วนการออกแบบและสร้างปั้มน้ำแบบก้นหอยนั้นใช้ซอฟต์แวร์
 MATLAB ในการคำนวณหาค่าพิกัดของเส้นเวกนก้นหอยที่ค่าสัมประสิทธิ์ก้นหอย (α) เท่ากับ
 1.5 และค่าความแตกต่างของมุมเริ่มต้นการโค้ง (β) เท่ากับ 0.3π เรเดียน และสร้าง
 แบบจำลองปั้มน้ำแบบก้นหอยด้วยซอฟต์แวร์ SolidWorks นำไปกัดขึ้นรูปด้วย
 (CNC) แล้วจึงนำชิ้นงานแต่ละส่วนมาประกอบกันเป็นปั้มน้ำแบบก้นหอย

ในส่วนของการ ปั้มน้ำแบบก้นหอยให้มีประสิทธิภาพ
 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แบบก้นหอยและตัวเรือนปั้มให้มีขนาดพอเหมาะ เพื่อให้ประหยัด
 งบประมาณในการสร้างและประหยัดพลังงานในการดำเนินการทดสอบ
2. ออกแบบชุดทดสอบให้มีขนาดพอเหมาะ ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์
 เพื่อให้ใช้พื้นที่ทดสอบน้อย ง่ายต่อการเคลื่อนย้าย และยังสามารถใช้เป็นชุดสาธิตการทำงานของ
 ปั้มน้ำแบบก้นหอยในงานวิชาการต่างๆได้
3. ตัวเรือนปั้มของใบพัดก้นหอยแบบหยดนิ่ง (Acrylic) ใส เพื่อให้
 สามารถมองเห็นรูปแบบการทำงานของใบพัดและรูปแบบการไหลของน้ำภายในตัวเรือนปั้มได้
 ส่วนตัวเรือนปั้มของใบพัดก้นหอยแบบเคลื่อนที่และใบพัดทั้งสองใบนั้น ใช้วัสดุโลหะผสม
 เนิมเบอร์ 7075 เพื่อให้ง่ายต่อการกัดขึ้นรูปและไม่ก่อให้เกิดสนิม
4. ใช้ (Mechanical Seal) เป็นอุปกรณ์กันรั่วบริเวณเพลาชักด้านหลังตัวเรือนปั้ม
 เพื่อแก้ปัญหาเรื่องน้ำรั่วออกตามแนวแกนเพล
5. ออกแบบท่อด้านดูด (Suction port) ให้อยู่ด้านหน้า และท่อด้านจ่าย (Discharge port) อยู่
 ทางด้านบนของตัวปั้ม เพื่อแก้ปัญหาเรื่องโพรงอากาศกั้นทางน้ำเข้ามายังตัวเรือนปั้มในท่อด้านดูด
6. ออกแบบให้มีท่อความดันย้อนกลับ (Back pressure) โดยต่อจากท่อทางด้านจ่ายไปเข้าที่
 ด้านหลังตัวเรือนปั้ม เพื่อให้แรงดันน้ำจากท่อด้านจ่ายไปดันบริเวณหลังใบพัดก้นหอยแบบเคลื่อนที่
 ให้แนบสนิทกับใบพัดก้นหอยแบบหยดนิ่งมากขึ้น เพื่อลดความดันสูญเสียระหว่างใบพัดทั้งสอง

ปั้มน้ำแบบกั้

คั้งค้ไปนั้



40
รายละเอียดดังต่อไปนี้

ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของปั้มน้ำแบบก้นหอย

1. ข้อมูล ต้นในการออกแบบใบพัดก้น

ในงานวิจัยนี้ได้ ข้อมูลเริ่มต้นในการออกแบบใบพัดก้นหอยแบบหยุดนิ่งและแบบเคลื่อนที่ไว้ดังต่อไปนี้

1.1 ค่าสัมประสิทธิ์ก้นหอย (Scroll Coefficient, α) เท่ากับ 1.5

1.2 ค่าความแตกต่างของมุมเริ่มต้นการโค้ง (Discrepancy of Starting Rolls Angle, β) เท่ากับ 0.3π

1.3 ตำแหน่งมุม (Position Angle, λ)

1.3.1 ใบพัดก้นหอยแบบหยุดนิ่ง (Fixed scroll)

เส้นเวียนโค้งภายใน

$$3\pi \leq \lambda \leq 6\pi$$

เส้นเวียนโค้งภายนอก

$$5\pi \leq \lambda \leq 8\pi$$

1.3.2 ใบพัดก้นหอยแบบเคลื่อนที่ (Orbiting Scroll)

เส้นเวียนโค้งภายใน

$$4\pi \leq \lambda \leq 7\pi$$

เส้นเวียนโค้งภายใน

$$4\pi \leq \lambda \leq 7\pi$$

1.4 มุมข้อเห (Crank Angle, θ) เท่ากับ 0 2π

2. การคำนวณหาค่าพิกัดเส้นเวียนก้นหอย

คำนวณหาค่าพิกัดเส้นเวียนก้นหอยได้โดยการป้อน
เส้นเวียนก้นหอยลงในซอฟต์แวร์สำเร็จ MATLAB ที่ค่าสัมประสิทธิ์ก้นหอย (α) เท่ากับ 1.5
มิลลิเมตร และค่าความแตกต่างของมุมเริ่มต้นการโค้ง (β) เท่ากับ 0.3π เรเดียน โดยเปลี่ยนค่ามุม
ข้อเหวี่ยง (θ) 0.1π 0 2π ซึ่งรายละเอียดของการคำนวณหาค่าพิกัด
เส้นเวียนก้นหอยสามารถศึกษาได้ในภาคผนวก ข

3. การคำนวณหารัศมีการหมุนของใบพัดก้นหอย

ในการคำนวณหารัศมีการหมุนของใบพัดก้นหอยนั้น จะคำนวณจากครึ่งหนึ่งของผลต่าง
ระหว่างจุดไกลสุดกับจุดใกล้สุดจากจุด (0,0) ของใบพัดก้นหอยแบบเคลื่อนที่
รัศมีการหมุนของใบพัดก้นหอยแบบเคลื่อนที่มีค่าเท่ากับ 3.295
รายละเอียดได้ในภาคผนวก ข

4. สร้างแบบจำลองใบพัดก้นหอยและชิ้นส่วนประกอบต่างๆ

นำค่าพิกัดเส้นเวียนก้นหอยที่คำนวณได้จากซอฟต์แวร์สำเร็จ MATLAB
สร้างแบบจำลองในซอฟต์แวร์สำเร็จ SolidWorks ของปั้มน้ำแบบก้นหอย
ได้แสดงไว้ใน

5. การสร้างปั้มน้ำแบบก้นหอยและชุดทดสอบ

เขียนแบบจำลองปั้มน้ำแบบก้นหอยและชุดทดสอบแล้ว จึงนำ
แบบจำลองที่ได้ไปสร้างชิ้นงานจริง โดยส่วนของปั้มน้ำแบบก้นหอยนั้นจะใช้เครื่องซีเอ็นซีในการ
กัดขึ้นรูป ซึ่งใช้วัสดุ 2 อะคริลิกใส สำหรับตัวเรือนปั้มน้ำของใบพัดก้นหอยแบบหยุดนิ่ง
เพื่อให้สามารถมองเห็นรูปแบบก ตัวเรือนปั้มน้ำ

ส่วนตัวเรือนปั้มน้ำของใบพัดก้นหอยแบบเคลื่อนที่และใบพัดทั้งสองใบนั้น ใช้วัสดุ
เบอร์ 7075 เพื่อให้ง่ายต่อการกัดขึ้นรูปและไม่ก่อให้เกิดสนิม ในส่วนของ
ใช้ 1.5×1.5 นิ้ว ประกอบกันเป็นชุดทดสอบและติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าต่างๆ
มาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น (JIS B 8301)

6. การทดสอบปั้มน้ำแบบก้นหอย

ในงานวิจัยนี้ ได้กำหนดความเร็วรอบมอเตอร์ไว้ที่ 200 700 รอบต่อนาที โดยใช้อุปกรณ์
 วอร์มมอเตอร์ในการควบคุม การทดสอบเริ่มจากเติมน้ำเข้าถังเก็บน้ำที่อยู่ต่ำกว่าให้ได้
 80 ลิตร และเปิดประตูน้ำที่ตำแหน่งการหมุนวาล์ว 90
 มอเตอร์เริ่มต้นที่ 200 รอบต่อนาที โดยใช้ แทคโคมิเตอร์ (Digital Tachometer)
 ตรวจสอบความเร็วรอบ รอให้อยู่ในสภาวะการไหลสม่ำเสมอ (Steady flow) แล้วจึงอ่านค่าต่างๆ
 ได้แก่ ความดัน อัตราการไหล และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ แล้วบันทึก

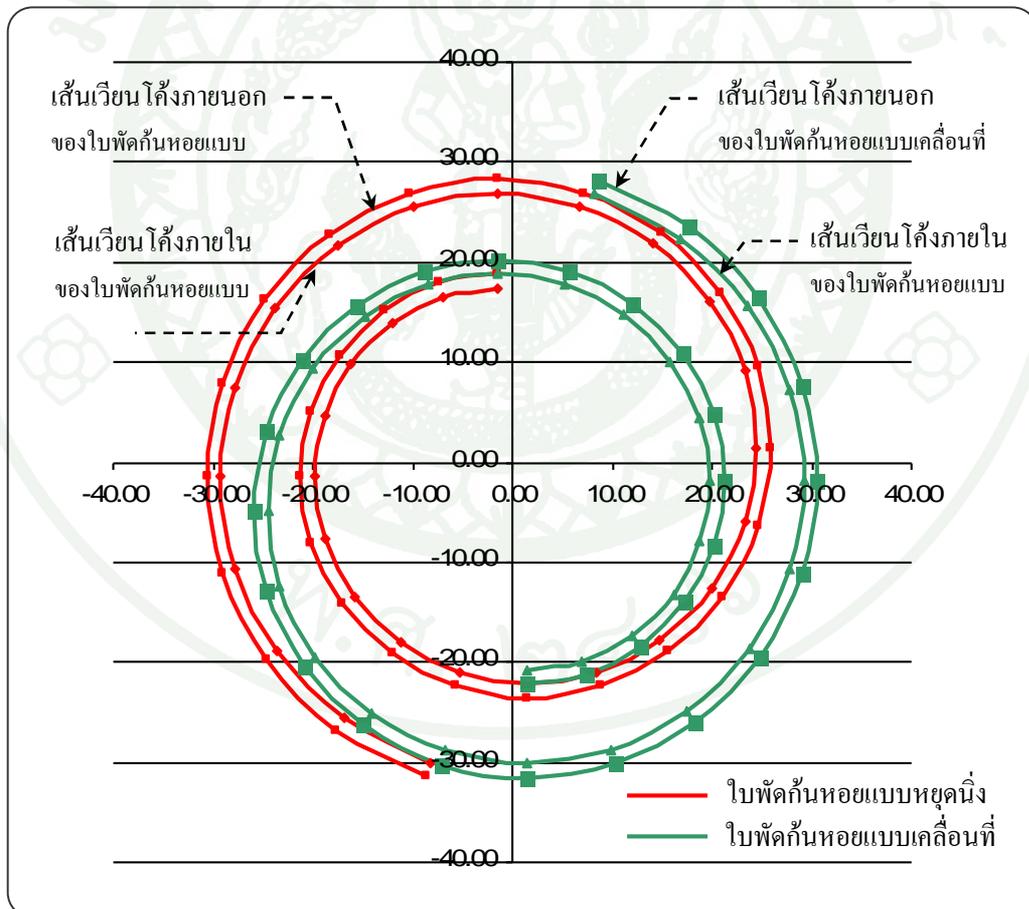
ให้ปรับความเร็วรอบมอเตอร์เพิ่มขึ้นไปที่ 300 รอบต่อนาที รอให้อยู่ในสภาวะ
 การไหลสม่ำเสมอ แล้วจึงอ่านค่าต่างๆพร้อมบันทึกผลเช่นเดียวกับความเร็วรอบเริ่มต้น หลังจาก
 100 รอบต่อนาที จนกระทั่งมีความเร็วรอบ 700
 รอบต่อนาที แล้วบันทึกผลที่ได้ในแต่ละความเร็วรอบ เมื่อทำการทดสอบที่ตำแหน่งการหมุน
 วาล์ว 90° รอบทุกความเร็วรอบแล้ว จึง ยนตำแหน่งการหมุนวาล์วของประตูน้ำเป็น 72° 54°
 36° แล้วทำการทดสอบและบันทึกผลเช่นเดียวกับที่ตำแหน่งการหมุนวาล์ว 90°

เมื่อทำการทดสอบครบทุกตำแหน่งการหมุนวาล์วและทุกความเร็วรอบมอเตอร์แล้ว จึงทำ
 4 ครั้ง เพื่อให้ได้ชุดข้อมูลที่มากพอในการหาค่าเฉลี่ยได้อย่างถูกต้อง แล้วจึง
 นำผลที่ได้ไปสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ความเร็วรอบ ความดัน กำลังไฟฟ้าที่ใช้
 รวม และประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของปั้ม ซึ่งจะแสดงไว้ในส่วนของผลและวิจารณ์
 ต่อไป

วิจารณ์

1. การคำนวณหาค่าพิกัดเส้นเวียนก้นหอย

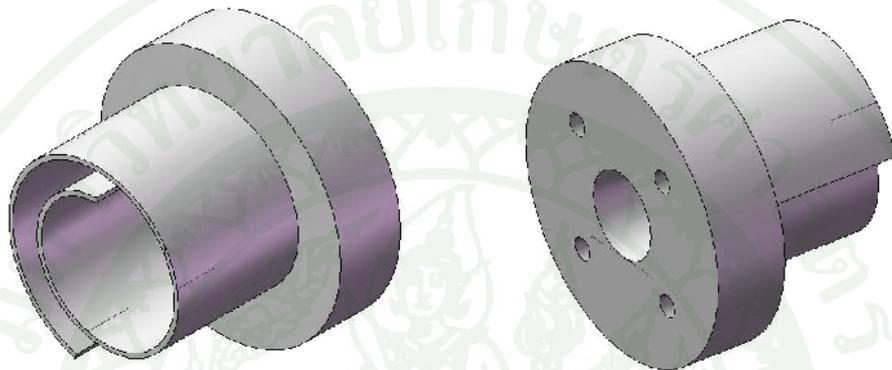
41 ตัวอย่างเส้นเวียนโค้งภายในและเส้นเวียนโค้งภายนอกของใบพัดก้นหอย
ค่าสัมประสิทธิ์ก้นหอย (α) เท่ากับ 1.5 ค่าความแตกต่างของมุมเริ่มต้นการโค้ง (β)
เท่ากับ 0.3π ข้อเหวี่ยง (θ) มีค่า 1.5π
ค่าพิกัดเส้นเวียนก้นหอยสามารถศึกษาได้ในภาคผนวก ข



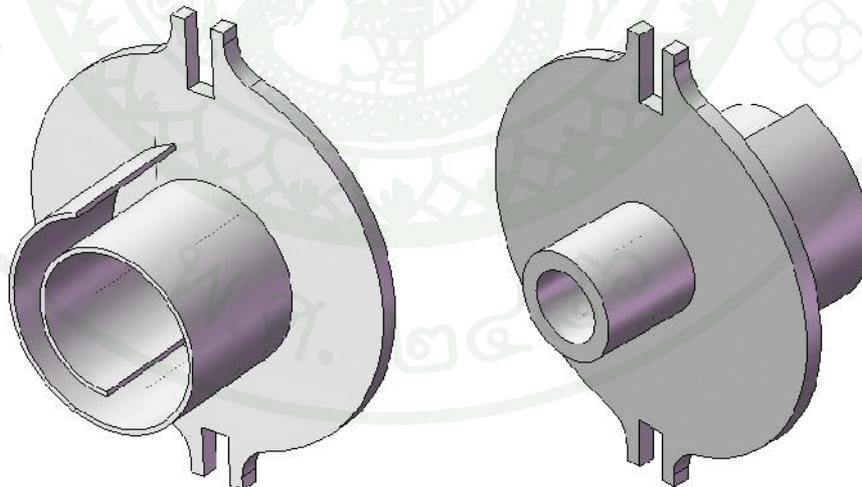
41 ย่างเส้นเวียนโค้งภายในและภายนอกของใบพัดก้นหอย ข้อเหวี่ยง 1.5π

2. ผลการออกแบบและสร้าง ใบพัดกันหอยและชิ้นส่วนประกอบต่างๆ

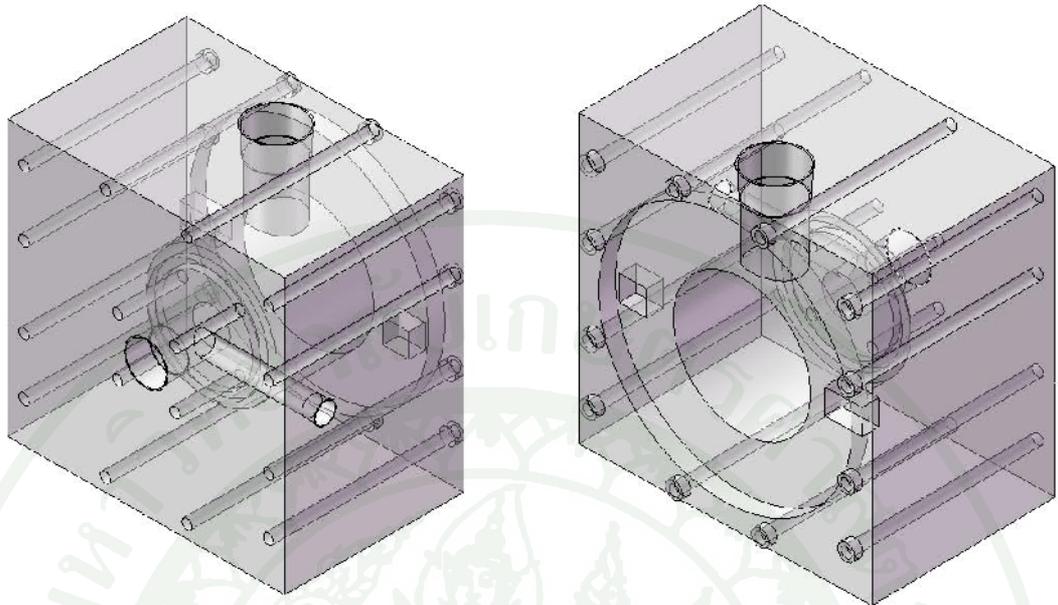
ผลการออกแบบและสร้างแบบจำลองใบพัดกันหอยและชิ้นส่วนประกอบต่างๆ
ซอฟต์แวร์ MATLAB 42 47
ใบพัดกันหอยและชิ้นส่วนประกอบต่างๆสามารถศึกษาได้ในภาคผนวก ค



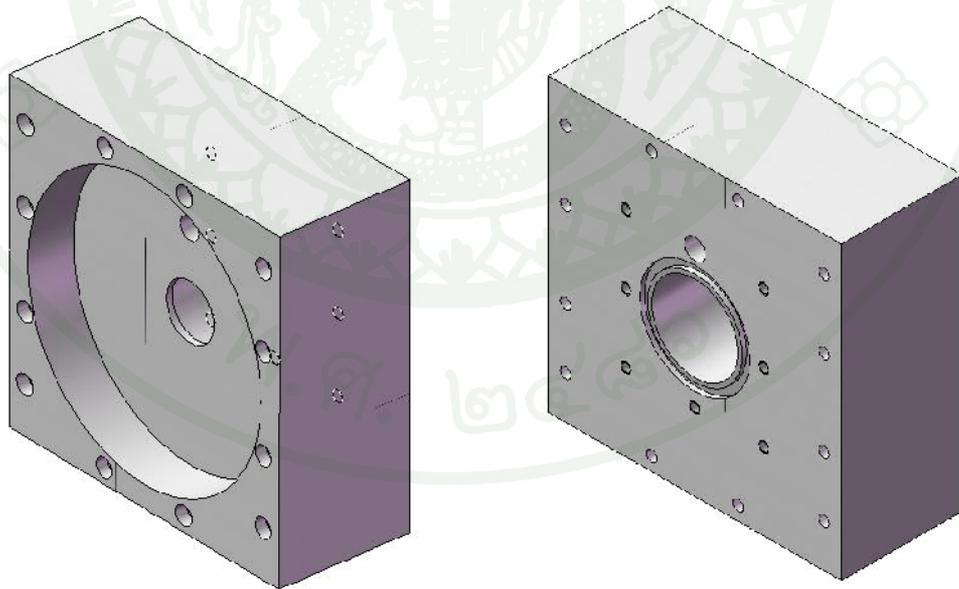
42 แบบจำลองใบพัดกันหอยแบบหยุดนิ่ง



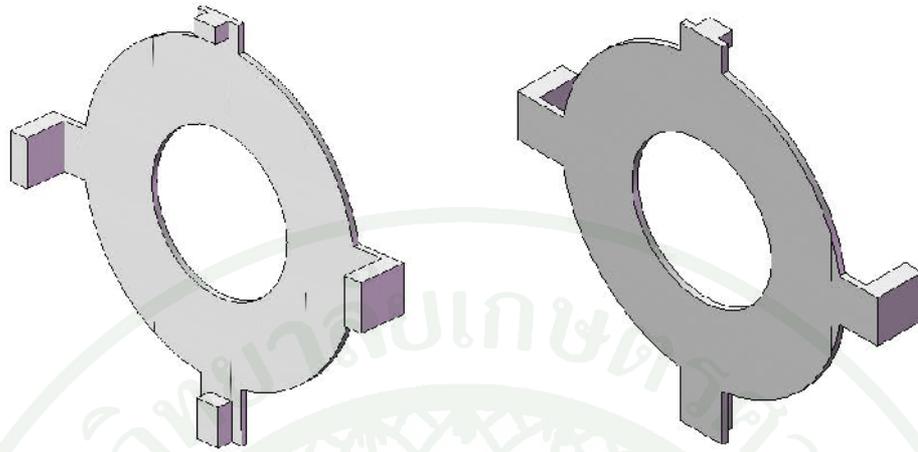
43 แบบจำลองใบพัดกันหอยแบบเคลื่อนที่



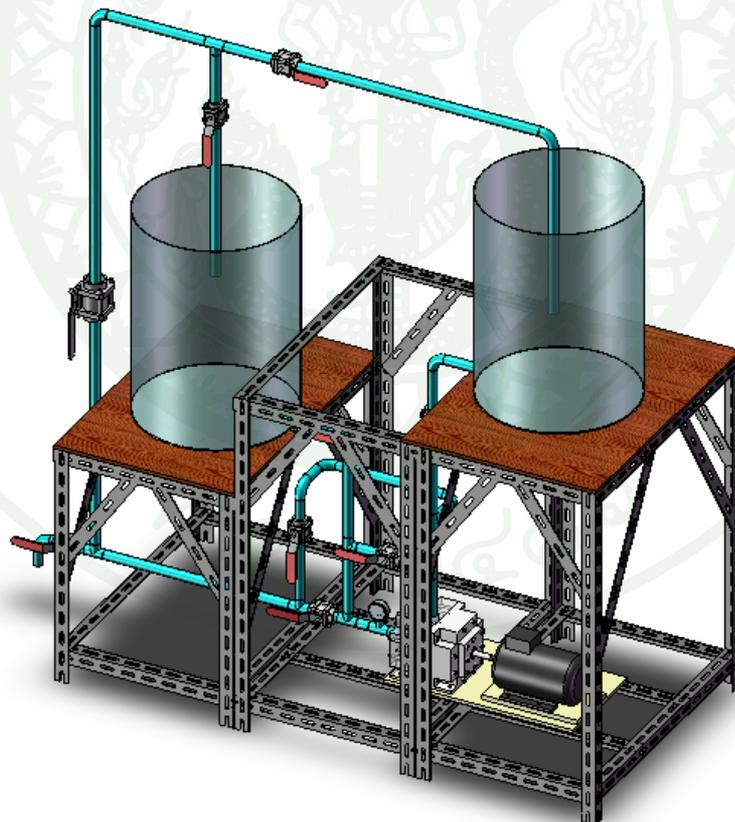
44 ตัวเรือนปั๊มของใบพัดกั้นหอยแบบหยุดนิ่ง



45 ตัวเรือนปั๊มของใบพัดกั้นหอยแบบ



46 แบบจำลองโอดล์แฮมริง (Oldham Ring) ของปั้มน้ำแบบก้านหยอ

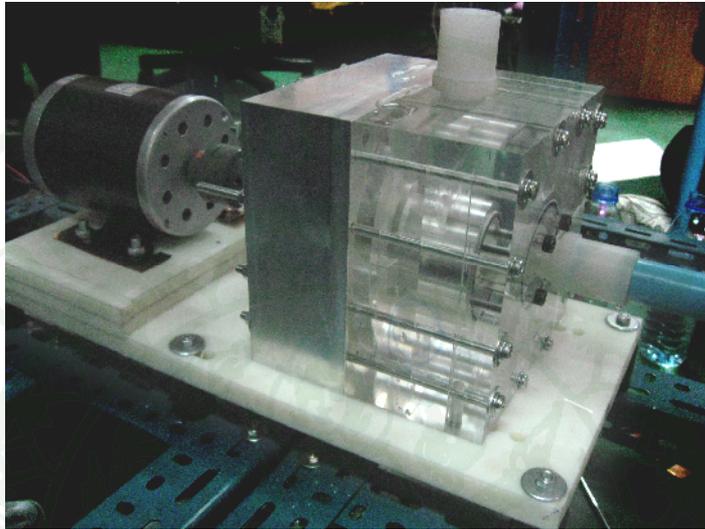


47 แบบจำลองชุดทดสอบปั้มน้ำแบบก้านหยอ

3. ผลการสร้างปั้มน้ำแบบกั้นหอยและชุดทดสอบ

ผลการสร้างปั้มน้ำแบบกั้นหอยและชุดทดสอบ

48 49



48 ผลการสร้างปั้มน้ำแบบกั้นหอย



49 ผลการสร้างชุดทดสอบ

ต่อท่อความดันย้อนกลับ (Back pressure) ท่อทางด้านจ่ายไปเข้าที่หลังตัวเรือนปั๊ม เพื่อให้แรงดันน้ำจากท่อด้านจ่ายไปดันบริเวณหลังใบพัดเคลื่อนที่ให้น้ำมันกับใบพัดหยุดนิ่งมากขึ้น ซึ่งจะทำให้การสูญเสียของความดันระหว่างใบพัดทั้งสองมีค่าน้อยลง ดังภาพที่ 50



50 ผลการต่อท่อความดันย้อนกลับ

ออกแบบท่อด้านดูด (Suction port) ให้อยู่ด้านหน้า และท่อด้านจ่าย (Discharge port) อยู่ทางด้านบนของตัวปั๊ม เพื่อแก้ปัญหาเรื่องโพรงอากาศกันทางน้ำเข้ามายังตัวเรือนปั๊ม 51



51 ผลการออกแบบท่อด้านดูดและท่อด้านจ่าย

4. ผลการทดสอบปั้มน้ำแบบกั้นหอย

ผลการทดสอบปั้มน้ำแบบกั้นหอยที่ความเร็วรอบต่างๆ มีดังนี้

1 ผลการทดสอบปั้มน้ำแบบกั้นหอย 200 รอบต่อนาที

ตำแหน่งการหมุนวาล์ว ()	(ลิตรต่อนาที)	(ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)	ไฟฟ้า ๕ (วัตต์)
90	5.00	0.14	45.12
72	5.10	0.20	47.04
54	4.82	0.30	44.64
36	4.68	1.48	50.88

2 ผลการทดสอบปั้มน้ำแบบกั้นหอย 300 รอบต่อนาที

ตำแหน่งการหมุนวาล์ว ()	(ลิตรต่อนาที)	(ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์)
90	8.32	0.30	57.12
72	8.26	0.36	56.64
54	7.88	0.84	58.08
36	7.38	4.08	62.88

3 ผลการทดสอบปั้มน้ำแบบกั้นหอย 400 รอบต่อนาที

ตำแหน่งการหมุนวาล์ว ()	(ลิตรต่อนาที)	(ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์)
90	11.55	0.40	66.72
72	10.69	0.54	68.64
54	10.37	1.48	70.56
36	10.00	6.50	80.64

4 ผลการทดสอบปั้มน้ำแบบก้นหอย

500 รอบต่อนาที

ตำแหน่งการหมุนวาล์ว ()	(ลิตรต่อนาที)	(ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์)
90	14.17	0.66	77.76
72	14.05	1.18	79.20
54	13.20	2.80	81.12
36	12.40	9.60	96.00

5 ผลการทดสอบปั้มน้ำแบบก้นหอย

600 รอบต่อนาที

ตำแหน่งการหมุนวาล์ว ()	(ลิตรต่อนาที)	(ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์)
90	16.67	1.64	87.84
72	16.67	1.92	88.32
54	16.33	4.16	88.80
36	14.30	12.30	106.08

6 ผลการทดสอบปั้มน้ำแบบก้นหอย

700 รอบต่อนาที

ตำแหน่งการหมุนวาล์ว ()	(ลิตรต่อนาที)	(ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์)
90	20.00	2.82	97.44
72	19.25	3.32	96.00
54	18.75	5.68	98.88
36	-	-	-

วิจารณ์

จากผลการทดสอบปั้มน้ำแบบก้นหอย ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 6
 คำนวณหาค่าประสิทธิภาพรวมของปั้มน้ำได้ดังแสดงผลในตาราง 7 12
 การคำนวณหาประสิทธิภาพรวมของปั้มน้ำแบบก้นหอยนี้ สามารถศึกษาได้จากภาคผนวก ข

7 ผลการคำนวณประสิทธิภาพรวมของปั้มน้ำ ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที

ตำแหน่งการหมุนวาล์ว ()	กำลังไฟฟ้าที่ได้ (ลิตรต่อนาที)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์)	(เปอร์เซ็นต์)
90	5.00	0.08	45.12	0.18
72	5.10	0.12	47.04	0.25
54	4.82	0.17	44.64	0.38
36	4.68	0.80	50.88	1.57

8 ผลการคำนวณประสิทธิภาพรวมของปั้มน้ำ ที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที

ตำแหน่งการหมุนวาล์ว ()	กำลังไฟฟ้าที่ได้ (ลิตรต่อนาที)	กำลังไฟฟ้าที่ได้ (วัตต์)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์)	(เปอร์เซ็นต์)
90	8.32	0.29	57.12	0.51
72	8.26	0.34	56.64	0.60
54	7.88	0.75	58.08	1.28
36	7.38	3.43	62.88	5.46

9

พรวมของปั้มน้ำ ที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที

ตำแหน่งการหมุนวาล์ว ()	กำลังไฟฟ้าที่ได้ (วัตต์)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์)	(เปอร์เซ็นต์)	
90	11.55	0.53	66.72	0.79
72	10.69	0.68	68.64	1.00
54	10.37	1.82	70.56	2.59
36	10.00	7.47	80.64	9.28

10 ผลการคำนวณประสิทธิภาพพรวมของปั้มน้ำ ที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที

ตำแหน่งการหมุนวาล์ว ()	กำลังไฟฟ้าที่ได้ (วัตต์)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์)	(เปอร์เซ็นต์)	
90	14.17	1.07	77.76	1.37
72	14.05	1.90	79.20	2.40
54	13.20	4.61	81.12	5.70
36	12.40	13.69	96.00	14.33

11 ผลการคำนวณประสิทธิภาพพรวมของปั้มน้ำ ที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที

ตำแหน่งการหมุนวาล์ว ()	กำลังไฟฟ้าที่ได้ (วัตต์)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์)	(เปอร์เซ็นต์)	
90	16.67	3.14	87.84	3.57
72	16.67	3.68	88.32	4.16
54	16.33	7.83	88.80	8.81
36	14.30	20.23	106.08	19.13

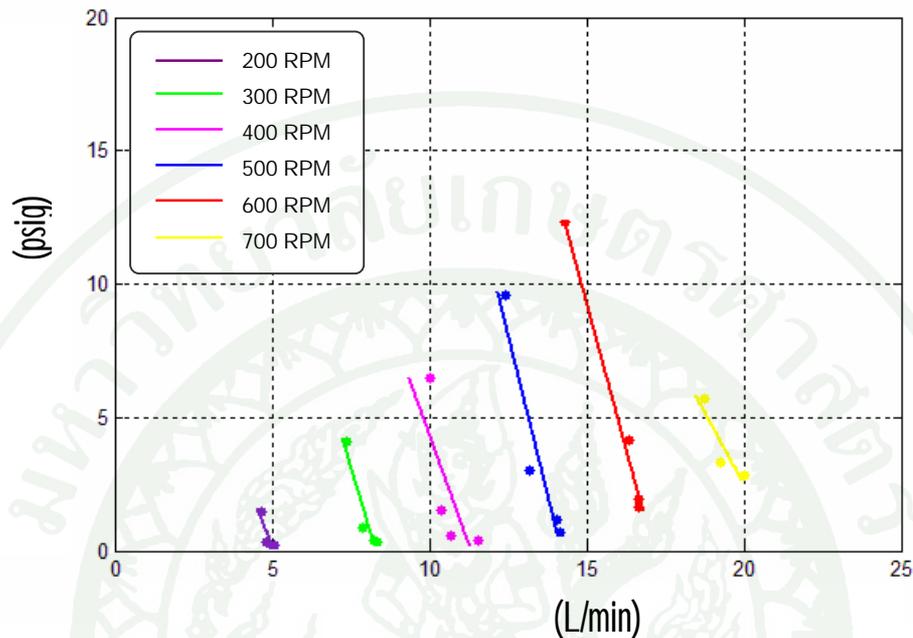
12 ผลการคำนวณประสิทธิภาพรวมของปั้มน้ำ ที่ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที

ตำแหน่งการหมุนวาล์ว ()	(ลิตรต่อนาที)	กำลังไฟฟ้าที่ได้ (วัตต์)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์)	(เปอร์เซ็นต์)
90	20.00	6.48	97.44	6.64
72	19.25	7.34	96.00	7.65
54	18.75	12.23	98.88	12.37
36	-	-	-	-

7 12 แสดงให้เห็นว่า เมื่อทำการทดสอบปั้มน้ำแบบก้นหอยที่ความเร็วรอบค่าใดค่าหนึ่ง ประสิทธิภาพรวมของปั้มน้ำจะมีการเปลี่ยนของปั้มน้ำจะมีค่าสูงสุดที่ตำแหน่งการหมุนวาล์ว 36 และมีค่าต่ำสุดที่ตำแหน่งการหมุนวาล์ว 90 เนื่องจากที่ตำแหน่งการหมุนวาล์ว 36 พื้นที่หน้าตัดของช่องทางน้ำไหลภายในวาล์ว ค่าน้อยมาก ทำให้เกิดแรงดันภายในท่อสูง ซึ่งส่งผลโดยตรงให้ปั้มน้ำของปั้มน้ำสูงขึ้นด้วย

การทดสอบปั้มน้ำแบบก้นหอยในครั้งนี้ ได้กำหนดความเร็วรอบมอเตอร์สูงสุดไว้ 700 รอบต่อนาที หนึ่งการหมุนวาล์ว แต่ในการทดสอบจริงพบว่าที่ตำแหน่งการหมุนวาล์ว 36 มอเตอร์ให้สูงกว่า 600 รอบต่อนาที ปั้มน้ำจะ ก่อนข้างมาก เนื่องจากปั้มน้ำแบบก้นหอยที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ไม่ได้วิเคราะห์และออกแบบ (Dynamic Balancing) จึงกำหนดความเร็วรอบมอเตอร์สูงสุด ตำแหน่ง วาล์ว 36 ไว้ที่ 600 รอบต่อนาที

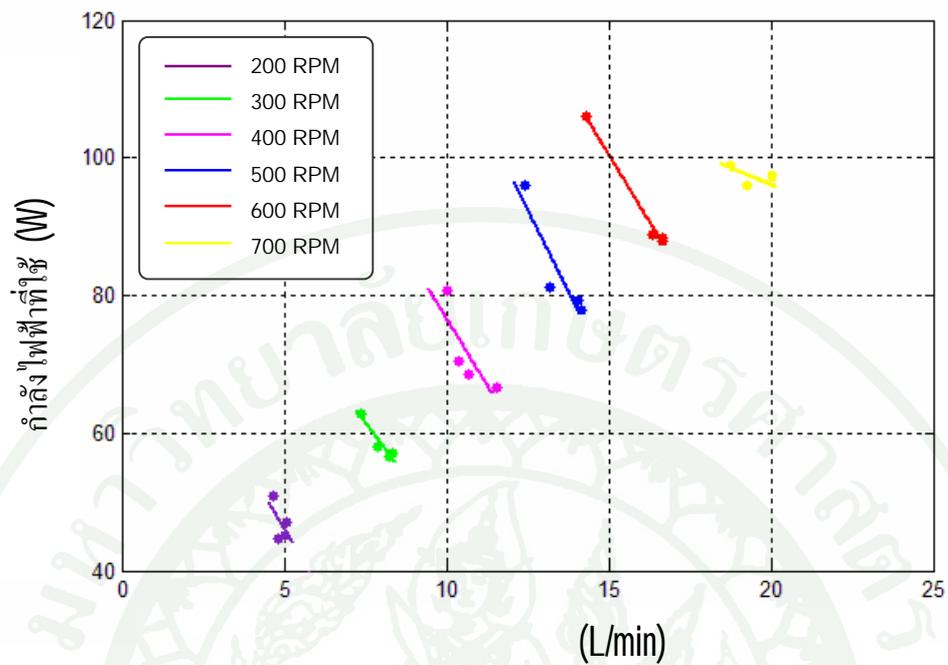
1 12 และ การคำนวณค่าตัวแปรต่างๆของปั้มน้ำแบบก้นหอย ดังแสดงไว้
 ภาพแสดงความสัมพันธ์ได้ดังต่อไปนี้



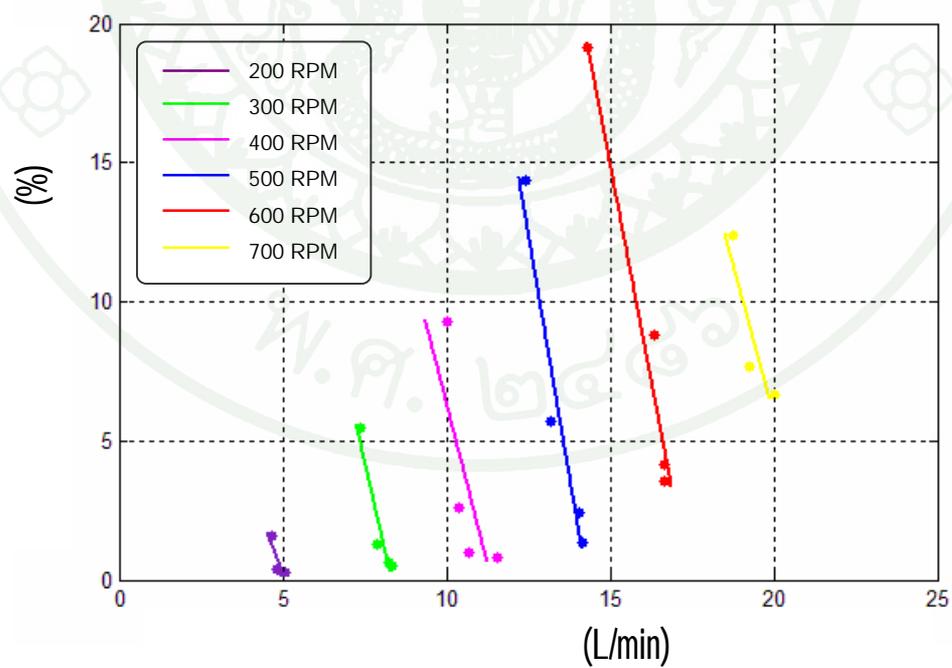
52 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (H-Q Curve)

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอัตราการไหล ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 200 700 รอบต่อนาที 52 แสดงให้เห็นว่า รอบค่าหนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอัตราการไหลจะแปรผกผันกันในรูปของสมการเส้นตรง โดยอัตราการไหลสูงสุดมีค่า 20 ลิตรต่อนาที ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 700 รอบต่อนาที ตำแหน่งการหมุนวาล์ว 90 องศา ความดันสูงสุดมีค่า 12.30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มอเตอร์ 600 รอบต่อนาที ตำแหน่งการหมุนวาล์ว 36 องศา

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับ (H-Q Curve) ของปั้มน้ำแบบก้นหอยซึ่งจัดอยู่ในประเภทปั้มน้ำแบบกราฟมากกว่าปั้มน้ำแบบเซนตริฟูกอล ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบของปั้มน้ำแบบนี้ กล่าวคือ มอเตอร์ค่าหนึ่ง ตำแหน่งการหมุนวาล์วให้มีขนาด น้อยลง อัตราการไหลจะไม่ลดลงมาก แต่ความดันจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งการกระทำเช่นนี้ในปั้มน้ำแบบเซนตริฟูกอล จะเพิ่มขึ้นน้อยกว่าปั้มน้ำแบบ



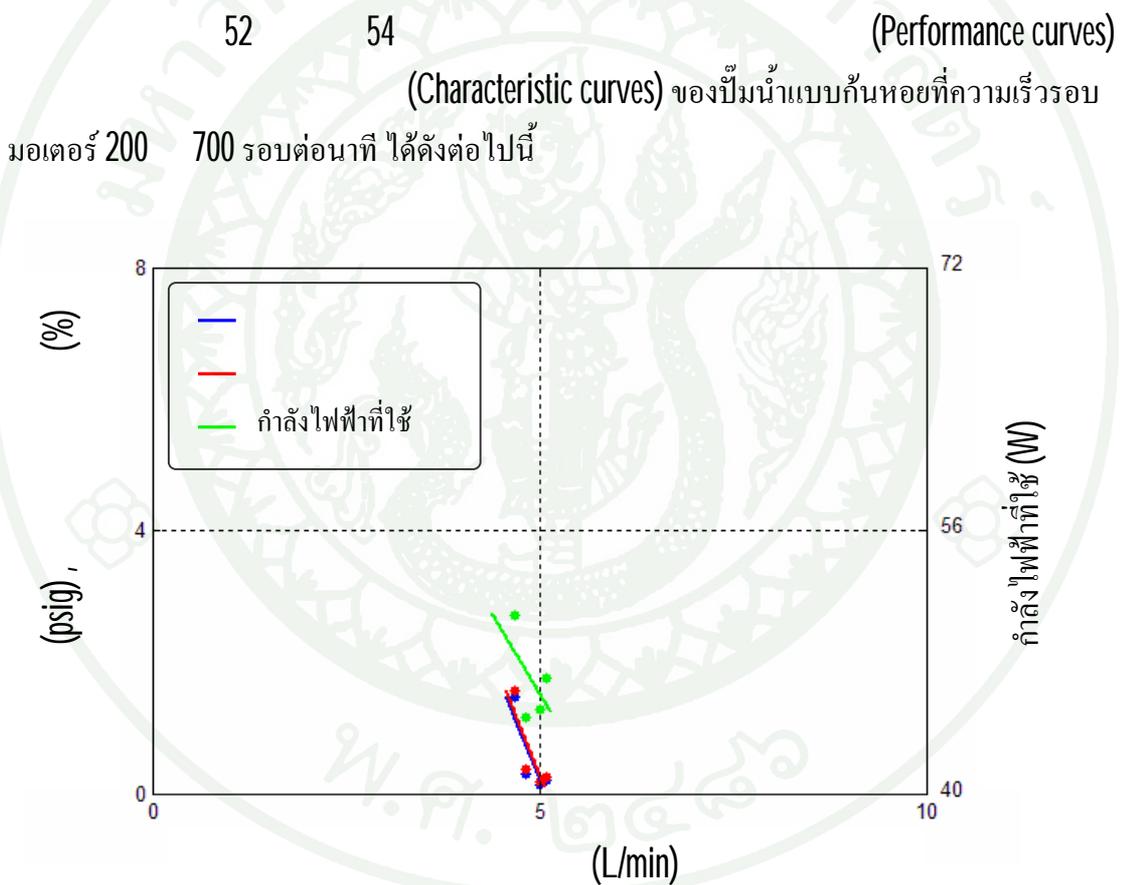
53 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ใช้



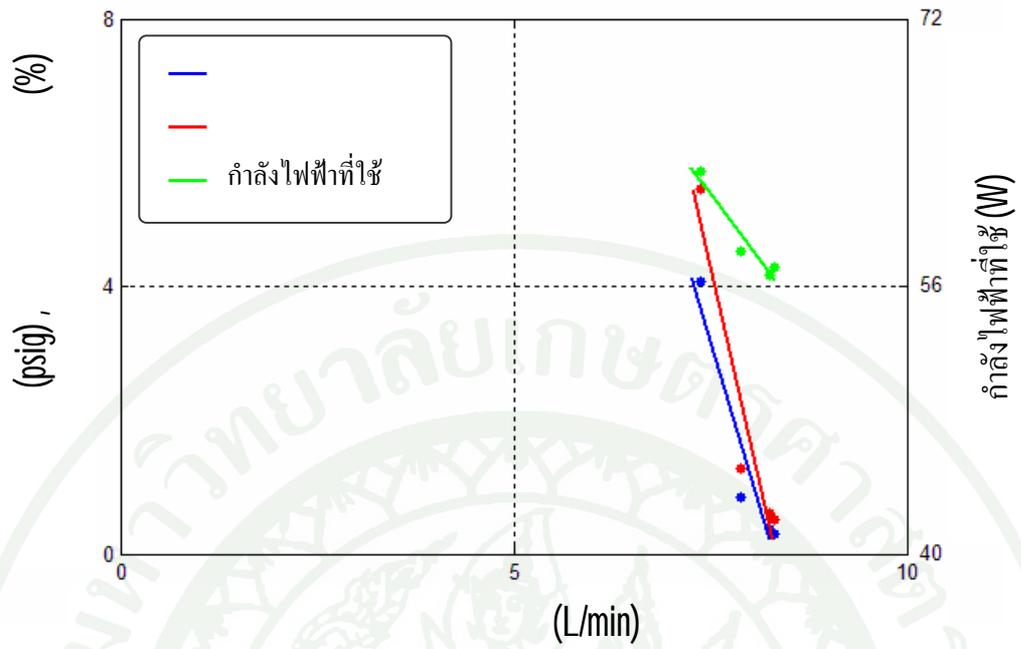
54 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพรวมของปั๊ม

53 54 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ประสิทธิภาพรวมของปั๊ม แสดงให้เห็นว่า มอเตอร์ค่าหนึ่งสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ประสิทธิภาพรวมของปั๊มกับอัตราการไหล

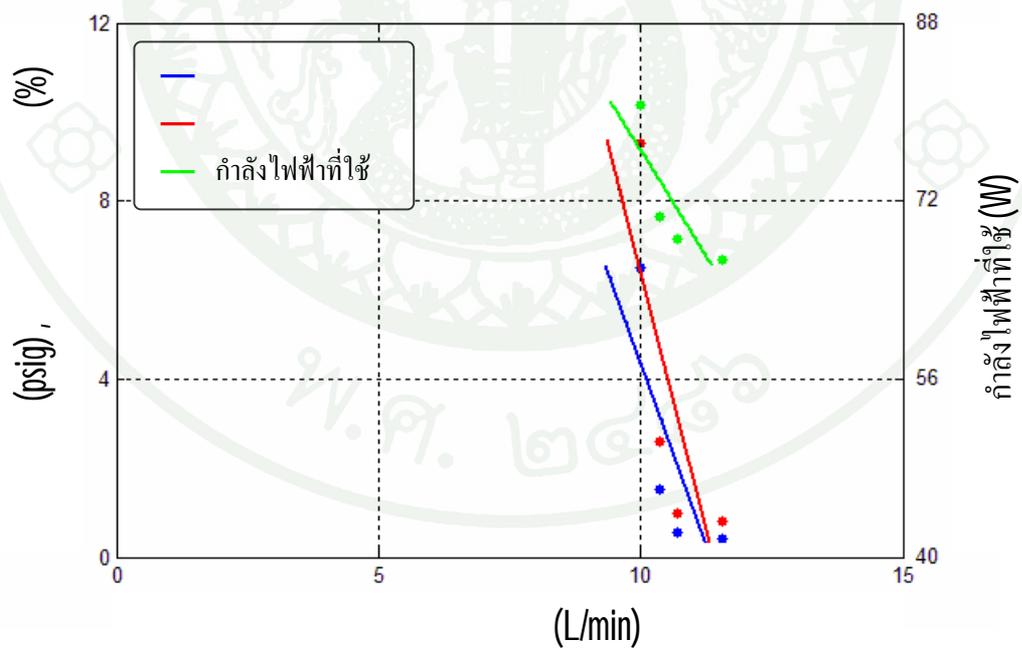
กล ที่ความเร็วรอบค่าหนึ่ง เมื่อปรับตำแหน่งการหมุนวาล์วให้มีขนาดพื้นที่การไหลของน้ำน้อยลง อัตราการไหล มีค่า ลง แต่ความดันของระบบจะมีค่าสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้ปั๊มน้ำใช้กำลังไฟฟ้ามากยิ่งขึ้น และทำให้ค่าประสิทธิภาพรวมของปั๊มน้ำมีค่าสูงขึ้นด้วย โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้มีค่าสูงสุด 106.08 วัตต์ ประสิทธิภาพรวมของปั๊มมีค่าสูงสุด 19.1 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 600 รอบต่อนาที ตำแหน่งการหมุนวาล์ว 36



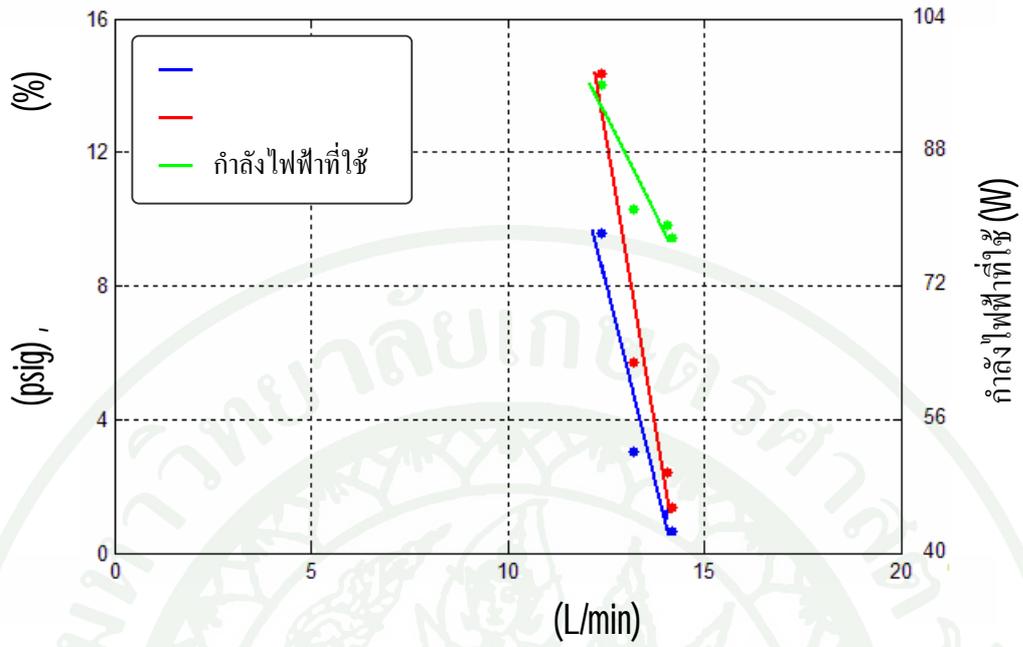
55 สมรรถนะของปั๊มน้ำแบบกั้นหอยที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที



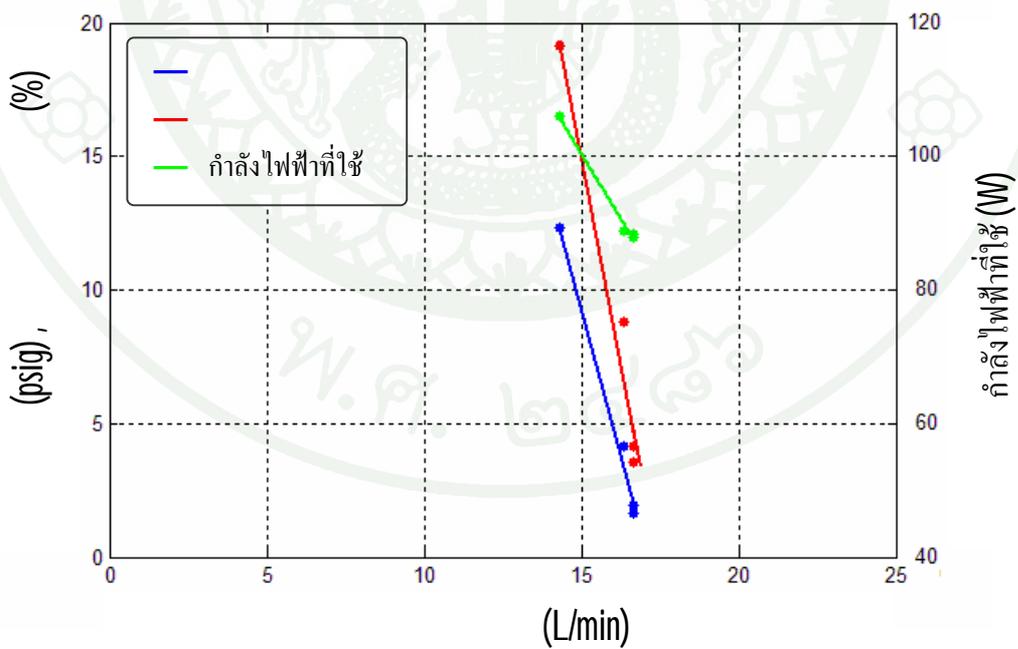
56 ปั๊มน้ำแบบกั้นหอยที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที



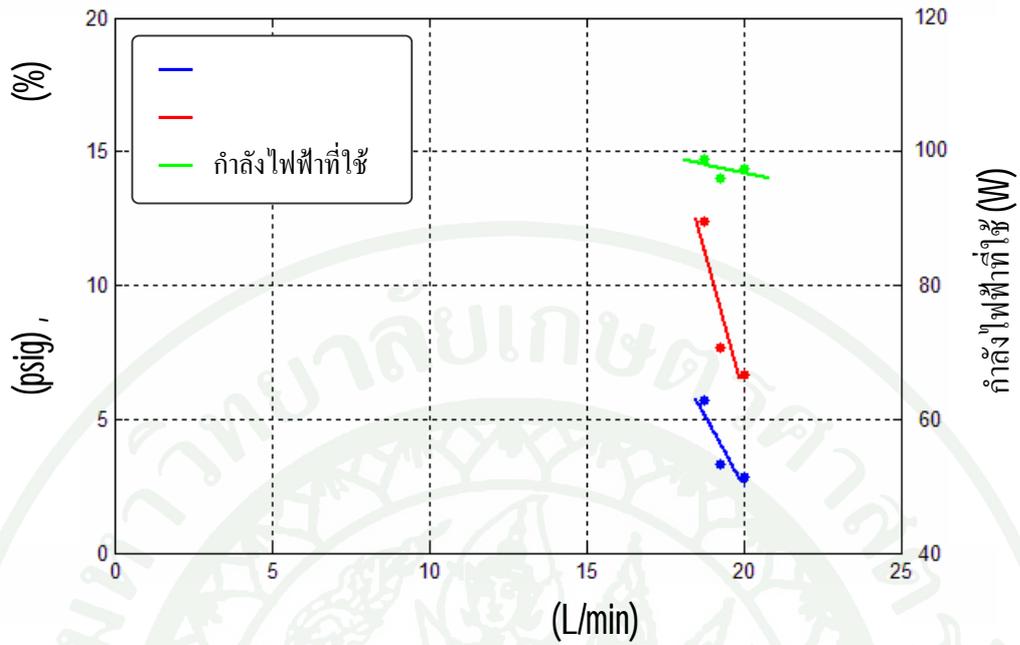
57 สมรรถนะของปั๊มน้ำแบบกั้นหอยที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที



58 สมรรถนะของปั้มน้ำแบบกั้นหอยที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที

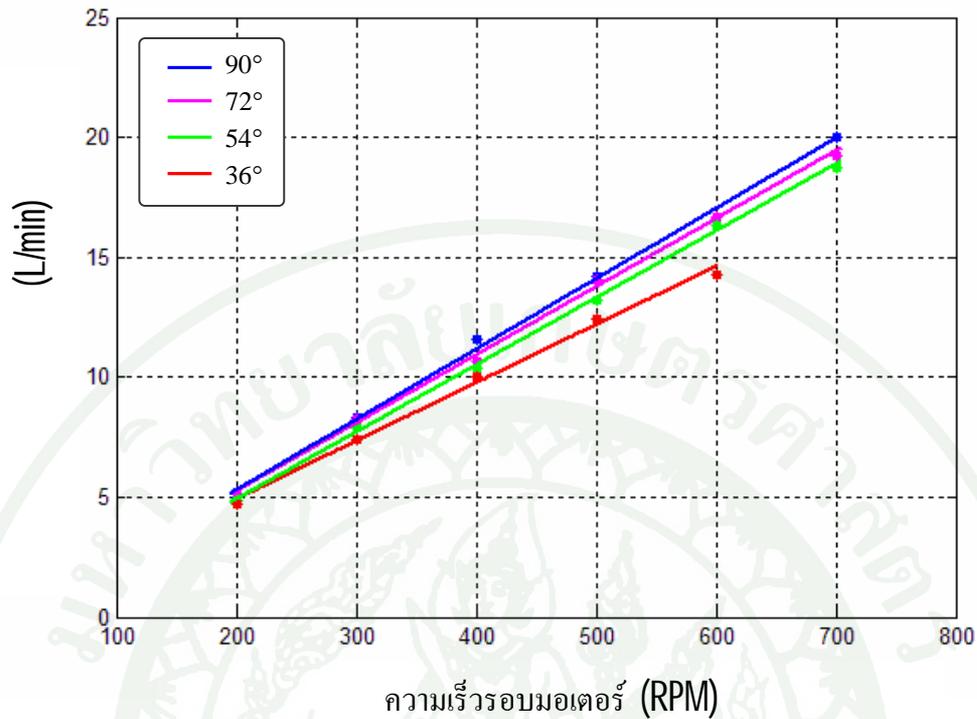


59 สมรรถนะของปั้มน้ำแบบกั้นหอยที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที



60 สมรรถนะของปั้มน้ำแบบกั้นหอยที่ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที

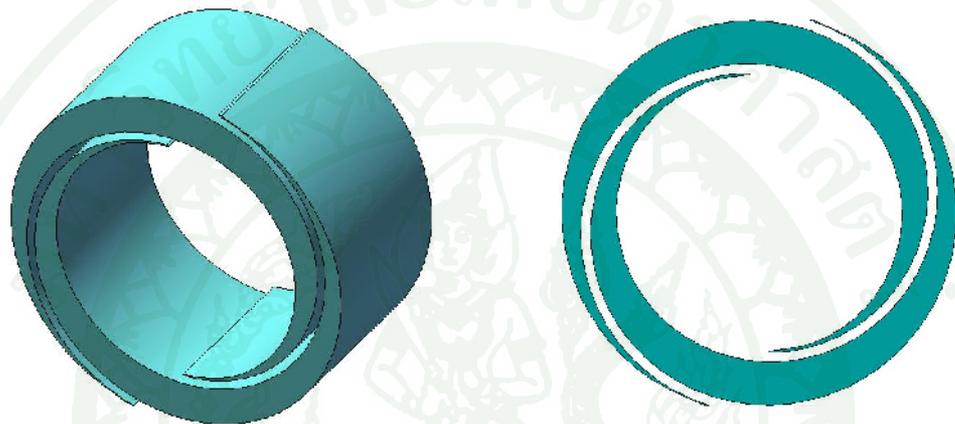
55 60 เป็น สมรรถนะของปั้มน้ำแบบกั้นหอยที่ความเร็วรอบ
 มอเตอร์ 200 700 รอบต่อนาที แสดงให้เห็นว่า สมรรถนะของปั้มน้ำแบบ
 กั้นหอยที่แต่ละความเร็วรอบ แนวโน้มคล้ายกัน กล่าวคือ เส้นความดัน เส้นกำลังไฟฟ้าที่ใช้
 และเส้นประสิทธิภาพรวมของปั้ม มีลักษณะเป็นกราฟเส้นตรง
 หนึ่งการหมุนวาล์วให้มีขนาดพื้นที่การไหลของน้ำน้อยลง จะทำให้ กำลังไฟฟ้าที่ใช้
 และประสิทธิภาพรวมมีค่า มีค่าลดลง



61 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความเร็วรอบมอเตอร์

61 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความเร็วรอบมอเตอร์ แสดงให้เห็นว่า ที่ตำแหน่งการหมุนวาล์วค่าหนึ่ง อัตราการไหลของปั้มน้ำแบบกั้นหอยนี้จะแปรผันตรงกับความเร็วรอบมอเตอร์ในรูปของสมการเส้นตรง กล่าวคือ เมื่อเพิ่มความเร็วรอบมอเตอร์ให้สูงขึ้น อัตราการไหลก็จะมีค่าสูงขึ้นด้วย

(η_v) ของปั้มน้ำแบบก้นหอย สามารถคำนวณได้จาก
 อัตราส่วนระหว่างอัตราการไหลเชิงปริมาตรในทางปฏิบัติ (Q)
 อัตราส่วน (Q_i) 1 6 ส่วนอัตราการไหลเชิงปริมาตรในทางทฤษฎีสามารถ
 SolidWorks ในการสร้างแบบจำลองปริมาตรน้ำที่เกิดขึ้นใน 1 มอเตอร์ ดังแสดง
 62 เพื่อใช้ เเชิงปริมาตรในทางทฤษฎีได้



62

1

มอเตอร์

1

มอเตอร์ โดยใช้ซอฟต์แวร์

SolidWorks

พบว่าได้ปริมาตรน้ำ $30,948.13 \times 10^{-6}$

ต่อ 1

มอเตอร์

ในแต่ละความเร็วรอบมอเตอร์จะได้

ของปั้ม มีค่า

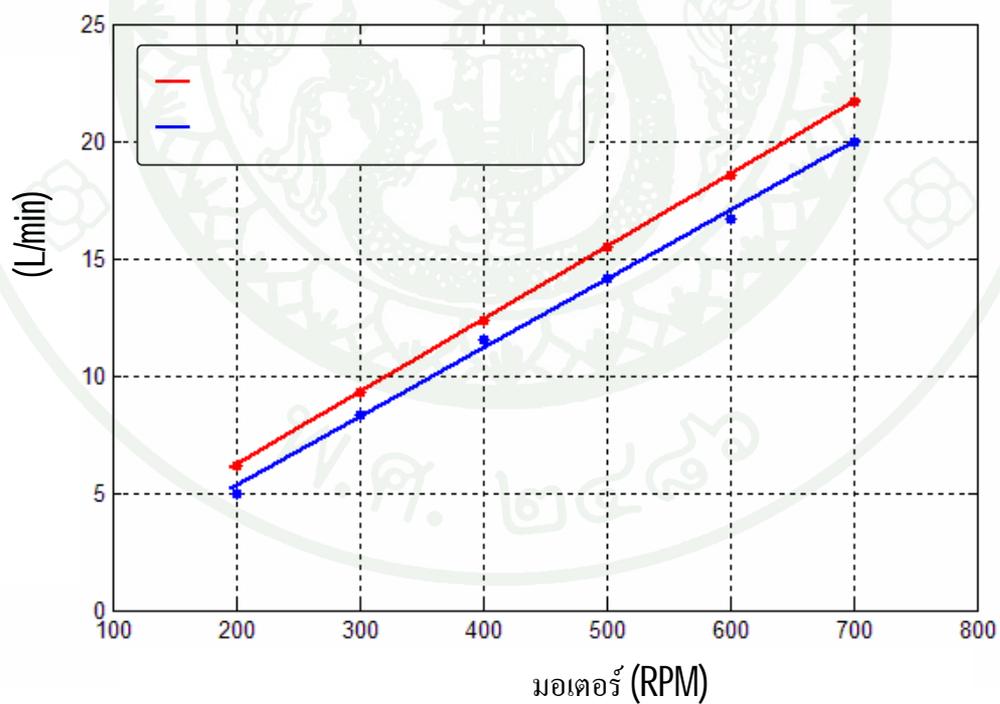
13

ซึ่งรายละเอียดการคำนวณสามารถศึกษาได้จากภาคผนวก ข
 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล

ได้ดังภาพที่ 63 โดยประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของปั้มน้ำแบบก้นหอยในงานวิจัยนี้มีค่าเฉลี่ย
 89.56 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าในงานวิจัยของ จีรวัดน์ (2552) ที่มีค่าเฉลี่ย 81.27 เปอร์เซ็นต์

มอเตอร์

(รอบต่อนาที)	(Q_1) (ลิตรต่อนาที)	(Q) (ลิตรต่อนาที)	(η_v) (เปอร์เซ็นต์)
200	6.19	5.00	80.78
300	9.28	8.32	89.61
400	12.38	11.55	93.30
500	15.47	14.17	91.57
600	18.57	16.67	89.77
700	21.66	20.00	92.32



มีข้อดีดังต่อไปนี้

1. ผลจากการออกแบบใบพัดกันหอย ตัวเรือนปั๊ม และชุดทดสอบให้มีขนาดพอเหมาะ ใช้พลังงานไฟฟ้ากร 24 โวลต์ได้นั้น นับว่าเป็นข้อ ดีด้านการประหยัดพลังงาน ประหยัดงบประมาณในการสร้าง ใช้พื้นที่ทดสอบน้อย เคลื่อนย้ายได้สะดวก เหมาะกับการใช้เป็นชุดสาธิตการทำงานของปั๊มน้ำแบบกันหอย ใช้ประกอบการเรียนการสอน หรือใช้ในงานวิชาการต่างๆ ได้
2. ผลจากการออกแบบตัวเรือนปั๊มให้ใช้วัสดุอะคริลิกใส นั้น ทำให้สามารถมองเห็นรูปแบบ กันหอยและรูปแบบการไหลของน้ำภายในตัวเรือนปั๊มได้เป็นอย่างดี ช่วยให้สังเกตเห็นส่วนที่สึกหรอภายในปั๊มได้อย่างชัดเจน
3. ผลจากการใช้วัสดุโลหะผสมอะลูมิเนียมเบอร์ 7075 ในการผลิตตัวเรือนปั๊มและใบพัดกัน นั้น แสดงให้เห็นว่าชิ้นงานสามารถทนต่อแรงดันน้ำสูงสุดที่ 12.30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ได้เป็นอย่างดี และไม่
4. ผลจากการใช้ ลซีลเป็นอุปกรณ์กันรั่วบริเวณเพลาขับเคลื่อนด้านหลังตัวเรือนปั๊มนั้น ให้เห็นว่าสามารถแก้ปัญหาเรื่องน้ำรั่วออกตามแนวแกนเพลาได้เป็นอย่างดี ซึ่งส่งผลโดยตรง ให้ปั๊มน้ำมีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสูงขึ้นด้วย
5. ผลจากการออกแบบท่อด้านดูดให้อยู่ด้านหน้าและท่อด้านจ่ายอยู่ทางด้านบนของปั๊มนั้น แสดงให้เห็นว่า โพรงอากาศที่เกิดขึ้นภายในปั๊มมีปริมาณน้อยกว่าการออกแบบให้ท่อด้านดูดอยู่ ทางด้านบน เนื่องจากอากาศสามารถไหลออกไปตามท่อส่งได้สะดวกกว่า ทำให้ในหนึ่งรอบการหมุน ปั๊มสามารถส่งน้ำได้ปริมาณมากกว่า ส่งผล ให้ปั๊มน้ำมี
6. ผลจากการออกแบบให้มีท่อความดันย้อนกลับ แสดงให้เห็นว่าความดันจากท่อทาง ด้านส่งสามารถดัน หลังใบพัดกันหอยแบบเคลื่อนที่ ให้แนบสนิทกับใบพัดกันหอยแบบหยุดนิ่ง มากขึ้น ทำให้ความดันสูญเสียระหว่างใบพัดทั้งสองมีค่าน้อยลง ส่งผล ให้ปั๊มน้ำมีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสูงขึ้นด้วย

หลังจากทำการทดสอบปั๊มน้ำแบบกั้นหอยไปได้ระยะหนึ่ง พบว่าเกิดเสียงดังคล้ายโลหะ
ปั๊ม จึงมีการตรวจสอบด้วยวิธีการสังเกตจากภายนอกตัวเรือนปั๊มด้านที่เป็น

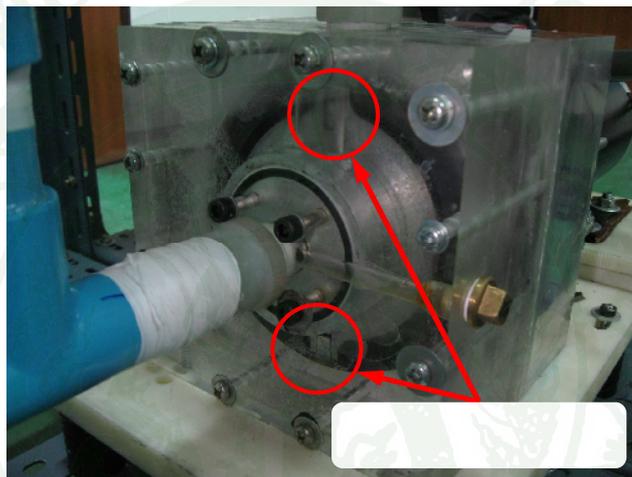
64 เมื่อมองผ่านเข้าไปด้านในแล้วพบว่าบริเวณ โอลด์แฮมริง

(Oldham ring)

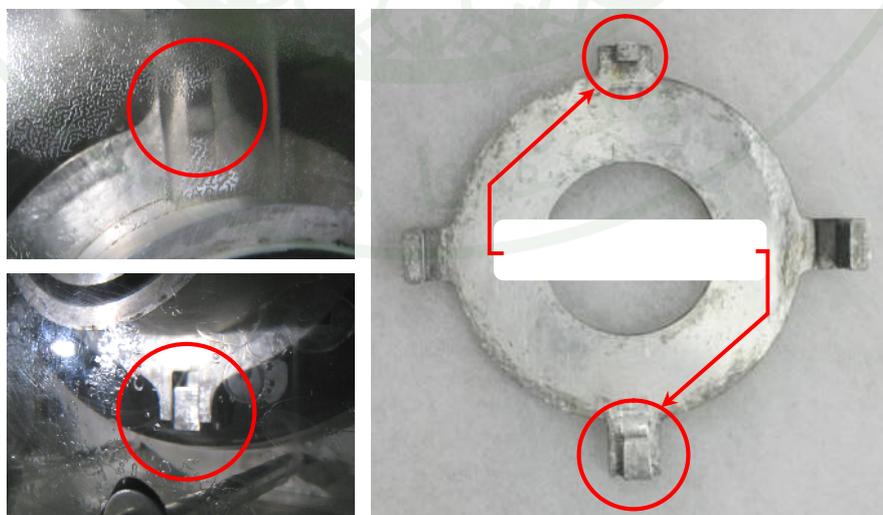
เสียดสีกันระหว่างสลักโอลด์แฮมริงนี้กับร่องสลัก

ของใบพัดกั้นหอยแบบเคลื่อนที่ ทำให้บริเวณสลักมีขนาดเล็กลง ดังภาพที่ 65

ทั้งสองชนิดนี้กระทบกันขึ้นในขณะที่ปั๊มทำงาน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อลักษณะการหมุนและ
เกิดความเสียหายต่อใบพัดกั้นหอยได้



64 การสังเกตบริเวณที่เกิดการเสียดสีหรือภายในตัวปั๊ม



65

โอลด์แฮมริง (Oldham ring)

และข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ ได้ออกแบบและสร้างแบบจำลองปั้มน้ำแบบก้นหอยด้วยซอฟต์แวร์
MATLAB SolidWorks ให้ค่าสัมประสิทธิ์ก้นหอย (α) เท่ากับ 1.5
และค่าความแตกต่างของมุมเริ่มต้นการโค้ง (β) เท่ากับ 0.3π เรเดียน ใช้วัสดุอะคริลิกใสและโลหะ
ผสมอะลูมิเนียมเบอร์ 7075 กัดขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรซี รัศมีการหมุนของใบพัดก้นหอยแบบ
เคลื่อนที่มีค่าเท่ากับ 3.295 มิลลิเมตร ในส่วนของชุดทดสอบได้ออกแบบและสร้างตาม
อุตสาหกรรมญี่ปุ่น (JIS B 8301) ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 500 วัตต์
200 700 รอบต่อนาที

วิจัยนี้ แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอัตรา
(H-Q Curve) จะแปรผกผันกันในรูปของสมการเส้นตรง มีความชันค่อนข้างมาก ซึ่งเป็น
ลักษณะโดยทั่วไปของปั้มน้ำแบบ แทนที่ของเหลว โดยค่าอัตราการไหลสูงสุดมีค่า
20 ลิตรต่อนาที ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 700 รอบต่อนาที ตำแหน่งการหมุนวาล์ว 90

ในขณะที่ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้และค่า ของปั้ม
ด้วยเช่นกัน กล่าวคือ เมื่อเพิ่มอัตราการไหลให้มากขึ้น ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้และค่า
ของปั้มจะมีค่าลดน้อยลง โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้มีค่าสูงสุด 106.08 วัตต์ และ
ของปั้มมีค่าสูงสุด 19.1 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 600 รอบต่อนาที ตำแหน่งการหมุนวาล์ว
36

ในส่วนของการออกแบบ ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของปั้มน้ำแบบก้นหอยนั้น
ใช้ ลซีลเป็นอุปกรณ์กันรั่วบริเวณ ให้ท่อด้านจ่ายอยู่ด้านบนของ
ตัวปั้ม ออกแบบให้มีท่อความดันย้อนกลับ ล้วนแล้วแต่ส่งผล ให้ปั้มน้ำแบบก้นหอย
โดยประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของปั้มน้ำแบบก้นหอยในงานวิจัยนี้
มีค่าเฉลี่ย 89.56 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่างานวิจัย จีรวพันธ์ (2552) ที่มีค่าเฉลี่ย 81.27 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบปั้มน้ำแบบก้นหอยในงานวิจัยนี้ ทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในการออกแบบและการสร้าง ดังนั้น จึงได้สรุปข้อเสนอแนะไว้เป็นแนวทางในการ ปั้มน้ำแบบก้นหอยให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นไปในอนาคต

1. ประตุน้ำที่ใช้ ประกอบด้วยชุดบอลวาล์วขนาด $\frac{3}{4}$ 4 แล้วกำหนดตำแหน่งการหมุนวาล์วต่างกัน 4 ค่า ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนสูง ดังนั้นจึงควรเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นประตุน้ำให้มีความ กว้างนี้
2. ในการอ่านค่าอัตราการไหลและความดัน ได้ใช้เครื่องมือวัดแบบอนาล็อก ซึ่งค่าที่ได้เป็นเพียงค่าประมาณด้วยสายตา ความแม่นยำน้อย ดังนั้นจึงควรใช้เครื่องมือวัดที่เป็นระบบดิจิทัล เพื่อให้อ่านค่าและบันทึกผลได้แม่นยำ
3. ในการทดสอบปั้มน้ำที่ความเร็วรอบสูงเกินกว่า 700 รอบต่อนาที พบว่าปั้มน้ำเกิดการสั่นค่อนข้างมาก เนื่องจากไม่ได้ทำการสมดุล ดังนั้นจึงควรวิเคราะห์และออกแบบปั้มน้ำในเรื่อง (Dynamic Balancing) เพื่อช่วยให้สามารถทดสอบปั้มน้ำแบบก้นหอยที่ความเร็วรอบสูงๆ ได้
4. บริเวณที่มีการเสียดสีกัน เช่น ส่วนบนสุดของใบพัดก้นหอย ของใบพัดฝั่งตรงข้าม โอลด์แฮมริง (Oldham ring) กับร่องสลักของใบพัดก้นหอยแบบเคลื่อนที่ เป็นต้น ดังนั้นจึงควรเลือกใช้วัสดุ ด้วยโลหะที่มีค่าความ กว้างนี้
5. ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบปั้มน้ำแบบก้นหอยในครั้งนี้ เป็นประสิทธิภาพรวมของปั้มน้ำ ซึ่งไม่ได้หักค่าการสูญเสียจากมอเตอร์ (Motor Loss) เนื่องจากไม่สามารถวัดค่า (Torque) ที่แท้จริงของมอเตอร์ต้นกำลังได้ ดังนั้นจึงควรมีชุดทดสอบหาค่าแรงบิดของมอเตอร์เพื่อให้สามารถคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของปั้มน้ำแบบก้นหอยเพียงอย่างเดียวได้

อ้างอิง

เกียรติกศักดิ์ จันทร์แดง. 2549. SolidWorks

. วิตตี้ กรู๊ป,

จิรวัดณ์ โภคานิตย์. 2552. การออกแบบและทดสอบปั๊มกันหอย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาญ ถนัดงาน และ วริทธิ์ อึ้งภากรณ์. 2537. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1.

_____ . 2537. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2.

ชนา ภู่อีกรัตน์. 2548. การวิเคราะห์ความเสียหายของใบพัดกันหอยของปั๊มแบบกันหอยโดยวิธี
. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชญัญ เกียรติวัฒน์. 2544. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

สุวรรณประทีป และ ชญัญ เกียรติวัฒน์. 2543. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

ธำรง เปรมปรีดี และ ดำรงค์ศักดิ์ มลิลลา. 2534. เครื่องสูบน้ำ การออกแบบ การใช้งาน และการ
. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน,

พิทักษ์ ประกรแก้ว, . . 2546. การออกแบบและสร้างบ่อทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่อง
. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิบูลย์ บุญยชโรกุล. 2529. ปั๊มน้ำและการสูบน้ำ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

วิบูลย์ . 2540. . สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย,

British Pump Manufacturers Association. 2008. Variable Speed Driven Pumps-Best Practice Guide. Available Source: http://www.gambica.org.uk/pdfs/VSD_Pumps.pdf, November 17, 2009.

Japanese Standards Association. 1990. Testing Methods for Centrifugal Pumps, Mixed Flow Pump and Axial Flow Pumps. JIS B 8301 Japanese Standards Association., Tokyo, Japan.

Kohsokabe, H., M. Takebayashi and Y. Kunugi. 1959. ASHRAE Transactions. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering, Inc., Georgia, USA.

Kritmaitree, P., M. Akiyama, R. Hino, M. Kaminaga and A. Terada. 2000. Prediction of flow patterns and pressure distributions in suction process of volumetric scroll pump. J. Nucl. Sci. Technol. 37: 996-998.

_____, _____, _____, _____ and _____. 2002a. Analytical study of volumetric scroll pump for liquid hydrogen circulating system. J. Nucl. Sci. Technol. 39: 101-107.

_____, _____, _____, _____ and _____. 2002b. Study of Volumetric Scroll Pump for the Cold Moderator System. Ph.D. Thesis, Utsunomiya University.

Volk, Michael W. 1996. Pump Characteristics and Applications. Marcel Dekker, Inc. New York, USA.



มาตรฐานวิธีการทดสอบปัสสาวะ

มาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น
(Japanese Industrial Standard)

B 8301-1990

ศูนย์ แบบไหลผสม

1.

มาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น B 8301 ได้กำหนดวิธีการทดสอบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง แต่อย่างไรก็ตามวิธีการทดสอบนี้จะไม่ใช่กับเครื่องสูบน้ำที่ใช้สำหรับหม้อน้ำร้อน โดยมีข้อ

1.1 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องที่จะนำมาใช้เพิ่มเติม JIS B 7505, JIS B 8302, JIS B 8313, JIS B 8314, JIS B 8319, JIS B 8323, JIS B 8323, JIS B 8324, JIS B 8325, JIS B 8327

1.2 หน่วยและค่าต่างๆที่ใช้ในมาตรฐานนี้อ้างอิงในหน่วยที่ใช้กัน

1.3 ค่าของเฮดในมาตรฐานนี้ เกี่ยวข้องกับค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก มีค่าเท่ากับ $9.80 \text{ / } 2$

2. หัวข้อการทดสอบและหัวข้อการตรวจสอบ

2.1 หัวข้อการทดสอบ ควรจะทำตามรายการข้างล่างการทดสอบในหัวข้อที่ 2.2

2.2

3.

0 40 การทดสอบของเหลว การทดสอบของเครื่องสูบน้ำจะต้องใช้น้ำใสที่มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง
เพื่อให้ความหนาแน่นของน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3.1

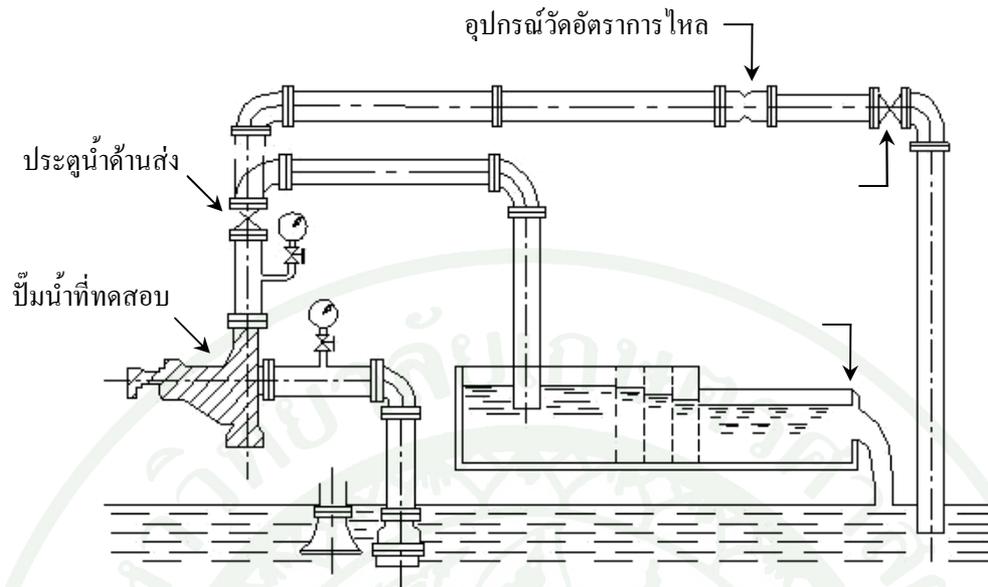
3.2 ในกรณีที่มิมีข้อจำกัดของเครื่องมือวัด ทำให้ไม่สามารถหาค่า
รอบจำเพาะได้ ค่าความแตกต่างของความเร็วรอบจะอยู่ในย่านการอ่าน $\pm 20\%$
ทดสอบที่ได้ควรนำมาปรับค่าความเร็วรอบจำเพาะด้วย

3.3 ในกรณีที่เครื่องสูบน้ำมีกำลังมาก จนไม่สามารถจะใช้ความเร็วรอบในย่านนั้นๆ
ในการทดสอบ ทำให้ไม่สามารถหาค่าในหัวข้อที่ 2 ได้ ดังนั้นความเร็วรอบในการทดสอบอาจจะ
ได้ 35% ของความเร็วรอบจำเพาะซึ่งถือเป็นข้อตกลง

3.4 ingsubน้ำถูกขับด้วยมอเตอร์ ความเร็วรอบที่ได้รับจากการขับของ
มอเตอร์ที่ใช้กระแสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า ในสภาพปกติจะอยู่ในสถานะ $\pm 1\%$ ของค่าความถี่และ
 $\pm 10\%$ ของค่าโวลต์ของกระแสไฟฟ้า

4. เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดสอบ

จะต้องมีเครื่องมือวัดทดสอบให้เพียงพอสำหรับการท
เครื่องมือวัดอัตราการไหลควรถูกคล้องในเอกสาร JIS B 8302 ตัวอย่างในการติดตั้ง
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ แสดงให้เห็นดังภาพผนวกที่ 1



1 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบบ่อน้ำ

: (2534)

5.

5.1

รอบของการทดสอบค่าหนึ่ง โดยการเปลี่ยนค่าเฮดรอมและอัตราการไหล โดยการปรับวาล์วเพื่อ

5.2 เฮดรอมของเครื่องสูบน้ำ มีเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวัดค่าดังนี้

5.2.1 เครื่องมือวัดความดันแบบบูร์ดอง และ เครื่องมือวัดสุญญากาศ

5.2.2 เครื่องมือวัดความดันแบบคอลัมน์

5.2.3 เครื่องมือวัดแบบหลอดโค้งรูปตัว U

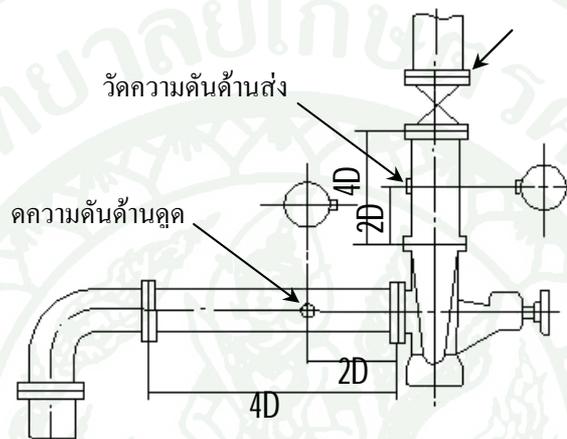
5.2.4 Weight

5.2.5 Pressure Intensifier

5.3 ตำแหน่ง

1 ในกรณีที่สามารถวัดค่าเสดทางด้านที่สูบได้ เพราะว่าปากทางน้ำ เข้าของ ้สูบอยู่ในแนวขนานกับแกนเพลลา เมื่อเวลาทำการสูบ ตำแหน่งในการติดตั้งเครื่อง

2



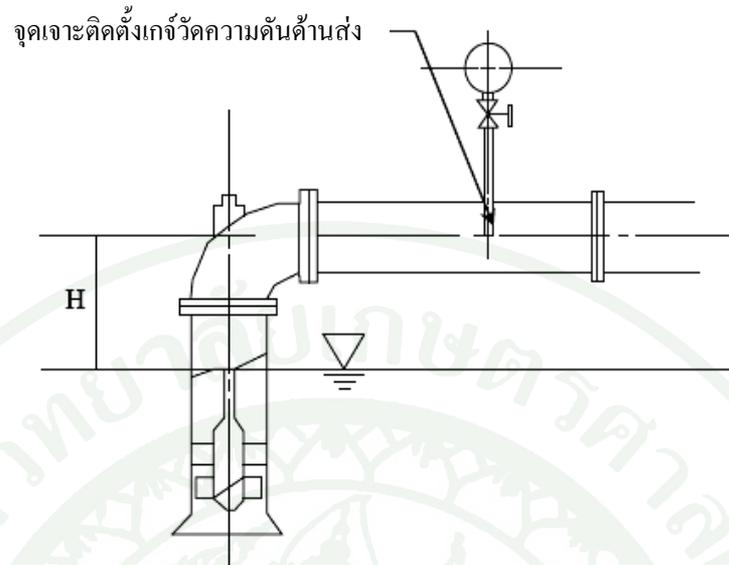
2 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดความดันในกรณีที่สามารถวัดค่าเสดทางด้านที่สูบได้

: (2534)

(Total Head) ได้จาก

$$H_t = h_d - h_s + \frac{V_d^2}{2g} - \frac{V_s^2}{2g} \quad (20)$$

2 ในกรณีที่ไม่สามารถวัดค่าเสด ทางด้านที่สูบได้ เพราะว่าปากทางน้ำเข้า ของเครื่องสูบที่ใช้สูบอยู่ในแนวตั้งฉากกับแกนเพลลา เมื่อเวลาทำการสูบจะต้องจุ่มลงไปต่ำกว่า แหล่งน้ำเปิด ดังภาพผนวกที่ ก3



จุดเจาะติดตั้งเกจวัดความดันด้านส่ง

3 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัด ไม่สามารถวัดค่าเสดทางด้านสูบได้

: (2534)

(Total Head) ได้จาก

$$H_t = h - h_d + \frac{V_d^2}{2g} \quad (21)$$

5.4 อัตราการไหลของเครื่องสูบ มีเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวัดค่า ดังนี้

5.4.1 Orifice Plate, Nozzle, Venturi Tube

5.4.2

5.4.3

5.4.4 เครื่องมือวัดต่างๆ เช่น Float Type Area, Electromagnetic Turbine

5.5 การวัดความเร็วรอบ ให้ใช้เครื่องวัดรอบ (Tachometer) ที่มีความแม่นยำสูง
แบบอิเล็กทรอนิกส์สามารถนำมาใช้ได้ ถ้าหากได้มีการปรับเทียบมาตรฐานอย่าง
ถูกต้อง เมื่อมีการวัดความเร็วรอบ ค่าที่รายงานมักจะเป็นค่าเฉลี่ยของการวัดหลายๆครั้ง ในกรณีที่
เครื่องสูบลมที่ทดสอบติดตั้งมาพร้อมกับมอเตอร์ การวัดความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้กับมอเตอร์

5.6 การวัดกำลังงานที่ใช้ จะได้จากการวัดกำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าสู่มอเตอร์ ถ้าหาก
ทราบประสิทธิภาพของมอเตอร์นั้นและเครื่องสูบลมต่อตรงเข้ากับมอเตอร์ สำหรับมอเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้า
กระแสสลับกำลังงานที่ป้อนเข้ามอเตอร์จะวัดโดยใช้มิเตอร์ ค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ละเอียด
ถูกต้องพอสมควรจะได้จากผู้ผลิต

6.

เมื่อการทดสอบในโรงงานไม่สามารถทำได้เนื่องจากเครื่องสูบลมมีขนาดใหญ่มากก็จะใช้
วิธีทดสอบด้วยแบบจำลองเพื่อพิสูจน์สมรรถนะการทำงานของเครื่องสูบลมต้นแบบ การแปลงผลที่ได้
จากการทดสอบแบบจำลองก็จะทำโดยอาศัยกฎแห่งความคล้ายคลึงที่เกี่ยวข้องกับการย่อส่วนของ
แบบจำลอง อย่างไรก็ตามจะต้องมีการนำเอาผลกระทบจากการย่อส่วนที่มีต่อประสิทธิภาพ
พิจารณาเพื่อบอกสมรรถนะของต้นแบบ

7.

7.1 ความแม่นยำในการวัด ความผิด อความไม่แน่นอนในการวัดค่าต่างๆ
การทดสอบเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ในตารางผนวกที่ 1 เป็นตัวอย่างขอบเขตที่จะยอมให้ได้ตาม
เกณฑ์มาตรฐานของ ISO 2548 3555 ก่อนทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องสูบลมจะต้อง
ตรวจสอบวิธีการทดสอบและเครื่องมือวัดที่ใช้ว่าจะให้ความละเอียดถูกต้องตามมาตรฐานดังกล่าวนี้
หรือไม่ ความเบี่ยงเบนของค่าที่วัดได้จากการวัดซ้ำหลายๆครั้งจะอยู่ในขอบเขตที่กำหนดหรือไม่

1 ตารางขอบเขตสูงสุดที่ยอมรับสำหรับความผิดพลาดทั้งหมด

ค่าที่วัด	ISO-2548	ISO-3555
		3.5%
	3.5%	1.5%
กำลังงานที่เครื่องสูบต้องการ	3.5%	1.5%
กำลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์ ()	3.5%	1.5%
	2.0%	5.0%
	5.0%	2.8%
	4.5%	2.5%

: (2534)

7.2 รทดสอบเครื่องสูบที่ความเร็วรอบซึ่งแตกต่างจากความเร็วรอบที่กำหนด หรือเมื่อความหนาแน่นของของเหลวที่กำหนดแตกต่างจากความหนาแน่นของน้ำที่ใช้ทดสอบ ผลการทดสอบทุกค่าจะต้องแปลงเป็นค่า ซึ่งสอดคล้องกับเงื่อนไขในการทำงานที่กำหนด

7.3 ผลการทดสอบจะต้องบันทึกไว้ในแบบฟอร์มซึ่งระบุค่าของแต่ละตัวแปรที่วัดแปลงให้เป็นค่าภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด และข้อมูลซึ่งรวมถึงเกณฑ์มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง



ตัวอย่างการคำนวณ

1. ตัวอย่างการคำนวณพิกัดเส้นเวียนก้นหอย

ในการคำนวณนี้ได้ยกตัวอย่างการคำนวณพิกัดเส้นเวียนก้นหอยที่ค่า มประสิทธิ์ก้นหอย (α) เท่ากับ 1.5 ค่าความแตกต่างของมุมเริ่มต้นการโค้ง (β) เท่ากับ 0.3π ข้อเหวี่ยง (θ) เท่ากับ π สามารถเขียนคำสั่งการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

1.1 คำสั่งการคำนวณหาค่าพิกัดเส้นเวียนโค้งภายใน (Inner scroll) และเส้นเวียนโค้ง (Outer scroll) ของใบพัดก้นหอยแบบหยุดนิ่ง (Fixed Scroll)

```
%% Fixed scroll – inner 3pi<lamda<6pi – outer 5pi<lamda<8pi
```

```
'Fixed scroll at beta = 0.3pi'
```

```
alpha=1.5;
```

```
beta=0.3*pi;
```

```
setaa=1*pi;
```

```
'Inner scroll'
```

```
for lamda=3*pi:0.1*pi:6*pi;
```

```
    x=alpha*(cos(lamda)+(lamda+pi-beta)*sin(lamda));
```

```
    y=alpha*(sin(lamda)-(lamda+pi-beta)*cos(lamda));
```

```
    fprintf(' %10.2f %10.2f \n',x,y)
```

```
end
```

```
'Outer scroll'
```

```
for lamda=5*pi:0.1*pi:8*pi;
```

```
    x2=alpha*(cos(lamda)+(lamda-pi)*sin(lamda));
```

```
    y2=alpha*(sin(lamda)-(lamda-pi)*cos(lamda));
```

```
    fprintf(' %10.2f %10.2f \n',x2,y2)
```

```
end
```

1.2 คำสั่งการคำนวณหาค่าพิกัดเส้นเวียนโค้งภายใน (Inner scroll) และเส้นเวียนโค้ง (Outer scroll) ของใบพัดกั้นหอยแบบเคลื่อนที่ (Orbiting Scroll)

```
%% Orbiting scroll – inner  $4\pi < \lambda < 7\pi$  – outer  $4\pi < \lambda < 7\pi$ 
```

```
'Orbiting scroll at  $\beta = 0.3\pi$ '
```

```
alpha=1.5;
```

```
beta=0.3*pi;
```

```
setaa=1*pi;
```

```
'Inner scroll'
```

```
for lamda=4*pi:0.1*pi:7*pi;
```

```
    x=alpha*(cos(lamda)+(lamda-beta)*sin(lamda))+alpha*(pi-beta)*cos(setaa);
```

```
    y=alpha*(sin(lamda)-(lamda-beta)*cos(lamda))+alpha*(pi-beta)*sin(setaa);
```

```
    fprintf('%10.2f %10.2f \n',x,y)
```

```
end
```

```
'Outer scroll'
```

```
for lamda=4*pi:0.1*pi:7*pi;
```

```
    x2=alpha*(cos(lamda)+(lamda)*sin(lamda))+alpha*(pi-beta)*cos(setaa);
```

```
    y2=alpha*(sin(lamda)-(lamda)*cos(lamda))+alpha*(pi-beta)*sin(setaa);
```

```
    fprintf('%10.2f %10.2f \n',x2,y2)
```

```
end
```

จากคำสั่งการคำนวณหาค่าพิกัดเส้นเวียนโค้งภายในและเส้นเวียนโค้งภายนอกของใบพัด
กันหอยแบบหุคหนึ่งและแบบเคลื่อนที่ จะได้ผลการคำนวณ โดยใช้ซอฟต์แวร์ **MATLAB**

1

2

1 ผลการคำนวณหาค่าพิกัดเส้นเวียนโค้งภายในและเส้นเวียนโค้งภายนอกของ
ใบพัดกันหอยแบบหุคหนึ่ง

ค่าพิกัดเส้นเวียนโค้งภายใน		ค่าพิกัดเส้นเวียนโค้งภายนอก	
x	y	x	y
-1.50	17.44	-1.50	18.85
-6.96	16.57	-7.40	17.91
-12.02	13.99	-12.85	15.13
-16.13	9.87	-17.28	10.70
-18.84	4.54	-20.18	4.98
-19.79	-1.50	-21.21	-1.50
-18.81	-7.69	-20.15	-8.13
-15.89	-13.40	-17.04	-14.23
-11.25	-18.04	-12.08	-19.18
-5.27	-21.08	-5.71	-22.42
1.50	-22.15	1.50	-23.56
8.42	-21.05	8.85	-22.39
14.79	-17.80	15.62	-18.94
19.94	-12.64	21.09	-13.47
23.32	-6.00	24.66	-6.44
24.50	1.50	25.92	1.50
23.29	9.14	24.63	9.58
19.71	16.17	20.85	17.00
14.02	21.85	14.85	22.99

1 (ต่อ)

ค่าพิกัดเส้นเวียนโค้งภายใน		ค่าพิกัดเส้นเวียนโค้งภายนอก	
x	y	x	y
6.73	25.56	7.17	26.91
-1.50	26.86	-1.50	28.27
-9.87	25.53	-10.31	26.88
-17.56	21.61	-18.39	22.76
-23.76	15.41	-24.90	16.24
-27.80	7.46	-29.15	7.89
-29.22	-1.50	-30.63	-1.50
-27.77	-10.60	-29.12	-11.04
-23.52	-18.94	-24.66	-19.77
-16.79	-25.66	-17.62	-26.81
-8.18	-30.04	-8.62	-31.39
1.50	-31.57	1.50	-32.99

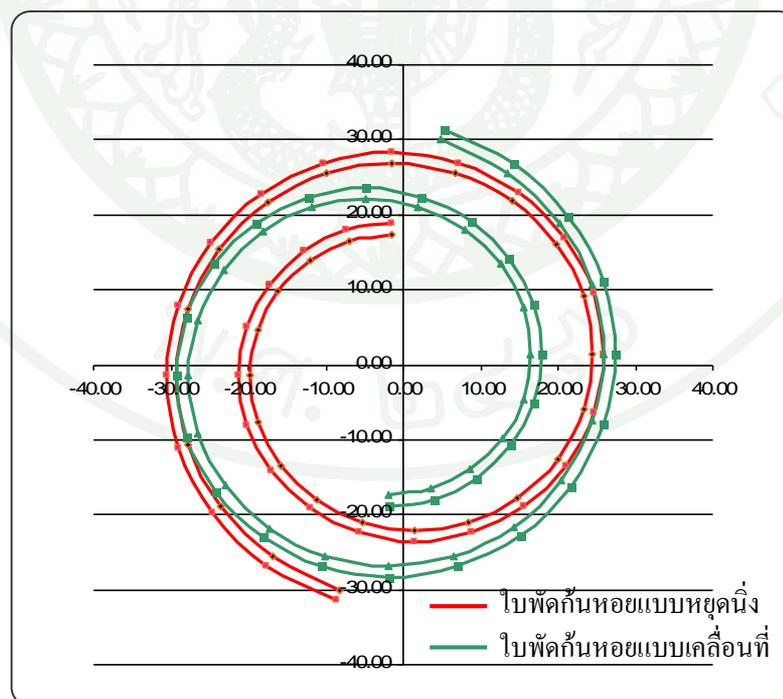
2 ผลการคำนวณหาค่าพิกัดเส้นเวียนโค้งภายในและเส้นเวียนโค้งภายนอกของ
ใบพัดกันหอยแบบเคลื่อน

ค่าพิกัดเส้นเวียนโค้งภายใน		ค่าพิกัดเส้นเวียนโค้งภายนอก	
x	y	x	y
-1.80	-17.44	-1.50	-18.85
3.66	-16.57	-7.40	-17.91
8.72	-13.99	-12.85	-15.13
12.83	-9.87	-17.28	-10.70
15.54	-4.54	-20.18	-4.98
16.49	1.50	-21.21	1.50
15.51	7.69	-20.15	8.13
12.59	13.40	-17.04	14.23
7.95	18.04	-12.08	19.18
1.97	21.08	-5.71	22.42
-4.80	22.15	1.50	23.56
-11.72	21.05	8.85	22.39
-18.08	17.80	15.62	18.94
-23.24	12.64	21.09	13.47
-26.62	6.00	24.66	6.44
-27.80	-1.50	25.92	-1.50
-26.59	-9.14	24.63	-9.58
-23.00	-16.17	20.85	-17.00
-17.32	-21.85	14.85	-22.99
-10.03	-25.56	-1.50	-26.91
-1.80	-26.86	-10.31	-28.27
6.57	-25.53	-18.39	-26.88
14.26	-21.61	15.09	-22.76
20.46	-15.41	21.60	-16.24

2 (ต่อ)

ค่าพิกัดเส้นเวียนโค้งภายใน		ค่าพิกัดเส้นเวียนโค้งภายนอก	
x	y	x	y
24.50	-7.46	25.85	-7.89
25.92	1.50	27.33	1.50
24.47	10.60	25.82	11.04
20.22	18.94	21.36	19.77
13.49	25.66	14.32	26.81
4.89	30.04	5.32	31.39
-4.80	31.57	-4.80	32.99

จากข้อมูล 1 2 เส้นเวียนโค้งภายในและภายนอก
 บัพคันทวย ได้ดังภาพผนวกที่ ข1



1 เส้นเวียนโค้งภายในและภายนอกของ บัพคันทวยที่มุมข้อเหวี่ยง π

2. ตัวอย่างการคำนวณ

ของใบพัดกั้นหอยแบบเคลื่อนที่

ใบพัดกั้นหอยแบบเคลื่อนที่นั้น
 ครึ่งหนึ่งของผลต่างระหว่างจุดไกลสุด ($\theta = 0.4\pi$) กับจุดใกล้สุด ($\theta = 1.4\pi$)
 คำนวณได้จาก
 ดกั้นหอยแบบ 3 (0,0)

3 การคำนวณหาจุดที่มีระยะไกลสุดและระยะใกล้สุดจากจุด (0,0)

มุมข้อเหวี่ยง	พิกัดฉากอ้างอิง		ระยะห่างจากจุด (0,0)
	x	y	
0.0pi	11.92	31.39	33.58
0.1pi	11.76	32.41	34.48
0.2pi	11.29	33.33	35.19
0.3pi	10.56	34.06	35.66
0.4pi	9.64	34.52	35.84
0.5pi	8.62	34.69	35.74
0.6pi	7.60	34.52	35.35
0.7pi	6.68	34.06	34.71
0.8pi	5.95	33.33	33.86
0.9pi	5.48	32.41	32.87
1.0pi	5.32	31.39	31.84
1.1pi	5.48	30.37	30.86
1.2pi	5.95	29.45	30.05
1.3pi	6.68	28.72	29.49
1.4pi	7.60	28.25	29.25
1.5pi	8.62	28.09	29.38
1.6pi	9.64	28.25	29.85
1.7pi	10.56	28.72	30.60
1.8pi	11.29	29.45	31.54
1.9pi	11.76	30.37	32.57
2.0pi	11.92	31.39	33.58

3 สามารถคำนวณหาระยะจุดไกลสุดและจุดใกล้สุดจากจุด (0,0)
 พัดกันหอยแบบ ที่ ได้เป็น 35.84 29.25

$$\text{งนั้รศมีการหมุนของใบพัดกันหอยมีค่าเท่ากับ } \frac{35.84 - 29.25}{2} = 3.295$$

3. ตัวอย่างการคำนวณ ของปั้ม

ตัวอย่างการคำนวณหาประสิทธิภาพรวมของปั้ม 5 11
 มอเตอร์ 600 รอบต่อนาที ตำแหน่งการหมุนแล้ว 36 14.30 ลิตรต่อนาที
 12.30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ไฟฟ้าที่ใช้ขับปั้ม 106.08 วัตต์

อัตราการไหลในหน่วยลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สามารถคำนวณได้จาก

$$14.30 \frac{\text{L}}{\text{min}} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{hr}} \times \frac{\text{m}^3}{1000 \text{ L}} = 0.858 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

ความดันในหน่วยเมตร สามารถคำนวณได้จาก

$$12.30 \text{ psig} \times 10.33 \frac{\text{m}}{\text{bar}} \times \frac{1 \text{ bar}}{14.70 \text{ psig}} = 8.6435 \text{ m}$$

แรงม้า สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Whp} = \frac{Q \cdot H_t}{273} = \frac{0.858 \times 8.6435}{273} = 0.0272 \text{ แรงม้า}$$

ของปั้ม (η_i) สามารถคำนวณได้จาก

$$\eta_i = \frac{746 \cdot \text{Whp}}{W} = \frac{746 \times 0.0272}{106.08} = 0.1913$$

หรือมีค่าเท่ากับ 19.13%

4. ตัวอย่างการคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของปั๊ม

ตัวอย่างการคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของปั๊มน้ำแบบกั้นหอย
 ความเร็วรอบมอเตอร์ 700 รอบต่อนาที ตำแหน่งการหมุนวาล์ว 90
 (๑) มีค่าสูงสุด 20 ลิตรต่อนาที

13

ณได้จาก

กำหนดให้ใน 1

1 รอบการหมุนของมอเตอร์ ได้ปริมาตรน้ำ $30,948.13 \times 10^{-6}$
 ถ้า 700 รอบการหมุนของมอเตอร์ จะได้ปริมาตรน้ำ $700 \times 30,948.13 \times 10^{-6}$
 หรือเท่ากับ 21.66

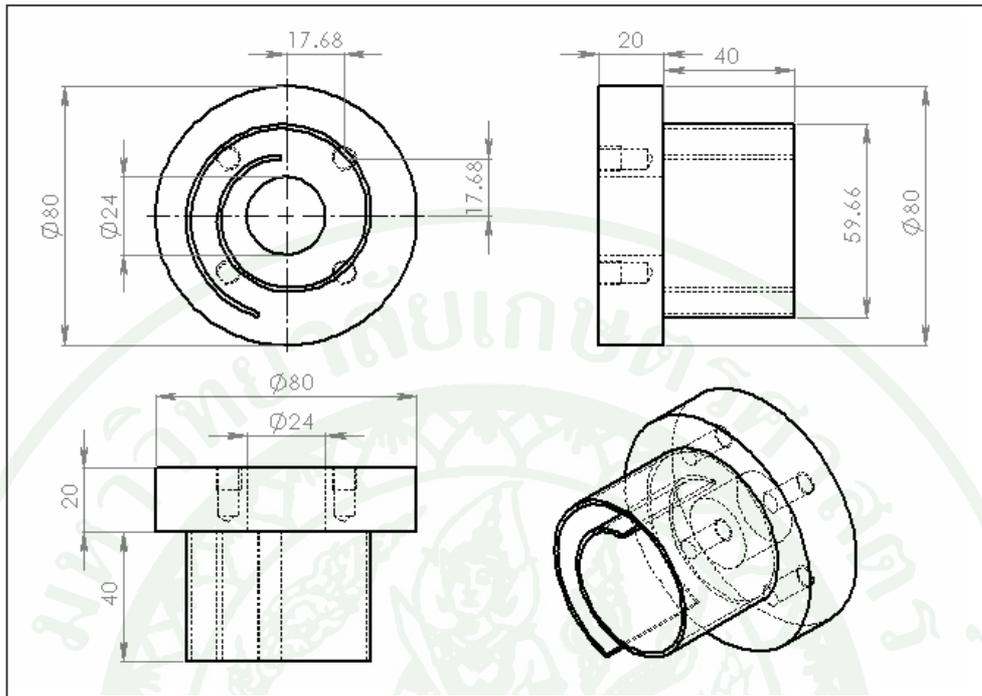
ของปั๊ม (η_v) สามารถคำนวณได้จาก

$$\eta_v = \frac{Q}{Q_i} = \frac{20}{21.66} = 0.9232$$

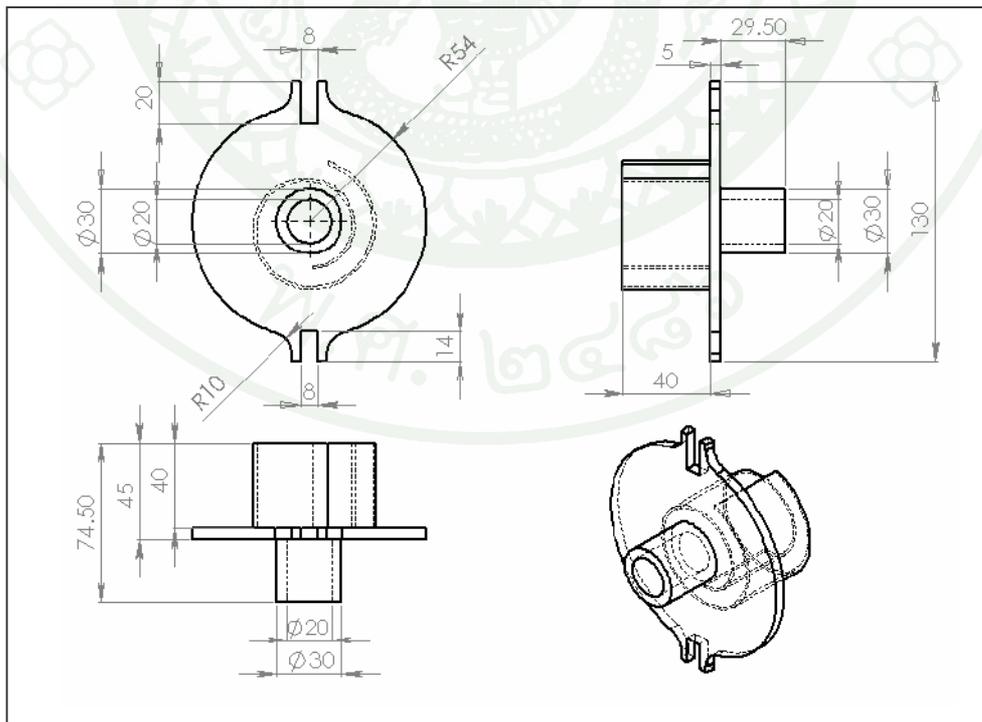
หรือมีค่าเท่ากับ 92.32 %



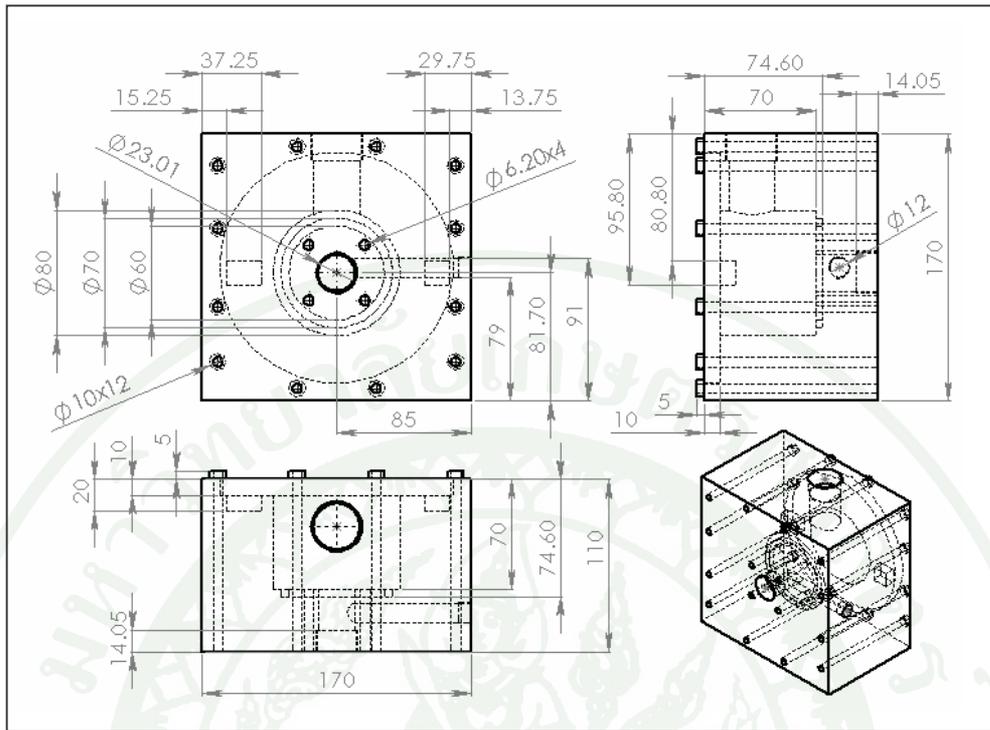
ของปิ่นน้ำแบบกันหอย



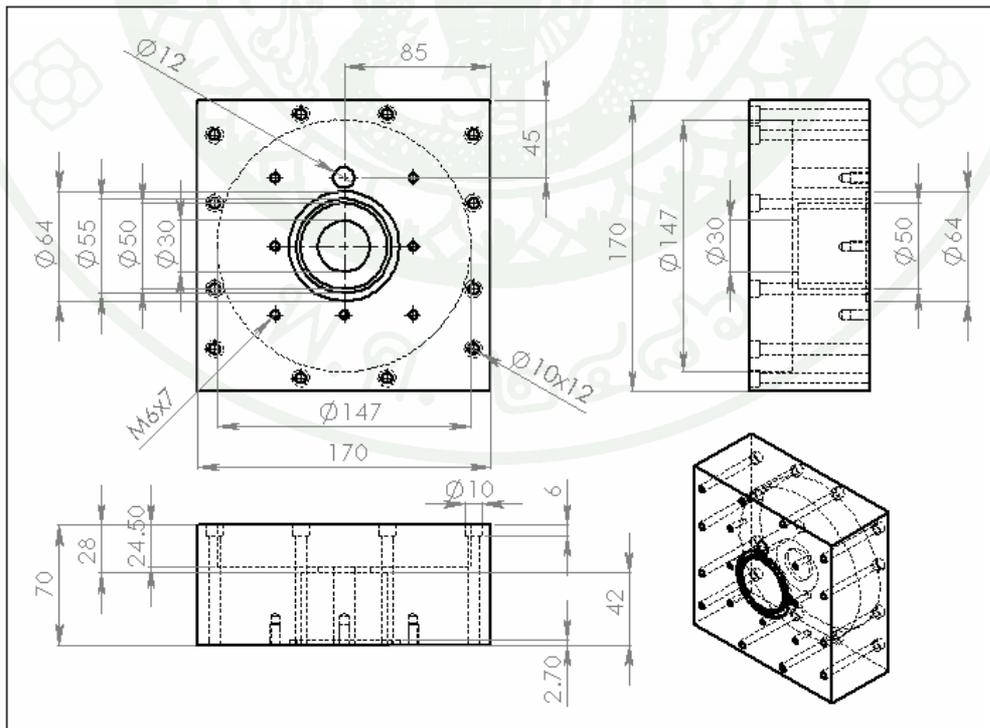
1 ไบพัตกั้นหอยแบบหยุดนิ่ง



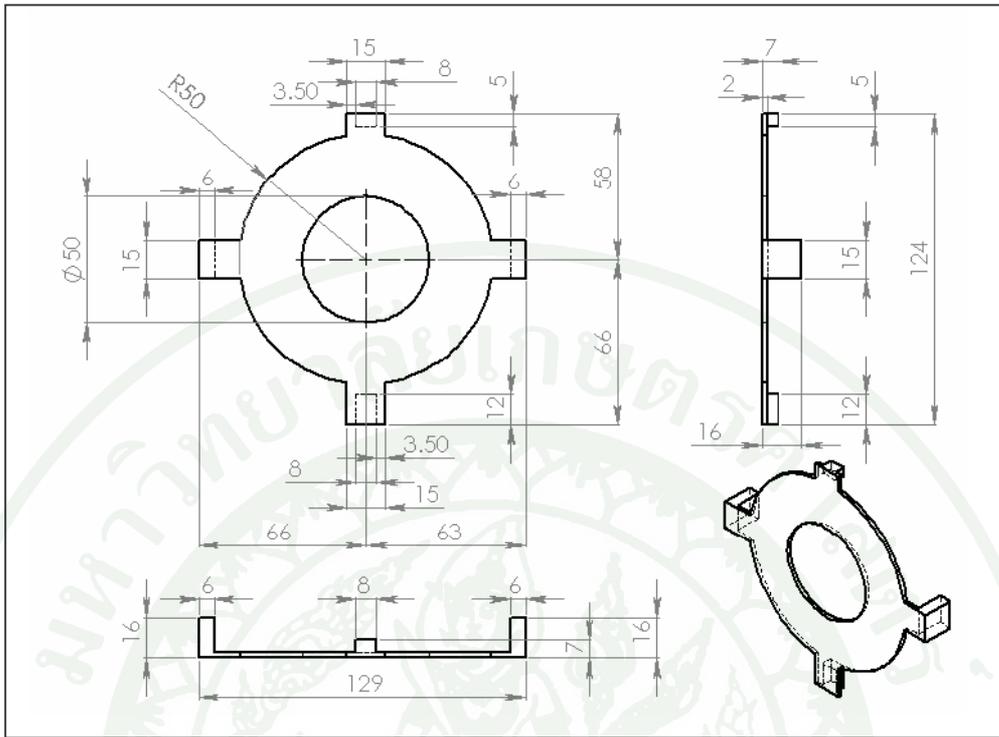
2 ไบพัตกั้นหอยแบบเคลื่อนที่



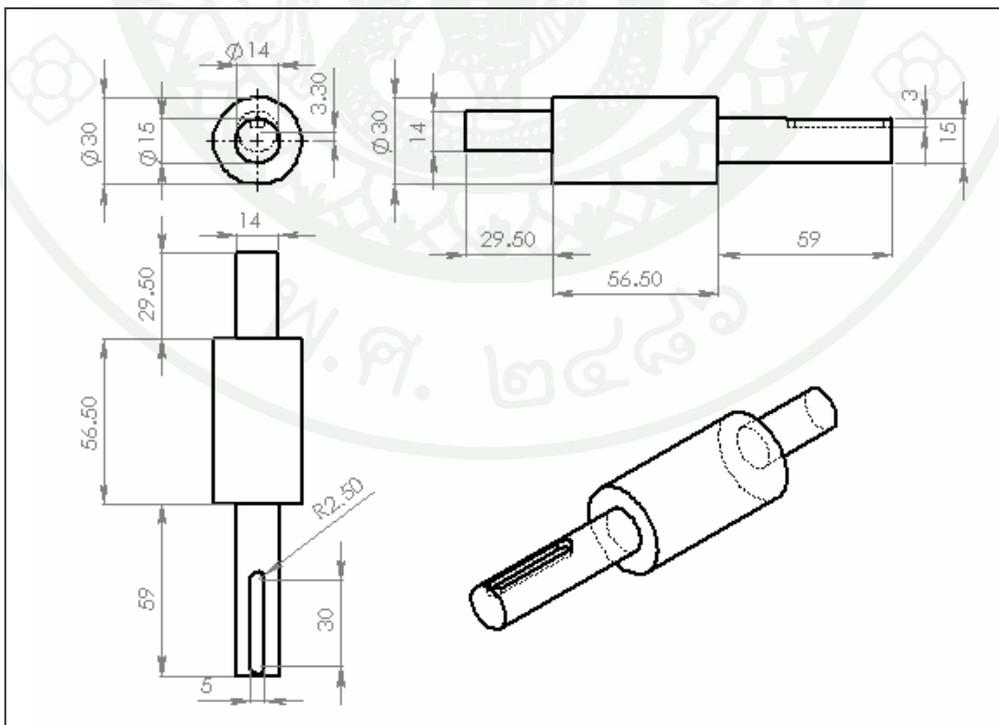
3 ตัวเรือนปั๊มของใบพัดกั้นหอยแบบหยุดนิ่ง



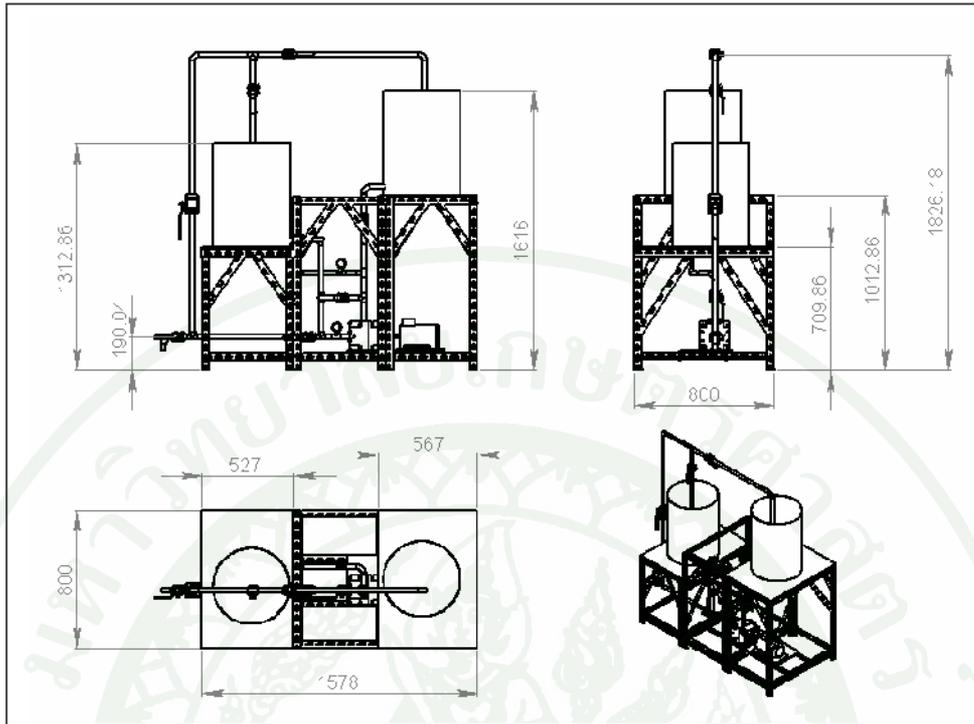
4 ตัวเรือนปั๊มของใบพัดกั้นหอยแบบเคลื่อนที่



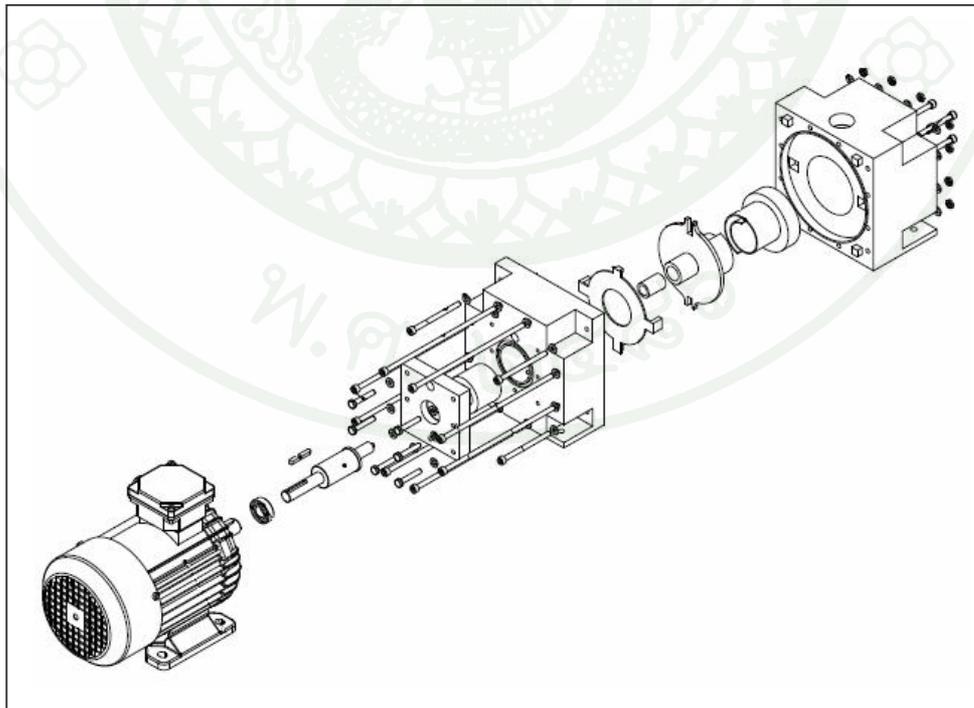
5 โอลด์แฮมริง (Oldham Ring) ของปั้มน้ำแบบก้นหอย



6 (Shaft) ของปั้มน้ำแบบก้นหอย



7



8 ภาพประกอบปั้มน้ำแบบก้นหอย

17

2525

เขตบางกอกน้อย จังหวัด

. . ()

ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์พิเศษ

สถานที่ทำงานปัจจุบัน

วิทยาลัยการอาชีพไทรน้อย

ผลงานดีเด่นและ/

-

ทุนการศึกษาที่ได้รับ

-

