เครื่องนวดกล้ามเนื้อแบบน้ำวนปรับอุณหภูมิได้

(Jacuzzi Muscle Massage Machine with Temperature Control)

รัฐศักดิ์ พรหมมาศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล

พ.ศ. 2550

บทคัดย่อ

โครงงานวิทยานิพนธ์เครื่องนวดกล้ามเนื้อแบบน้ำวนปรับอุณหภูมิได้นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยนวดกล้ามเนื้อ ลดความเมื่อยล้าของบุคคลทั่วไป รวมทั้งผู้พิการทางด้านการเคลื่อนไหวซึ่งผู้พิการเหล่านี้ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ เมื่อผู้พิการได้รับการบำบัดด้วยเครื่องนวดกล้ามเนื้อระบบน้ำวนปรับอุณหภูมิได้นี้แล้ว จะทำให้กล้ามเนื้อของผู้พิการแข็งแรงขึ้น ก่อนการใช้งานของเครื่องนี้ต้องทำการเปิดเครื่องโดยใช้เวลา 100 นาที เพื่อให้น้ำมีอุณหภูมิที่ 40 °C เมื่อได้น้ำในอุณหภูมิที่ต้องการแล้วจึงลงไปทำการบำบัด

เครื่องนวดกล้ามเนื้อแบบน้ำวนปรับอุณหภูมิได้นี้มีอุปกรณ์ที่สำคัญคือ ปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifucal Pump) ขนาด 1 Hp ท่อทางดูดและทางส่งมีขนาด 1” ดูดน้ำจากถังผ่านเครื่องทำความร้อนแบบต่อตรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2” ทำความร้อนด้วยระบบไฟฟ้าความยาว 0.58 ม. 220 V กำลังสูงสุด 1000 W สามารถทำความร้อนได้สูงสุด 80 °C ควบคุมอุณหภูมิด้วยเทอร์โมสตัส (Thermostat) เพื่อส่งน้ำกลับเข้าสู่ถังน้ำวนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ม. อยู่ขอบอ่างทั้ง 2 ข้าง ควบคุมความเร็วของน้ำได้ด้วยการปรับแต่งวาล์ว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

Abstract

This project of a Jacuzzy muscle massage machine with temperature control is therapeutic heat. The first objective for reduce muscle spasm and joint stiffness, old man and deformed. The machine must operate and worm up about 100 minute and keep temperature of water circulate with 40°c.

The configuration and component is circular fiberglass 1 m diameter 0.5 m height, with water circulate by pump (Centrifugal pump) 1 hp, 1x1 inch for suction and discharge line, power of heat exchanger 1000 W, control temperature by thermostat.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข
สารบัญ ค
สารบัญรูปประกอบ ฉ
สารบัญตาราง ช
รายการสัญลักษณ์ ซ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 การรักษาด้วยความร้อน 4
2.1.1 แหล่งกำเนิดความร้อน 4
2.1.2 การถ่ายเทความร้อน 4
2.1.3 ผลทางสรีรวิทยาทางความร้อน 5
2.1.4 ปฏิกิริยาห่างไกลที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 5
2.1.5 ธาราบำบัด 6
2.2 กระบวนการทำงานของเครื่อง 6
2.3 ส่วนที่เป็นอ่าง 7
2.3.1 ใยแก้ว 8
2.3.2 การผลิตชิ้นงานใยแก้วด้วยมือ 9
2.4 ส่วนที่เป็นปั๊มน้ำ 10
2.4.1 ลักษณะและการทำงานของปั๊ม 10
2.4.2 การแยกประเภทของปั๊ม 11

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.3 การประมาณขนาดปั๊มน้ำ	13
2.4.4 การแปลงหน่วยที่สำคัญ	15
2.4.5 กำลังงานที่ต้องการและประสิทธิภาพของปั้ม	16
2.5 ส่วนที่เป็นเครื่องทำความร้อน	17
2.5.1 เครื่องทำความร้อนแบบใช้ก๊าซ	18
2.5.2 เครื่องทำน้ำอุ่นใช้ไฟฟ้า	18
2.6 ความกดดัน	25
2.6.1 ความกดดันของ ของเหลว	26
2.7 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการหาอัตราการไหล	26
2.8 ความร้อน	27
2.8.1 ปริมาณความร้อน	27
2.8.2 ความร้อนจำเพาะ	29
2.8.3 อุปกรณ์นิรภัยเครื่องทำน้ำร้อน	29
2.8.4 กฎธรรมชาติของการไหล	29
บทที่ 3 การดำเนินโครงการ และการคำนวณ	31
3.1 การออกแบบเครื่องนวดกล้ามเนื้อระบบน้ำวนปรับอุณหภูมิได้	31
3.1.1 ขั้นตอนการออกแบบ	
31	
3.2 การคำนวณหาปริมาตรของถังชั้นใน	32
3.3 คำนวณหาปริมาตรน้ำของถังชั้นนอก	33
3.4 การคำนวณหาความดันของน้ำภายในอ่าง	34
3.5 การหาความร้อนจำเพาะของน้ำในอ่าง	34
3.6 การคำนวณหาปริมาณความร้อน	35
3.7 การคำนวณหาอัตราของการไหล	36
บทที่ 4 วิธีการและผลการทดลอง	38
4.1 ส่วนประกอบและระบบการทำงาน	38
4.2 วิธีการในการทดลอง	38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.1 อุปกรณ์ในการทดลอง 39

4.2.2 การทดลองเปิดวาล์วที่ 25% 40

4.2.3 การทดลองเปิดวาล์วที่ 50% 42

4.2.4 การทดลองเปิดวาล์วที่ 75% 44

4.2.5 การทดลองเปิดวาล์วที่ 100% 46

4.2.6 ผลการทดลอง 48

4.3 การทดลองโดยการถ่ายน้ำทิ้งออกจากถัง 49

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 50

5.1 สรุปผลการทดลอง 50

5.2 ข้อเสนอแนะในการทำโครงการ 51

เอกสารอ้างอิง 52

ภาคผนวก 53

ก. คุณสมบัติของน้ำ และค่าความร้อนจำเพาะของวัสดุ 53

ข. แสดงรายการของวัสดุ 56

ค. แสดงแบบแสดงชิ้นส่วนของเครื่องนวดกล้ามเนื้อแบบน้ำวนปรับอุณหภูมิได้ 59

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

สารบัญรูปภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	อ่างใยแก้ว	7
2.2	เครื่องทำความร้อน	7
2.3	ปั๊มน้ำ	7
2.4	การผลิตใยแก้วด้วยมือ	10
2.5	ปั๊มแบบหอยโข่ง (Centrifugal)	12
2.6	การติดตั้งปั๊มน้ำ	13
2.7	ลักษณะปั๊มน้ำ	13
2.8	ฮีตเตอร์แบบกระบอกรัด	19
2.9	เครื่องทำความร้อน	20
2.10	ชุดควบคุมอุณหภูมิ	21
4.1	ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำและเวลาในการเปิดวาล์วที่ 25 %	41
4.2	ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำและเวลาในการเปิดวาล์วที่ 50 %	43
4.3	ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำและเวลาในการเปิดวาล์วที่ 75 %	45
4.4	ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำและเวลาในการเปิดวาล์วที่ 100 %	47
4.5	สรุปความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำและเวลา	48

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	วัสดุฉนวนสำหรับหุ้มท่อ	23
4.1	ปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal)	38
4.2	การทดลองการเปิดวาล์วที่ 25%	40
4.3	การทดลองการเปิดวาล์วที่ 50%	42
4.4	การทดลองการเปิดวาล์วที่ 75%	44
4.5	การทดลองการเปิดวาล์วที่ 100 %	46

รายการสัญลักษณ์

c	ค่าความร้อนจำเพาะของมวลสาร
d	เส้นผ่านศูนย์กลางใน
D	เส้นผ่านศูนย์กลางนอก
e	ความหนาแน่นของของเหลว
g	อัตราเร่งของโลก
G	ปริมาณที่ต้องการให้ความร้อน
h	ความสูง (ความลึก)
l	ความยาวของท่อ
M	มวลของน้ำ
N	ประสิทธิภาพของเครื่องทำความร้อน
p	ความกดดัน
q	ความร้อนจำเพาะ
Q	อัตราสูบของปั๊ม
t	เวลา
TDH	ประสิทธิภาพรวม
T1	อุณหภูมิเริ่มต้น
T2	อุณหภูมิสุดท้าย
u	น้ำหนักจำเพาะของของเหลว
V	ความเร็วของการไหล
whp	แรงม้าทางทฤษฎี
ΔT	ผลต่างของอุณหภูมิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

คนพิการ คือ คนที่มีความบกพร่องทางด้านร่างกาย อารมณ์ สังคมและจิตใจซึ่งจะทำให้มีข้อจำกัดในการเรียนรู้ การสื่อความหมาย การพูด ฟัง อ่านและเขียนการทำกิจวัตรประจำวัน การประกอบอาชีพ การสร้างสัมพันธภาพกับคนภายในสังคม ซึ่งคนหนึ่งอาจจะมีความบกพร่องและมีขีดจำกัดอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างก็ได้ ตามพระราชบัญญัติการฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการ พ.ศ. 2534 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข ออกกฎกระทรวงไว้ดังต่อไปนี้ [1]

- คนพิการทางการมองเห็น
- คนพิการทางการได้ยินหรือการสื่อความหมาย
- คนพิการทางกายหรือการเคลื่อนไหว
- คนพิการทางจิตใจหรือพฤติกรรม
- คนพิการทางสติปัญญาหรือการเรียนรู้

สำหรับผู้พิการทางด้านร่างกายหรือการเคลื่อนไหวนั้นได้แก่ คนที่มีความผิดปกติหรือบกพร่องของร่างกายที่มองเห็นได้อย่างชัดเจน และไม่มีความสามารถประกอบกิจวัตรหลักในชีวิตประจำวันได้ หรือ คนที่มีความสูญเสียความสามารถในการเคลื่อนไหวมือ แขน ขา ลำตัว อันเนื่องมาจากแขนหรือขาขาด อัมพาตหรืออ่อนแรง โรคข้อ หรืออาการปวดเรื้อรัง รวมทั้งโรคเรื้อรังของระบบการทำงานอื่น ๆ ที่ทำให้ไม่สามารถประกอบกิจวัตรหลักในชีวิตประจำวันได้ หรือดำรงชีวิตในสังคมเยี่องคนปกติได้ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการกระตุ้นด้วยวิธีการต่าง ๆ ตามความเหมาะสมหากบุคคลที่มีความบกพร่อง ทางกายหรือสุขภาพยังมีอายุน้อยก็ง่ายต่อการกระตุ้นและวิธีการกระตุ้นกล้ามเนื้อเพื่อให้เลือด และลมเกิดการไหลเวียนในกล้ามเนื้อของร่างกายได้ดีอีกวิธีหนึ่ง คือการอาบน้ำอุ่นหรือการลงไปแช่ในอ่างน้ำอุ่น

การใช้ความร้อนบำบัดในการรักษาผู้ป่วยมีประโยชน์หลายประการ ได้แก่

- ลดอาการปวดและลดอาการอักเสบ
- ลดอาการข้อแข็งฝืด

- ลดการเกร็งของกล้ามเนื้อ
- เพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อรอบข้อ ทำให้สามารถเหยียดยืดเอ็นและเนื้อเยื่อรอบข้อ
- เพื่อเพิ่มพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อได้ง่ายขึ้น

เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ให้ความร้อนและเทคนิคการใช้มีหลายแบบ การเลือกใช้อุปกรณ์ชนิดใดขึ้นอยู่กับตำแหน่ง ความลึกของเนื้อเยื่อที่มีพยาธิสภาพ และระยะการอักเสบ ความร้อนตื้นช่วยลดอาการปวดและอาการข้อฝืดแข็ง กรณีผู้ป่วยอยู่ในโรงพยาบาลการออกกำลังกายในอ่างน้ำอุ่นจะช่วยลดอัตราการเจ็บป่วย ป้องกันข้อยึดติด และเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสามารถขยับแขนขาได้อย่างมีอิสระโดยไม่รู้สึกเจ็บปวด โดยทั่วไปแล้วจะใช้เวลาประมาณ 20-30 นาที สำหรับการแช่น้ำอุ่นทั้งตัว อุณหภูมิของน้ำไม่ควรเกิน 38.9 $^{\circ}$C [2] เพื่อป้องกันผิวหนังไหม้พอง และป้องกันไม่ให้อุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย (Core Temperature) สูงมากเกินไป

จากอดีตจนถึงปัจจุบันประชากรของประเทศกลายเป็นผู้ทุพลภาพตั้งแต่การเป็นโดยกำเนิดและเกิดจากการได้รับอุบัติเหตุเป็นจำนวนเพิ่มมากขึ้น อันเป็นผลสืบเนื่องต่อไปทำให้ประเทศขาดประชากรที่จะเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศให้สามารถพัฒนาขึ้นได้ไปส่วนหนึ่งจึงมีความสำคัญ และจำเป็นต้องมีการฟื้นฟูให้ผู้ประสบเหตุที่ทุพลภาพเหล่านั้นสามารถกลับมาทำงานได้อย่างเป็นปกติหรือบำบัดให้ผู้ป่วยเหล่านั้นสามรถที่จะเคลื่อนไหวเองได้ สำหรับบุคคลที่บกพร่องทางร่างกายหรือสุขภาพนั้นมีอยู่หลายรูปแบบแต่ที่สำคัญคือ ส่วนที่เคลื่อนไหวไม่แข็งแรงพอที่จะช่วยเหลือตัวเองได้ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ระบบเส้นเอ็น และกล้ามเนื้อมีการทำงานที่ไม่เป็นปกติซึ่งจำเป็นต้องมีการกระตุ้นด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่เหมาะสมหากบุคคลที่มีความบกพร่องทางกายหรือสุขภาพที่มีอายุน้อยก็ง่ายในการกระตุ้นกล้ามเนื้อ โดยจะต้องใช้กระบวนการบำบัดที่ต้องสามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อได้ทั้งหมด และเกิดการผ่อนคลายกล้ามเนื้อด้วยไปในตัว

ดังนั้นการบำบัดและ ฟื้นฟูกล้ามเนื้อด้วยแรงดันน้ำที่สามารถปรับอุณหภูมิได้จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการทำงาน เนื่องจากแรงดันน้ำที่ฉีดเข้าไปจะช่วยในการกระตุ้นกล้ามเนื้อ และช่วยฟื้นฟูกล้ามเนื้อ ส่วนน้ำอุ่นที่ได้จากเครื่องทำความร้อนจะช่วยในการผ่อนคลายกล้ามเนื้อโดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิที่เหมาะสมในการบำบัดที่จะทำให้รู้สึกอุ่นสบายและช่วยผ่อนคลายกล้ามเนื้อจะอยู่ที่อุณหภูมิ 35-40 $^{\circ}$C [2]

ด้วยเหตุนี้การวิจัยเครื่องนวดตัว เพื่อบำบัดด้วยแรงดันจากน้ำอุ่นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือบำบัดทางการแพทย์ สามารถใช้ในสถานพยาบาล สถานบำบัดคนพิการ โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์หรือสามารถใช้ภายในบ้านได้ โดยมีราคาในการจัดสร้างตัวเครื่องที่ไม่สูงมาก และผู้ป่วยสามารถใช้ด้วยตนเองเนื่องจากมีโครงสร้างที่ไม่สูงมาก มีความปลอดภัยในการใช้งาน รวมทั้งการควบคุมการ

ทำงานของเครื่องไม่ซับซ้อน และมีขนาดที่ไม่ใหญ่โตเกินไปสามรถเคลื่อนย้ายได้อย่างสะดวกเนื้อที่ในการทำงาน
ไม่กว้างนักจึงสะดวกในการใช้งานและจัดเก็บ

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างเครื่องนวดกล้ามเนื้อแบบน้ำวนปรับอุณหภูมิได้สำหรับคนพิการ
2. นำความรู้มาประยุกต์ในการออกแบบ และทดสอบการใช้งานของเครื่องนวดกล้ามเนื้อแบบน้ำวนปรับอุณหภูมิที่ได้สร้างขึ้น
3. ช่วยกระตุ้นกล้ามเนื้อของคนที่พิการได้ดีกว่าเดิม

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำเครื่องที่สร้างขึ้นไปใช้ช่วยเหลือคนพิการได้
2. ได้เครื่องนวดกล้ามเนื้อแบบน้ำวนปรับอุณหภูมิที่มีราคาถูกได้
3. ส่งเสริมให้เยาวชนที่พิการทางการเคลื่อนไหวมีการพัฒนาทางกล้ามเนื้อและร่างกาย
4. เป็นผลงานสิ่งประดิษฐ์ที่สามารถใช้งานได้จริง
5. ทำให้วิทยาเขตมีชื่อเสียงและเป็นที่ยอมรับของสังคม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การรักษาด้วยความร้อน [2]

เป็นที่รู้จักกันมาตั้งแต่สมัยโบราณว่าความร้อนใช้ลดอาการเจ็บปวดได้ แหล่งของความร้อนในสมัยก่อนได้แก่ แสงอาทิตย์ บ่อน้ำร้อนที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ต่อมาเมื่อวิทยาศาสตร์เจริญก้าวหน้าขึ้นจึงได้มีการประดิษฐ์และคิดทำความร้อนขึ้นมาเพื่อรักษา ระยะแรกก็ใช้กระเป๋าน้ำร้อน กระเป๋าไฟฟ้า ต่อมาก็มีเครื่องมือความร้อนที่ใช้รักษาอาการเจ็บปวดได้ดียิ่งขึ้น เช่น Infrared, Ultrasound, Shortwave เป็นต้น

2.1.1 แหล่งกำเนิดความร้อน

1. ปฏิกิริยาเคมี ความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมี ได้แก่ การเผาไหม้หรือ Oxidation ของไม้ ก๊าซ น้ำมัน ถ่านหิน หรือความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีในร่างกาย

2. กระแสไฟฟ้า เมื่อกระแสไฟฟ้าวิ่งผ่านวัตถุที่มีความต้านทานก็จะทำให้เกิดความร้อนขึ้น เช่น เครื่องทำความร้อน เครื่องปิ้งขนมปัง เตารีด หลอดไฟ และพวก High Frequency Curent

3. พลังงานกล ได้แก่ การถูกเสียดสี การกด หรือการเคาะ

2.1.2 การถ่ายเทความร้อน

พลังงานทางความร้อนสามารถเปลี่ยนจากที่แห่งหนึ่งไปอีกแห่งหนึ่งได้โดย 4 วิธีคือ

1. การนำ (Conduction) แบบนี้พลังงานความร้อนจะถ่ายเทจากวัตถุที่ร้อนไปยังวัตถุที่เย็นโดยวิธี Molecullar collision เช่น โลหะข้างหนึ่งเผาไฟให้ร้อนโลหะอีกข้างหนึ่งจะร้อนตาม

2. การพา (Convection) การถ่ายเทความร้อนแบบนี้เกิดขึ้นโดยการเคลื่อนที่ของมวลสาร เช่น เมื่อห้องถูกทำให้ร้อนโดยเตาผิง อากาศที่อยู่ใกล้ ๆ กับเตาผิงจะอุ่นและขยายตัว จากนั้นจะถูกดันขึ้นโดยอากาศที่เย็นกว่า

3. การแผ่รังสี (Radiation) การถ่ายเทความร้อนแบบนี้ได้แก่การดูดซึมพลังงานของการแผ่รังสีไปเป็นความร้อน เช่น โลกได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์

4. การเปลี่ยนแปลง (Conversion) การถ่ายเทความร้อนแบบนี้ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงพลังงานชนิดอื่นไปเป็นความร้อน ได้แก่ พวก Ultrasound, Shortwave

2.1.3 ผลทางสรีรวิทยาของความร้อน

เมื่อความร้อนผ่านสู่ร่างกาย ครั้งแรกจะทำให้อุณหภูมิร่างกายส่วนนั้นสูงขึ้น ซึ่งจะเป็นผลทำให้เมตาบอลิซึมเพิ่มขึ้น และ Metabolic Products จะเพิ่มขึ้นด้วย คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นผลของ Metabolic Products จะเป็นตัวทำให้เส้นเลือดฝอยเกิดการขยายตัว

ผลเฉพาะที่ของความร้อน เมื่อความร้อนเพิ่มขึ้นในเนื้อเยื่อจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของ Fibrous tissue ในเส้นเอ็น เอ็นหุ้มข้อ และแผลเป็น (Scar) คือ เนื้อเยื่อพวกนี้จะยืดได้ง่ายเมื่อโดนความร้อน ในการให้ความร้อนที่เส้นประสาทส่วนปลายจะทำให้ Pain threshould เพิ่มขึ้นในบริเวณเส้นประสาทนั้นไปเลี้ยง ความร้อนยังทำให้ความไวของ Muscle spindle ต่อแรงยืดลดลงนอกจากนี้ความร้อนยังทำให้การทำงานของ Golgi tendon organ เพิ่มขึ้น

การไหลเวียนของเลือดจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากการขยายตัวของ Arteriolar และ Capillary การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดผลโดยตรงของการที่มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นและผลของกลไกรีเฟลกซ์ นอกจากนี้ความร้อนยังทำให้ Permeability ผนังของหลอดเลือดฝอยเพิ่มขึ้น เมตาบอลิซึมของเนื้อเยื่อและ Chemical reaction เพิ่มขึ้น

2.1.4 ปฏิกิริยาห่างไกลที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ถ้าให้ความร้อนส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย จะทำให้การไหลเวียนของเลือดเพิ่มขึ้นต่อส่วนอื่นของร่างกายได้ การให้ความร้อนบริเวณหน้าท้อง จะทำให้เกิดการคลายตัวของกล้ามเนื้อเรียบของลำไส้ ซึ่งจะทำให้ Peristalsis ลดลง และยังทำให้กล้ามเนื้อของมดลูกคลายตัว

ผลทางสรีรวิทยาของความร้อนที่ใช้ในการรักษาและข้อบ่งใช้

1. ความร้อนทำให้ความยืดตัว (Extensibility) ของเนื้อเยื่อ Collagen เพิ่มขึ้น
2. ความร้อนทำให้ความฝืดแข็งของข้อลดลง
3. ความร้อนทำให้อาการปวดลดลง
4. ความร้อนทำให้อาการเกร็ง (Spasm) ของกล้ามเนื้อลดลง
5. ความร้อนทำให้การไหลเวียนของเลือดเพิ่มขึ้น
6. ความร้อนช่วยในการ Resolution ของการอักเสบ การบวม และ exudates

กล ไกของความร้อนในการลดปวด

1. Gate theory ของ Melzack และ Wall
2. ผลของ Endorphin ที่เพิ่มขึ้น
3. เพิ่ม Pain threshold ของเส้นประสาท

ปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายของอุณหภูมิ

1. Relative heating หมายถึงความร้อนจะไปเกิดที่จุดใดจุดหนึ่งในเนื้อเยื่อ
2. คุณสมบัติของเนื้อเยื่อ
3. ความร้อนจำเพาะของเนื้อเยื่อ
4. สื่อการนำความร้อนของเนื้อเยื่อ

2.1.5 ธาราบำบัด (Hydrotherapy) [2]

Hydrotherapy หมายถึง การรักษาโดยใช้น้ำ ซึ่งอาจเป็นน้ำร้อน น้ำเย็น หรือไอน้ำก็ได้ ตามหลักของ Archimedes ที่พบว่าเมื่อร่างกายจุ่มลงในน้ำบางส่วนหรือทั้งหมด จะมีแรงต้านต่อร่างกายเท่ากับน้ำหนักของน้ำ ที่ถูกแทนที่ ซึ่งหลักอันนี้มีประโยชน์ในการรักษาคนไข้ที่ต้องการให้เดินแบบ Partial weight bearing โดยให้คนไข้เดินในน้ำ ถ้าต้องการลงน้ำหนักมากก็ให้เดินในที่ตื้น ถ้าต้องการลงน้ำหนักน้อยก็ให้เดินในที่ลึก นอกจากนี้การออกกำลังในน้ำก็จะใช้แรงน้อยกว่าการออกกำลังธรรมดา ซึ่งมีประโยชน์สำหรับกล้ามเนื้อที่ไม่ค่อยแข็งแรง

อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการรักษาโดยทั่ว ๆ ไป จะขึ้นอยู่กับโรคที่ต้องการรักษา ถ้าต้องการรักษาโรคแผลเรื้อรังหรือไฟลวกก็จะใช้อุณหภูมิของน้ำต่ำ เช่น 30 -36 $^{\circ}$C ถ้าต้องการรักษาโรคข้อติดหลัง กระดูกหัก หรือโรคข้ออักเสบ ก็จะใช้อุณหภูมิสูง เช่น 41 - 43 $^{\circ}$C สาเหตุที่ต้องใช้น้ำที่มีอุณหภูมิสูงเพราะต้องการผลของความร้อนไปลดอาการปวด และทำให้การออกกำลังเพื่อช่วยในการเคลื่อนไหวของข้อง่ายขึ้น

2.2 กระบวนการทำงานของเครื่องนวดกล้ามเนื้อแบบน้ำวนปรับอุณหภูมิได้

ในกระบวนการทำงานของเครื่องมีหลักการทำงานคือ ในระบบการทำงานเครื่องจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือส่วนที่เป็นอ่างที่ใช้ใส่น้ำ ส่วนที่เป็นเครื่องทำความร้อน ส่วนที่เป็นปั้มน้ำ โดยที่น้ำในระบบจะหมุนเวียนเพื่อปรับอุณหภูมิที่สม่ำเสมอกันตลอดเวลาในการทำงาน

รูปที่ 2.1 อ่างน้ำชนิดใยแก้ว (Fiber Glass)

รูปที่ 2.2 เครื่องทำความร้อน

รูปที่ 2.3 ปั๊มน้ำ

2.3 ส่วนที่เป็นอ่างน้ำ

ลักษณะโดยทั่วไป

เป็นถังใยแก้วที่มี 2 ชั้น ชั้นด้านในมีไว้เพื่อวัตถุประสงค์ในการเก็บน้ำเพื่อลงไปแช่บำบัดมีความกว้างของถังเป็น 1500 มม. มีความหนาเท่ากับ 5 มม. ภายในจะมีรูเพื่อประกอบเข้ากับท่อเจ็ทจำนวน 6 หัวเพื่อจ่ายน้ำที่มีแรงดันเข้าไป และสร้างน้ำวนให้เกิดขึ้นภายในถัง

ถังชั้นที่ 2 จะมีวัตถุประสงค์เพื่อรองรับน้ำที่ล้นออกมาจากอ่างชั้นในมีความกว้างของชั้น นอกเท่ากับ 2000 มม. หนา 5 มม. ความสูงของถังเท่ากับ 500 มม. มีรูเพื่อประกอบเข้ากับท่อที่ต่อมาจากเครื่องทำความร้อนเพื่อจ่ายน้ำเข้า มีรูเพื่อทำการระบายออกวนกลับเข้าสู่มอเตอร์ปั๊มน้ำ

2.3.1 **ใยแก้ว** (Fiberglass)

บางคนรู้จัก "ใยแก้ว" ว่าเป็นวัสดุผสมหรือพลาสติกเสริมแรงใช้ผลิตเป็นหลังคารถกระบะ หรืออ่างอาบน้ำ แต่แท้จริงแล้ว "ใยแก้ว" ก็คือ "เส้นใยแก้ว" มีความหมาย ที่แปลตรงตัว เส้นใยแก้วถูกนำไปใช้เป็นวัสดุช่วยเสริมแรงให้กับพลาสติกเรซิน และขึ้นรูป เป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น หลังคารถกระบะ อ่างอาบน้ำ เรือ ชิ้นส่วนเครื่องบินเล็ก ถังน้ำขนาด ใหญ่ ชิ้นส่วนรถแข่ง ผลิตภัณฑ์คอนกรีตเสริมใยแก้ว (Glass Reinforced Concrete, GRC) เป็นต้น นอกจากสมบัติความแข็งแรง ทนแรงดึงได้สูงมากแล้ว เส้นใยแก้วยังมีสมบัติด้าน การเป็นฉนวนความร้อน ถูกใช้เป็นฉนวนในเตา ตู้เย็น หรือวัสดุก่อสร้าง นอกจากนั้น เส้นใยแก้วสามารถทอเป็นผืนผ้า เย็บเป็นชิ้น และด้วยโครงสร้างที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ทำจาก เส้นใยแก้วมีช่องว่างภายใน ที่ถูกดักเก็บไว้ทำให้มีความสามารถในการป้องกันความร้อนได้ดี เหมาะที่จะทำผ้าหนุนด้านในเพื่อเป็นฉนวนที่ดีเช่นเดียวกับที่ใช้กับตู้เย็นหรือเสื้อหนาว ผ้าจากเส้นใยแก้วไม่มีการดูดซึมน้ำใช้เป็นผ้ากันน้ำไม่เกิดการหดตัวและไม่เกิดผลเสียจากน้ำ

เส้นใยเสริมความแข็งแรง ได้แก่ เส้นใยแก้วมีขนาด และความยาวหลากหลายขนาด

เส้นใยอาจยาวเหมือนเส้นด้ายยาวมากไปจนถึงเส้นใยที่สั้นมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น เส้นใยแก้วผลิตจากส่วนประกอบของทรายแก้ว หินปูน หินฟันม้า เติมกรดบอริก และสารเติมแต่งอื่นๆ ถูกหลอมเหลวภายใน เตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิสูงมากถึง 1370 °C ซึ่งหากมีการควบคุมคุณภาพส่วนผสมเป็นอย่างดี ให้มีความบริสุทธิ์ ก็ไม่จำเป็นต้องทำให้เป็นลูกแก้วเพื่อคัดเลือกลูกแก้วที่ดี มาหลอมเป็นน้ำแก้วใหม่อีกครั้ง หลังจากนั้น จะเข้าสู่กระบวนการรีดเป็นเส้นใยยาว โดยเส้นใยถูกดึงออกจากหัวรีดและถูกม้วน เก็บด้วยความเร็วที่สูงกว่าความเร็วของใยแก้วที่ถูกอัดออกจากหัวรีด ซึ่งเท่ากับเป็นการยืดดึงในขณะที่เส้นใยยังอ่อนตัว ได้เส้นใยขนาด เล็กลงก่อนการแข็งตัว เส้นใยยาวนี้มักนิยมใช้ทำผ้าม่าน หากต้องการทำเป็นเส้นใยสั้น ก็จะถูกตัดด้วยแรงลมให้มีความยาวแตกต่างกันออกไป ซึ่งนิยมนำไป ทำผลิตภัณฑ์เทปหรือผ้าในงานอุตสาหกรรมเพื่อป้องกันเสียงอุณหภูมิและไฟ

"ใยแก้ว" ในภาษาของวัสดุเสริมแรงที่รู้จักทั่วไป ในการทำหลังคารถกระบะ หรือชิ้นส่วนที่ต้องการความแข็งแรงนั้น ผลิตจากการนำชิ้นส่วนต้นแบบมาขัดผิวด้านนอกด้วย ขี้ผึ้งถอดแบบ วางผ้าใยแก้วบนชิ้นส่วนต้นแบบ ทาด้วยเรซินที่ผสมตัวทำให้แข็งให้มีความหนา ตามต้องการ เมื่อเรซินแข็งตัวแล้วดึงชิ้นส่วนใยแก้วออกจากชิ้นส่วนต้นแบบ นำมาขัด แต่งผิวด้านนอกให้เรียบร้อย การสร้างชิ้นส่วนใยแก้วจากวิธีนี้จะขาดรายละเอียดและ ความสวยงาม แตกต่างจากวิธีที่ใช้แม่พิมพ์ ซึ่งเหมาะสำหรับชิ้นส่วนจำนวนมาก แต่มีขั้นตอน ยุ่งยากกว่าวิธีแรก โดยเราต้องสร้างแม่พิมพ์ขึ้นมาจากชิ้นส่วนต้นแบบเสียก่อน เมื่อได้แม่พิมพ์ แล้วจึงนำมาสร้างชิ้นส่วนใยแก้ว ที่ต้องการ ชิ้นส่วนที่สร้างขึ้นมา

มีความสวยงามเหมือนกับ ต้นแบบทุกประการ และสามารถเสริมความแข็งแรงในบริเวณที่ต้องการ โดยเพิ่มความหนาของใยแก้วหลาย ๆ ชั้น

ใยแก้วผลิตขึ้นจากสารเคมีและวัสดุหลายชนิด ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น ดวงตา ผิวหนัง ระบบทางเดินหายใจ ดังนั้น จึงควรระมัดระวังและใส่อุปกรณ์ป้องกัน ในขณะที่ทำ ชิ้นส่วนจากใยแก้ว

สารปฏิกิริยาการเกิดปฏิกิริยาการเกาะตัวเป็นตาข่ายของ UP-resin ที่เกิดขึ้นได้โดยทำให้ Double Bond ของโมเลกุลที่ยังเหลือแตกออก แล้วทำให้ปฏิกิริยาตัวกันใหม่เป็นตาข่าย ซึ่งจะทำให้แข็งตัวโดยใช้ความร้อน หรือใช้ Hardener กับสารเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเรียกรวมๆว่า “สารปฏิกิริยา” ในการใช้ความร้อนกับสารปฏิกิริยาจะทำให้ Styrene เป็นปฏิกิริยา Polymerisation เป็น Polystyrene โดยจะมี Unsatursted Polyester ผสมอยู่ด้วยการทำให้ UP-resin แข็งตัวเป็น Copomerrisatoin โดยจัดอยู่ในกลุ่มของ Polycondensation ตัวเร่งจะเป็นสาเหตุให้ Hardener สลายตัวเช่นเดียวกับความร้อน กรรมวิธีทำให้ UP-resin แข็งตัวแบ่งออกตามชนิดของสารปฏิกิริยา

2.3.2 การผลิตชิ้นงานใยแก้วด้วยมือ

การทำชิ้นงานใยแก้วด้วยมือสามารถทำชิ้นงานได้ทุกขนาด รวมทั้งชิ้นงานยาก ๆ ซึ่งโดยปกติจะต้องใช้สารปกปิดผิวให้ทนต่อดินฟ้าอากาศ และสารเคมี ซึ่งมีผิวปิดบนผิวละเอียด และผิว Gelcoat ผิวละเอียดจะใช้พู่กันหรือปืนพ่นลงบนผิวของสารกันติดแม่แบบ ความหนาของผิวละเอียดโดยปกติจะใช้ 0.3-0.6 มม. และที่ผิวละเอียดนี้สามารถใส่สีลงไปได้ตามความต้องการ สำหรับชิ้นงานที่ต้องการความแข็งแรงสูง ให้วางใยแก้วหรือใยเคมีลงบนผิวละเอียด ขณะที่ยังไม่แข็งตัว

ในการเคลือบขั้นต่อไปจะใช้ Resin ทาและปูใยแก้วสลับกันไปมาการทา Resin ให้ใช้พู่กันหรือปืนพ่นข้อสำคัญของการใช้ใยแก้วแบบเป็นผืนวางลงบนผิว Resin ที่ทาไว้จะต้องระวังไม่ให้มีฟองอากาศขังอยู่โดยใช้พู่กันหรือลูกกลิ้ง

การเคลือบด้วยมือปกติจะทำให้มีความหนาอยู่ระหว่าง 2-10 มม. เพื่อป้องกัน Resin ที่ผิวด้านหลังที่แห้งไม่สนิท เนื่องจากอากาศที่มีออกซิเจนจะต้องทาผิวปิดด้วย Resin ที่ทำให้แห้งด้วยอากาศ

การเคลือบผิวด้วยมือมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ทาสารกันติดที่แม่แบบ ปล่อยให้แห้ง
2. ทาผิวละเอียด
3. หลังจากที่ผิวเริ่มปฏิกิริยาเหนียวตัว ทา Resin พร้อมทั้งปะวัสดุเสริมความแข็งแรงทับลง
4. ทาผิวสุดท้ายด้วย Resin ชนิดที่แห้งในอากาศ
5. หลังจากแข็งตัวโดยประมาณ 10 นาทีแล้ว ก็ให้ถอดออกจากแบบทำความสะอาด เครื่องทำความเรียบร้อยชิ้นงาน
6. ทำให้แห้งเพิ่มเติม

รูปที่ 2.4 ระบบควบคุมการทำงาน

การทำการเคลือบด้วยมือจะต้องทำงานอย่างมีระบบ วัสดุเสริมความแข็งแรงจะต้องไม่ใช้วิธีต่อชนแต่จะต้องหวีให้ขอบต่อบางและวางต่อกัน 3-5 มม. แม่แบบทำใยแก้วแบบทำงานด้วยมือส่วนมากจะมีโครงสร้างเบาเพราะใช้กับชิ้นงานจำนวนน้อยชิ้น และการทำงานมีแรงกระทำน้อยแม่แบบใยแก้วจะทำด้วยไม้หรือปูนพลาสเตอร์

2.4 ส่วนที่เป็นปั๊มน้ำ

ในการใช้งานปั๊มน้ำ บางครั้งเราอาจจะประสบปัญหาการเลือกขนาดของปั๊มน้ำให้เหมาะสมกับสภาพการใช้ หากต้องการปั๊มน้ำให้ได้ความสูงรวมทั้งหมด h_p (m) เมื่อต้องการอัตราการไหลของน้ำเป็น Q (m^3/s)

2.4.1 ลักษณะและการทำงานของปั๊ม

ปั๊มหรือเครื่องสูบ อาจให้คำจำกัดความได้ว่า เป็นเครื่องมือกลที่ช่วยเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว เพื่อให้ของเหลวนั้นไหลผ่านระบบท่อปิดจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งได้ตามความต้องการ พลังงานที่เพิ่มให้แก่ของเหลวนั้นอาจมาจากเครื่องยนต์ มอเตอร์ แรงลม หรือพลังงานจากแหล่งอื่นก็ได้

2.4.2 การแยกประเภทของปั๊ม

ปัจจุบันได้มีการผลิตปั๊มออกมามากมายหลายชนิด และมีการเรียกชื่อแตกต่างกันออกไป การแยกประเภทของปั๊มแบ่งออกเป็น 2 แบบด้วยกัน คือ

1. แยกตามลักษณะการเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว หรือการไหลของของเหลวในปั๊ม ซึ่งได้แก่

- ประเภทเซนติฟูกอล (Centrifugal) เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง
- ประเภทโรตารี่ (Rotary) เพิ่มพลังงานโดยอาศัยการหมุนของฟันเฟืองรอบแกนกลาง
- ประเภทลูกสูบชัก (Reciprocating) เพิ่มพลังงานโดยอาศัยการอัดโดยตรงในกระบอกสูบ
- นอกแบบ (Special) เป็นปั๊มที่มีลักษณะพิเศษ

2. แยกประเภทตามลักษณะการขับดันของเหลวในเครื่องสูบแบ่งออกเป็น 2 ประเภทด้วยกันคือ

ก. ทำงานโดยไม่อาศัยหลักการแทนที่ของเหลว

ข. ทำงานโดยอาศัยหลักการแทนที่ของเหลวในห้องสูบ ด้วยการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนเครื่องสูบ

การทำงานของปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal)

ปั๊มแบบนี้ทำงานโดยอาศัยการหมุนของใบพัดหรืออิมเพลเลอร์ (Impeller) ที่ได้รับการถ่ายเทกำลังจากเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้า เมื่อใบพัดหมุนพลังงานจากเครื่องยนต์จะถูกถ่ายเทโดยการผลักดันของครีบใบพัด (Vane) ต่อของเหลวที่อยู่รอบๆทำให้เกิดการไหลในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวง (Centrifugal Force) และเป็นผลให้เกิดการไหลจากจุดศูนย์กลางของใบพัดออกไปสู่แนวเส้นรอบวงทุกทิศทาง ดังนั้นของเหลวที่ถูกใบพัดผลักดันออกมาก็จะมีทิศทางการไหลที่เป็นผลรวมของแนวทั้งสอง

โดยหลักชลศาสตร์ เมื่อของเหลวถูกหมุนให้เกิดแรงหนีจุดศูนย์กลาง ความกดดันของของเหลวจะมีค่ามากขึ้นเมื่ออยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางมากขึ้น เมื่อความเร็วของใบพัดซึ่งหมุนอยู่ในภาชนะปิดมากพอความกดดันของจุดศูนย์กลางจะต่ำกว่าความกดดันของบรรยากาศ ดังนั้นปั๊มแบบอาศัยแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลางจึงมีทางให้ของเหลวไหลเข้าหรือทางดูดอยู่ที่ศูนย์กลางใบพัด

ของเหลวที่ถูกกดเข้าสู่ศูนย์กลาง เมื่อถูกผลักดันออกไปด้วยแรงผลักดันของครีบใบพัดและแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลาง ก็จะไหลออกมาตลอดแนวเส้นรอบวง ดังนั้นใบพัดจึงจำเป็นต้องอยู่ในเรือนปั๊ม (Casing) เพื่อทำหน้าที่รวบรวมและผันน้ำเหล่านี้ไปสู่ทางจ่าย เพื่อต่อเข้ากับท่อส่งหรือระบบใช้งานต่อไป ในการรวบรวมของเหลวที่ถูกผลักดันออกมานี้จำเป็นจะต้องเริ่มที่จุดใดจุดหนึ่งบนเส้นรอบวงของใบพัด ดังนั้นจะมีจุดหนึ่งซึ่งผนังภายในของเรือนปั๊มเข้ามาชิดกับขอบใบพัดมากที่สุด จุดดังกล่าวนี้เรียกว่าลิ้นของเรือนปั๊ม (Tongue of the Casing)

จากลิ้นของเรือนปั๊มจะเป็นไปตามทิศทางการหมุนของใบพัด จะมีของเหลวไหลออกมามากขึ้นตามความยาวเส้นรอบวงของใบพัดที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นช่องว่างซึ่งเป็นทางเดินของเหลวระหว่างผนังของเรือนปั๊มกับใบพัดก็จะมีขนาดเพิ่มขึ้นด้วย โดยหลักการแล้วอัตราการเพิ่มขึ้นของพื้นที่หน้าตัดจะคงที่เพื่อให้การไหลสม่ำเสมอซึ่งจะเป็นผลทำให้พลังงานสูญเสียน้อยลงนั่นเอง อย่างไรก็ตามความเร็วของการไหลจะลดลง เนื่องจากพลังงานบางส่วนจะเปลี่ยนมาอยู่ในรูปพลังงานศักย์ ในรูปของความดันแทน

รูปที่ 2.5 ปั๊มแบบหอยโข่ง

ตำแหน่งการติดตั้งของปั๊มน้ำ

เพื่อให้ปั๊มสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีอายุการใช้งานยาวนาน ปั๊มน้ำควรจะได้รับการติดตั้งที่เหมาะสม วางอยู่บนแท่นที่มีความแข็งแรงเหมาะสมที่ตั้งของปั๊มน้ำควรมีคุณสมบัติดัง ต่อไปนี้

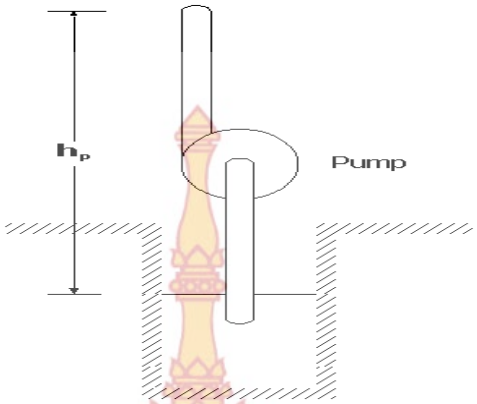
1. สถานที่ตั้งควรอยู่ในสถานที่ ที่สามารถเข้าไปตรวจสอบ บำรุงรักษา และซ่อมบำรุงได้ง่าย
2. ไม่ตากแดดตากฝน ควนติดตั้งในที่ ที่มีอากาศถ่ายเทไม่เปียกชื้น
3. ควรอยู่ใกล้ระดับน้ำหรือของเหลวที่ต้องการสูบมากที่สุด

รูปที่ 2.6 การติดตั้งปั๊มน้ำผ่านระบบให้ความร้อน

2.4.3 **การประมาณขนาดปั๊มน้ำ**

ในการใช้งานปั๊มน้ำ บางครั้งเราอาจจะประสบปัญหาการเลือกขนาดของปั๊มน้ำให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน หากต้องการปั๊มน้ำให้ได้ความสูงรวมทั้งหมด h_p (m) เมื่อต้องการอัตราการไหลของน้ำเป็น Q (m^3/s) จะคำนวณได้อย่างไร

สมมุติว่าการปั๊มน้ำมีลักษณะการใช้งานดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2.7 ลักษณะปั๊มน้ำ

เราสามารถจะคำนวณกำลังของปั๊มที่ต้องใช้เพื่อการปั๊มน้ำให้ได้ความสูง hp ดังสมการต่อไปนี้.

$$P = 9810 \times hp \times Q \qquad 2.1$$

เมื่อ

P กำลังของปั๊มน้ำที่ต้องการหน่วย W

9810 น้ำหนักจำเพาะของน้ำหน่วย N/m^3

Q อัตราการไหลของน้ำหน่วย m^3/s

P ที่คำนวณได้จากสมการดังกล่าวเป็นกำลังที่ต้องใช้ในการขับปั๊มน้ำซึ่งต้องนำไปเลือกซื้อมอเตอร์มาขับปั๊มอีกต่อหนึ่งในการเลือกซื้อมอเตอร์เราจะเลือกขนาดที่สูงกว่าค่า P ที่คำนวณได้ เพราะการใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้าจะมีการสูญเสียต่าง ๆ เกิดขึ้น โดยสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้

$$P_{motor} = P/Eff\ motor \qquad 2.2$$

เมื่อ

P_{motor} กำลังของมอเตอร์ที่ต้องการใช้งาน หน่วย W

Eff motor ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้า

ตัวอย่าง

หากเราต้องการปั๊มน้ำให้ได้อัตราการไหล 0.1 m^3/s โดยมี Head (ความสูงของน้ำที่ต้องการปั๊ม) เป็น 10 m และมอเตอร์มีประสิทธิภาพ 70 % จงหาแรงม้าของมอเตอร์ที่ต้องการใช้งาน

หา P จาก

$$P = 9810 \times 10 \times 0.1 = 9810 \text{ W}$$

$$P_{motor} = P/\text{Eff motor}$$

$$P_{motor} = 9810/0.7 = 14014.28 \text{ W}$$

จากการแปลงหน่วย 746 W = 1 แรงม้า ดังนั้นมอเตอร์ที่ต้องการใช้งาน**มีขนาด** 14014.28 / 746 = 18.78 หรือประมาณ 20 แรงม้า

2.4.4 การแปลงหน่วยที่สำคัญ

1000 ลิตร	=	1 ลูกบาศก์เมตร
1 แกลลอน	=	3.785 ลิตร
1 ลูกบาศก์ฟุต	=	28.3 ลิตร
1 ลูกบาศก์เมตร	=	35.3 ลูกบาศก์ฟุต
1 ลูกบาศก์เมตร	=	264 แกลลอน
1 ฟุต	=	0.3048 เมตร
746 วัตต์	=	1 แรงม้า

จากสมการข้างต้น อัตราการไหล Q ของน้ำที่ต้องการให้ปั๊มน้ำทำงานนั้น เราสามารถคำนวณ Q ได้จากสมการต่อไปนี้

$$Q = VA \qquad 2.3$$

เมื่อ

Q อัตราการไหลหน่วย m^3/s

V ความเร็วของน้ำที่ไหลในท่อที่ต่อออกจากปั๊มน้ำ หน่วยเป็น m/s

A พื้นที่หน้าตัดท่อต่อออกจากปั๊มน้ำหน่วย m^2

การประมาณค่า h_p หรือความสูงของน้ำที่ต้องการให้ปั๊มน้ำทำงานได้นั้นจริง ๆ แล้วจะมีการ

คำนวณที่ซับซ้อนและยุ่งยากแต่หากต้องการเพียงค่าประมาณ ก็จะสามารถ กำหนดให้ h_p มีค่าเท่ากับความสูงของน้ำทั้งหมดที่วัดจากปั๊มจนไปถึงถังเก็บ (ในการคำนวณจริง ๆ จะต้องคำนึงถึงความสูญเสียต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการไหล เช่น การเสียดทานของของไหลในท่อ การสูญเสียกำลังงานที่ข้อต่อ ข้อลดต่าง ๆ) การประมาณดังกล่าวนี้ก็จะเพียงพอที่จะเป็นแนวทางให้เราสามารถเลือกใช้งานปั๊มได้ว่า ไม่ควรจะเล็กกว่าขนาดเท่าไร

2.4.6 กำลังงานที่ต้องการและประสิทธิภาพของปั๊มน้ำ

กำลังงานหมายถึงการทำงานในหนึ่งหน่วยเวลา หน่วยของกำลังงานที่นิยมใช้ทั่วๆไป คือ แรงม้า หนึ่งแรงม้ามีค่าเท่ากับ 745.7 วัตต์ (745.7 N-m/s) หรือ 550 ฟุต – ปอนด์ต่อวินาที

กำลังงานที่ใช่ในการคำนวณเกี่ยวกับปั๊มมีอยู่สองอย่างด้วยกัน คือ

1) แรงม้าทางทฤษฎี (Theoretical Horsepower) หรือบางครั้งเรียกว่า Water Horsepower, Whp เป็นจำนวนแรงม้าที่ปั๊มน้ำจะต้องเพิ่มให้แก่ของเหลว เพื่อให้ของเหลวไหลผ่านระบบด้วยอัตราที่กำหนด ค่า Whp คำนวณได้จากสูตร

$$Whn = \frac{\gamma.Q.TDH}{550} \qquad 2.4$$

เมื่อ Whp แรงม้าทางทฤษฎี (Water Horsepower)

γ น้ำหนักจำเพาะ (Specific weight) ของเหลวมีหน่วยเป็นปอนด์ต่อตารางฟุต

Q อัตราการสูบของปั้ม เป็น ลบ.ฟุต ต่อวินาที

TDH เฮดรวมของปั๊ม (Total Dynamic Head) เป็นฟุต

ในกรณีที่ของเหลวเป็นน้ำ และอัตราการสูบมีหน่วยเป็นอเมริกันแกลลอนต่อนาที (gpm) และ TDH มีหน่วยเป็นฟุต แรงม้าทางทฤษฎีจะคำนวณได้โดยสูตร

$$Whp = \frac{gpm \cdot TDH}{3960} \qquad 2.4$$

สำหรับระบบเมตริกซึ่งอัตราสูบมีหน่วยเป็น ลบ.เมตร ต่อชั่วโมง และ TDH มีหน่วยเป็นเมตร

$$Whp = \frac{Q \cdot TDH}{273} \qquad 2.5$$

2) แรงม้าของต้นกำลัง (Brake Horsepower, Bhp.) เป็นกำลังงานที่มอเตอร์ หรือเครื่องยนต์ต้นกำลังขับเคลื่อนปั๊มหรือให้แก่ปั๊มน้ำ กล่าวอีกนัยหนึ่งเป็นกำลังที่ใช้ขับเคลื่อนปั๊มน้ำเพื่อให้ปั๊มเพิ่มกำลังงานให้แก่ของเหลวเท่ากับ Whp. ดังนั้น

$$\text{Bhp} = \frac{\text{Whp}}{\text{ประสิทธิภาพของปั๊มน้ำ}} \qquad 2.6$$

ในกรณีที่ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ พลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ต้องการเป็นกิโลวัตต์ (kW) คำนวณได้จาก

$$\text{kW} = \frac{0.746\ \text{Bhp}}{\text{ประสิทธิภาพของมอเตอร์}} \qquad 2.7$$

เมื่อ

ประสิทธิภาพรวม = ประสิทธิภาพของปั๊ม x ประสิทธิภาพของมอเตอร์

2.5 ส่วนที่เป็นเครื่องทำความร้อน

เครื่องทำความร้อนแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เครื่องทำความร้อนแบบใช้ก๊าซ และเครื่องทำความร้อนแบบใช้ไฟฟ้า

เหตุผลที่เลือกใช้เครื่องทำน้ำร้อนแบบใช้พลังงานไฟฟ้าเนื่องจากพลังงานที่นำมาแปรเป็นพลังงานความร้อนสามารถจัดหาได้ง่าย และมีราคาถูกอุปกรณ์ของเครื่องมีราคาถูกและหาได้ง่ายตามท้องตลาด ขนาดของเครื่องทำความร้อนมีขนาดเล็กสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย

2.5.1 เครื่องทำความร้อนแบบใช้ก๊าซ

มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือเชื้อเพลิงที่ได้มาจะมีราคาถูกกว่าเชื้อเพลิงอื่น ๆ มีความปลอดภัยพอสมควร ก๊าซที่นำมาใช้ได้แก่ ก๊าซ lpg และก๊าซที่ได้จากถ่านหิน เครื่องมีขนาดใหญ่พอสมควร แบ่งออกเป็น 3 ชนิด

- ชนิดหม้อต้ม
- ชนิดน้ำผ่าน
- ชนิดไหลเวียน

2.5.2 เครื่องทำน้ำอุ่นใช้ไฟฟ้า

เครื่องทำน้ำร้อนใช้ไฟฟ้า มีหลักการทำงานคล้ายกับเครื่องทำน้ำร้อนใช้ก๊าซแตกต่าง เฉพาะในส่วนประกอบเท่านั้น เครื่องทำน้ำร้อนใช้ไฟฟ้าเป็นเครื่องที่สะอาดไม่มีปล่องระบายควันจากการเผาไหม้ออก พลังงานหาง่าย สิ้นเปลืองโสหุ้ยต่ำ ไม่เปลืองสถานที่ติดตั้ง และมีประสิทธิภาพสูงถึง
85 – 95 % ดังนั้นเครื่องทำน้ำร้อนใช้ไฟฟ้าจึงเป็นที่นิยมใช้แพร่หลายในอาคารที่อยู่อาศัย เครื่องทำน้ำร้อนมีหลายลักษณะแต่ก็ใช้ขดลวดความต้านทานให้ความร้อนเช่นเดียวกัน กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจะทำให้เกิดความร้อนและถูกถ่ายเทสู่น้ำที่ขดลวดจุ่มอยู่

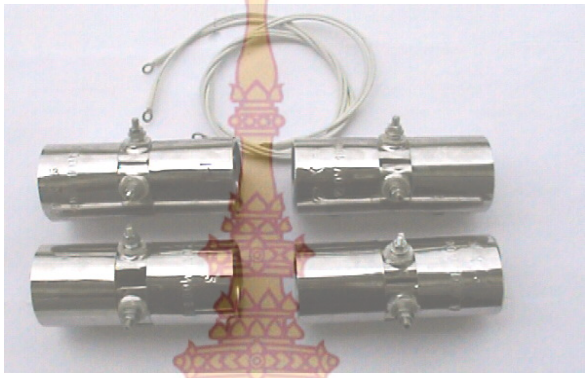
ก. ชนิดเครื่องทำน้ำอุ่น

เครื่องทำความอุ่นใช้ไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดด้วยกันคือ

- เครื่องทำน้ำอุ่นชนิดหม้อต้มมีฉนวนหุ้ม เครื่องทำน้ำอุ่นชนิดนี้มีฉนวนหุ้มผนังด้านนอกของหม้อต้ม ผนังหม้อต้มทำจากทองแดงหากเป็นหม้อต้มที่ใช้กับน้ำความกดดันสูงผนังหม้อต้มจากเหล็กอาบสังกะสีถัดจากฉนวนจะเป็นเปลือกและฝาครอบหม้อต้ม เครื่องทำความร้อนชนิดนี้เป็นไปโดยอัตโนมัติเพียงปรับตั้งอุณหภูมิให้ได้ตามความต้องการ เทอร์โมสตัสจะเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิและการทำงานของเครื่องทั้งหมด

- เครื่องทำน้ำอุ่นชนิดหม้อต้มไม่มีฉนวนหุ้ม เครื่องทำความร้อนชนิดนี้ผนังหม้อต้มจะไม่มีผนังหุ้มกับการสูญเสียความร้อน แต่ปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปมีจำนวนน้อยน้ำร้อนถูกปล่อยออกมาใช้งานก่อน เมื่ออุณหภูมิลดลงมาถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้ เครื่องทำความร้อนจะทำงานขณะกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลาดความต้านทาน หลักการทำงานง่ายเมื่อเทียบกับแบบมีฉนวนหุ้มเพียงแต่เติมน้ำให้เต็มหม้อก่อนเท่านั้น

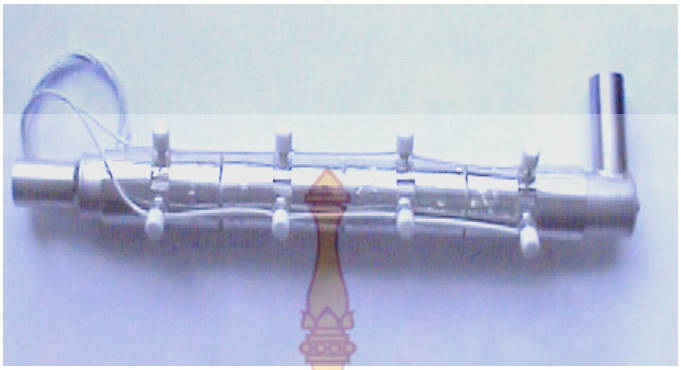
- เครื่องทำน้ำอุ่นชนิดน้ำผ่านเครื่องทำน้ำอุ่นชนิดนี้มีความสิ้นเปลืองมากกว่า เพราะว่าน้ำไหลผ่านแล้วจะร้อนทันที ดังนั้นจึงต้องการกำลังไฟฟ้ามากหม้อต้มมีขนาดเล็กถ่ายเทความ ร้อนอย่างรวดเร็ว น้ำไหลผ่านด้วยปริมาณจำกัด เพื่อให้น้ำร้อนทั่วถึงกัน



รูปที่ 2.8 ฮีตเตอร์แบบกระบอกรัด

ข. หลักการทำน้ำอุ่นใช้ไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าเป็นพลังงานอีกชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ทำน้ำร้อนกันมาก น้ำจะร้อนเมื่อปล่อยกระแสไฟผ่านขดลวดความต้านทานที่จุ่มอยู่ในหม้อต้ม ขดลวดความต้านทานจุ่มอยู่ภายในส่วนภายนอกหม้อต้มมีฉนวนหุ้มเอาไว้เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนไปจากน้ำ ท่อน้ำเย็นเข้าหม้อต้มจะต่ออยู่ส่วนล่างของหม้อใกล้กับขดลวดความต้านทาน และจัดให้น้ำหมุนวนรอบๆ ขดลวดจะได้ร้อนเร็วขึ้น การควบคุมปริมาณความร้อน ทำโดยผู้ใช้คือหมุนปุ่มปรับที่ติดอยู่ด้านนอกของเครื่องขนาดเครื่องทำน้ำร้อนด้วยไฟฟ้ามี 1 กิโลวัตต์ 2 กิโลวัตต์ และ 3 กิโลวัตต์ เฉพาะผู้ใช้คนเดียวเท่านั้นหากจำนวนผู้ใช้มากกว่านี้อาจมีปริมาณเกินขนาด 3 กิโลวัตต์ มีความต้องการกระแสไฟฟ้าราว 15 A ซึ่งเป็นภาระต่อวงจรไฟฟ้าในอาคารมาก หากเลือกเครื่องทำน้ำร้อนขนาด 3 กิโลวัตต์ จะใช้กับวงจรในบ้านเพียงเครื่องเดียวเท่านั้น



รูปที่ 2.9 เครื่องทำความร้อน

ส่วนประกอบเครื่องทำน้ำร้อนใช้ไฟฟ้า

ส่วนประกอบเครื่องทำน้ำร้อนใช้ไฟฟ้าชนิดหม้อต้ม มีดังนี้คือ

1. เปลือกหม้อต้มและฝาครอบ
2. ฉนวน
3. ท่อจ่ายน้ำเย็นเข้าหม้อต้ม
4. แท่งแอโนด
5. ขดลวดความต้านทาน
6. หม้อต้มของเครื่องทำน้ำร้อนใช้ไฟฟ้าเหมือนกับหม้อต้มใช้ก๊าซ มีการเคลือบผิวป้องกันการกัดกร่อนของน้ำร้อน หม้อต้มอาจมีรูที่ด้านบนหรือด้านล่าง เพื่อต่อท่อน้ำเย็นเข้าและน้ำร้อนออกพร้อมกับมีวาล์วระบายความกดดันติดตั้งอยู่ด้านบนหรือด้านข้าง มีขดลวดความต้านทานจุ่มอยู่และวาล์วระบายน้ำติดอยู่ก้นถัง เพื่อระบายน้ำออกจากหม้อต้ม
7. เทอร์โมสตัสจะติดตั้งไว้บนเครื่องทำน้ำร้อน เพื่อเริ่มจ่ายและปิดกั้นการไหลของกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวด ความต้านทาน และปรับให้อุณหภูมิของน้ำในหม้อต้มร้อนตามต้องการ เทอร์โมสตัสเป็นตัวรับรู้อุณหภูมิภายนอกและในหม้อต้ม เครื่องทำน้ำร้อนบางชนิดจะใช้เทอร์โมสตัสที่มีกระเปาะรับอุณหภูมิสอดอยู่ภายในหม้อต้ม เพื่อประสิทธิผลในการควบคุมอุณหภูมิของน้ำร้อน

รูปที่ 2.10 ชุดควบคุมอุณหภูมิ

8. อุปกรณ์ควบคุมจำกัดอุณหภูมิสูง เครื่องทำน้ำร้อนด้วยไฟฟ้าทั้งหลายจะมีอุปกรณ์ควบคุมจำกัดอุณหภูมิสูง จุดประสงค์เพื่อหยุดการไหลของกระแสไฟฟ้าเข้าสู่วงจรขดลวดความต้านทาน เพื่อให้อุณหภูมิของน้ำเท่ากับที่ตั้งไว้ อุปกรณ์ชนิดนี้เป็นอุปกรณ์นิรภัยที่ใช้ป้องกันอุณหภูมิของน้ำไม่ให้สูงเกินไป เนื่องจากการเสียหายของเทอร์โมสตัสหรือขดลวดความต้านทานรั่วลงดิน

9 ขดลวดความต้านทาน ขดลวดความต้านทานจะเป็นตัวให้ความร้อนแก่น้ำเมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ขดลวดนี้จุ่มสัมผัสอยู่กับน้ำทำให้น้ำร้อนเร็วและมีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูงก่อนใช้ต้องเติมน้ำให้เต็มหม้อเสียก่อน เพื่อป้องกันการไหม้เสียหายของขอลวดขดลวดความต้านทานแบ่งออกได้ 2 ชนิด

(1) ชนิดถอดเปลี่ยนขดได้ สามารถถอดได้โดยไม่ต้องระบายน้ำออกจากหม้อต้ม ส่วนประกอบของขดลวดมีตัวความต้านทานที่ทำจากลวดนิกเกิลโครม พันเป็นเกลียวางอยู่ในฉนวนทนไฟ และสอดอยู่ในท่อทองแดงบางอีกชั้นหนึ่ง

(2) ชนิดถอดเปลี่ยนขดไม่ได้ ประกอบด้วยขดลวดต้านทานนิกเกิลโครมวางอยู่ในฉนวนและสอดติดกับท่อทองแดง ท่อจะดัดงอเป็นรูปทรงและบัดกรีเข้ากับขั้วต่อ

ระบบท่อจ่ายน้ำร้อน ถังเก็บน้ำร้อนหรืออุปกรณ์น้ำร้อนต้องจัดการการหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนของน้ำที่ผ่านผนังออกสู่บรรยากาศภายนอก ช่วยให้อุณหภูมิของน้ำยังคงที่ตามความต้องการ ลดการเสียเปล่าของความร้อนและประหยัดค่าใช้จ่ายในการทำความร้อน

สาเหตุการสูญเสียความร้อน

ความร้อนจะไหลจากสะสารที่มีอุณหภูมิสูงกว่า ไปยังที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ผลจากปรากฏการณ์ดังกล่าวเรียกว่า การสูญเสียความร้อน (Heat Loss) การสูญเสียความร้อนจะเกิดขึ้นต่อเนื่องกันไป จนกระทั่งสสารทั้งสองมีอุณหภูมิที่เท่ากัน เพื่อลดการสูญเสียความร้อนดังกล่าวต้องจัดการหุ้มฉนวน (Thermal Insulation) ป้องกันการถ่ายเทความร้อน ความร้อนที่ส่งถ่ายไปยังอีกส่วนหนึ่งได้เรียกว่า การถ่ายเทความร้อน แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ การถ่ายเทความร้อนด้วยการนำ การพา และการแผ่กระจายของความร้อน การหุ้มฉนวนจะหยุดการสูญเสียความร้อนจากการนำ การพาออกสู่บรรยากาศภายนอกได้

คุณสมบัติวัสดุฉนวน

คุณสมบัติสำคัญของวัสดุฉนวนกันความร้อนซึ่งนำมาหุ้มท่อ มีดังนี้

- การนำความร้อนต่ำวัสดุที่ใช้ต้องมีความต้านทานของการไหลผ่านความร้อนเป็นตัวนำที่เลวเพื่อลดการนำความร้อนจากผิวท่อที่อุ่นไปยังส่วนที่เย็นกว่า ขณะเดียวกัน วัสดุนี้ต้องลดการสูญเสียความร้อนจากการแผ่กระจายความร้อนและการพาความร้อนได้ดี

- มีความพรุน เป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากอันหนึ่ง เพราะฉนวนกันความร้อนต้องทำให้อากาศนิ่งสงบได้หากอากาศภายนอกสงบนิ่ง ผลของการหุ้มฉนวนจะดีซึ่งความพรุนของโครงสร้างเนื้อฉนวนช่วยดักอากาศรอบ ๆ ให้สงบนิ่ง

- ไม่ติดไฟหรือลุกไหม้ เพื่อป้องกันการเสียหายของระบบท่อ และอุปกรณ์อื่นๆ เนื่องจากฉนวนที่ใช้หุ้มจะมีพื้นผิวที่ติดกับท่อที่มีความร้อนสูง

- น้ำหนักเบา ต้องไม่เพิ่มน้ำหนักของท่อให้เพิ่มขึ้นมากเกินไป โดยเฉพาะท่อที่ยึดติดแขวนกับเพดาน

- มีความต้านทานต่อการเกิดเชื้อรา เชื้อราเกิดจากการดูดความชื้นของวัสดุฉนวนหากมีความชื้นมากไม่ควรเลือกวัสดุที่ทำจากสารอินทรีย์ แต่ควรเลือกวัสดุที่เป็นพวกอนินทรีย์ เช่น ใยแก้ว แอสเบสตอส

- มีความต้านทานต่อการกัดหรือทำลายของสัตว์หากวัสดุฉนวนทำจากหนังสัตว์ ไม้ หรือสารอินทรีย์อื่น ๆ อาจเกิดความเสียหาย ต้องพิจารณาต่อการเลือกใช้ให้เหมาะสม

- ไม่ดูดความชื้นหรืออมน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหุ้มฉนวนนอกอาคาร เซลล์ของวัสดุฉนวนอาจกักน้ำหากอากาศสงบนิ่งน้ำจะสงบนิ่ง และเป็นผลเสียหายต่อฉนวน ลดประสิทธิภาพของการหุ้มฉนวน เพราะน้ำจะดูดซับความร้อนถ่ายเทออกสู่อากาศภายนอก มากกว่าฉนวนที่แห้ง ฉนวนใยแก้ว ใยหิน ไม้ก๊อก เส้นใยแร่ สามารถใช้หุ้มฉนวนนอกอาคารได้

- มีผิวเรียบ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนสามารถทาสี ได้สะดวก
- การใช้งานง่ายสะดวกต่อการนำมาหุ้มถอดเปลี่ยนได้โดยไม่ยุ่งยาก เมื่อต้องการซ่อมแซม

วัสดุฉนวนสำหรับหุ้มท่อ

ตารางที่ 2.1 วัสดุฉนวนสำหรับหุ้มท่อ

ชนิดวัสดุฉนวน	การใช้งาน
วัสดุแบบผงหรือเส้นใยหลวม ๆ เช่น แผ่นไมก้า ใยแก้ว	ใช้หุ้มถังเก็บน้ำเย็น น้ำเย็น หรือหุ้มท่อต้องมีเปลือกหุ้มฉนวนอีกชั้นหนึ่ง
วัสดุยืดหยุ่น เช่น ขนสัตว์ ใยแก้ว เส้นใยแร่	ลักษณะเป็นหิน ม้วนแบบม้วนผ้าสำเร็จหรือสำเร็จรูป ใช้หุ้มฉนวนรอบท่อหรือถังเก็บน้ำร้อน ถังเก็บน้ำทรงสี่เหลี่ยม
วัสดุแกร่ง เช่น ใยแก้ว ใยหินเส้นใยแร่	แบบสำเร็จรูปเช่น ทำมาพอดีกับขนาดท่อหากเป็นแบบแผ่นเรียบ ใช้หุ้มถังเก็บนำร้อนหรือท่อ
พลาสติก เช่น โพลียูริเทน โพลิสไตรีน แมกนีเซียม	ลักษณะเป็นแถบ ผืนหรือทำมาขนาดเฉพาะท่อใช้หุ้มรูปทรงที่ไม่เรียบได้ดี เช่น ผิวหม้อต้ม ถังเก็บน้ำขนาดใหญ่และวาล์ว

ประโยชน์ของน้ำอุ่น [3]

น้ำอุ่น อุณหภูมิของน้ำอุ่นจะถูกผสมระหว่างน้ำเย็นและน้ำร้อน หรือน้ำอุ่นโดยไหลผ่านเครื่องทำน้ำร้อน ซึ่งสามารถใช้อาบล้างมือล้างหน้า ได้ราว 35 ^{o}C การอาบน้ำและแช่น้ำอุ่นนาน ๆ จะทำให้รูขุมขนขยายตัวมากขึ้น การขับถ่ายของเสียออกจากร่างกายได้ดี ผ่อนคลายความตึงเครียดของกล้ามเนื้อ และคลายการปวดเมื่อย การไหลเวียนของโลหิตในร่างกายดีขึ้น ลดความหยาบกร้านของผิวหนัง ผิวพรรณสวยงาม การอาบน้ำอุ่นจะมีผลดีต่อร่างกายอย่างยิ่งและมีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับคนพิการ เนื่องจากการประสบอุบัติเหตุทำให้ร่างกายพิการโดยการถูกทับของเส้นประสาททำให้เดินหรือขยับแขนขาหรืออวัยวะต่าง ๆ ไม่ได้ดังนั้นน้ำอุ่นจึงเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยคลาย

เส้นประสาทของผู้ป่วยซึ่งเป็นการบำบัดอีกทางเลือก หรือตัวช่วยอีกอย่างหนึ่งของผู้พิการและสามารถขับของเสียออกมาทางผิวหนังอีกด้วย เนื่องจากการขยายของรูขุมขนได้ขับเหงื่อออกมาซึ่งรวมทั้งของเสียต่างอีกด้วย

ความถ่วงจำเพาะของน้ำ

น้ำบริสุทธิ์เป็นสสารมาตรฐาน ซึ่งมีน้ำหนักและปริมาตรใช้เป็นตัวเปรียบเทียบของสสารชนิดอื่น ๆ ในการหาความถ่วงจำเพาะ ความถ่วงจำเพาะของน้ำเป็นอัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของสสารกับความหนาแน่นของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากันที่อุณหภูมิที่ 4°C ความถ่วงจำเพาะมาตรฐานของน้ำเท่ากับ 1 สสารที่มีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำลอย หากมีจำนวนมากกว่าน้ำจะจม

คุณสมบัติของน้ำร้อน

น้ำมีน้ำหนักและเปลี่ยนแปลง ไปตามอุณหภูมิ ซึ่งคุณสมบัติอันนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการออกแบบและติดตั้งระบบน้ำร้อน ขณะเดียวกันก็มีผลต่อการวางจุดปล่อยน้ำโดยอาศัยน้ำหนักของน้ำรวมทั้งความสูงของจุดปล่อยน้ำและมีผลต่ออัตราการไหล

การคำนวณหาแรงและความกดดันน้ำภายในท่อและถังเก็บน้ำ จะใช้ความหนาแน่นของน้ำ 1,000 กก./ม. นอกจากคุณสมบัตินี้ยังมีคุณสมบัติทางกายภาพประกอบด้วย

1. น้ำ 1 ม^3 มีจำนวน 1,000 ลิตร
2. น้ำ 1 ลิตร หนัก 1,000 กรัม

น้ำบริสุทธิ์จะไม่มีกลิ่นและรสที่ความกดดันบรรยากาศอุณหภูมิ 0 °C และ 100 °C มีลักษณะใสเป็นของเหลวเกือบไม่มีสี

หลักการไหลเวียนของน้ำร้อน

ขณะที่น้ำในภาชนะได้รับความร้อนจากแหล่งใดแหล่งหนึ่ง จะเกิดการไหลเวียนของน้ำขึ้นเองโดยธรรมชาติ การไหลเวียนเกิดจากการความแตกต่างของน้ำหนักน้ำ น้ำร้อนจะไหลขึ้นสู่ด้านบนส่วนน้ำเย็นจะไหลลงสู่ด้านล่าง

น้ำประกอบจากอนุภาคเล็กๆที่เรียกว่าโมเลกุล เมื่อน้ำได้รับความร้อนโมเลกุลจะขยายตัวแลกเกิดการเคลื่อนที่สลับกันไปมา การเคลื่อนที่นี้เรียกว่าการไหลเรียน (Circulation) หรือการพา สาเหตุเกิดจากความแตกต่างระหว่างน้ำร้อนและน้ำเย็น

กฎธรรมชาติของการไหลเวียน การไหลเวียนของน้ำร้อนในระบบจะเกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติและมีข้อสังเกตดังนี้คือ

ก. น้ำร้อนจะเบากว่าน้ำเย็น และมีพฤติกรรมโน้มเอียงในการลอยตัวขึ้นเองตามธรรมชาติ

ข. อากาศจะถูกขับออกเมื่อน้ำร้อนขึ้น หากถูกกักเก็บอยู่ภายในท่อเมื่อเปิดก๊อกน้ำออกจะเกิดเสียงดัง และการไหลเวียนในระบบอาจหยุดชะงักลง เพื่อให้การติดตั้งอย่างเหมาะสม จะต้องมีการปล่อยระบายอากาศออก และต้องมีการพิจารณาข้อกำหนดดังนี้

- ท่อไหลเวียนจะต้องสั้น
- ท่อทั้งหมดในระบบจะต้องสั้นที่สุด
- ต้องมีจุดต่อน้อยที่สุด
- ต้องระมัดระวังในการกรอท่อหลังการตัด

2.6 ความกดดัน

ความกดดันที่เป็นอันตรายต่อระบบน้ำร้อนนี้ ต้องมากกว่าความกดดันใช้งานของอุปกรณ์ และท่อที่ได้ออกแบบไว้เป็นมาตรฐานแล้ว แม้ว่าชิ้นส่วนเล็ก ๆ ของอุปกรณ์ที่ออกแบบไว้ให้ใช้ได้กับความกดดันสูง หากจะเลือกใช้ควรใช้อุปกรณ์เหล่านั้นทนต่อความกดดันได้สูงกว่าที่กำหนด รวมทั้งถังเก็บน้ำร้อนด้วย ปกติจะออกแบบให้รับความกดดันไม่เกิน 861.845 กิโลปาสคาล (125 ปอนด์ / ตร.นิ้ว) หากความกดดันสูงมาก ส่วนที่เป็นจุดอ่อน ในระบบจะแตกระเบิดเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ นอกจากนี้การแตกเสียหายของระบบส่วนใดส่วนหนึ่งอาจมีผลมาจากการกัดกร่อน และการที่อุปกรณ์เหล่านั้นอยู่ภายใต้อุณหภูมิสูงนาน ๆ ซึ่งเป็นตัวเร่งระยะเวลาของการแตกเสียหายให้เร็วขึ้น

น้ำขยายตัวเมื่อรับความร้อน ปริมาณรวมของการขยายตัวจะขึ้นอยู่กับปริมาตรของน้ำ และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ปริมาณความหนาแน่นของน้ำที่ 4.4 °C เท่ากับ 1,000 kg/m^3 และที่อุณหภูมิ 60°C เท่ากับ 983.4 kg/m^3 ถ้าน้ำปริมาตร 28.32 ลิตร (1 ลบ. ฟุต) ได้มีความร้อนจาก 4.4 - 60 °C ภายใต้การควบคุมอุณหภูมิคงที่แล้วน้ำจะขยายตัวขึ้น 1,000/983.4 เท่ากับ ลบ.ม. ดังนั้นหากอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 55.6 °C จะพบว่าขยายตัวเพิ่มขึ้น 1.68 % หรือ 1/60 เท่า ของปริมาตรครั้งแรกก่อนรับความร้อน ตามที่กล่าวมาจะพบว่าหากใช้ถังเก็บน้ำร้อน 227 ลิตร การขยายตัวทั้งหมดของน้ำ เนื่องจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิเริ่มต้นเป็น 4.4 °C ถึงอุณหภูมิปกติของน้ำร้อนที่จ่ายในระบบ 60 °C จะขยายตัวได้ถึง 3.785 ลิตร (1 แกลลอน) ค่านี้ได้จากการคำนวณโดยคูณ 227 ลิตร ด้วย

2.6.1 ความกดดันของ ของเหลว (ความกดดันที่ก้นหรือด้านข้างของภาชนะ)

เมื่อความลึกมากขึ้นความกดดันในของเหลวก็จะยิ่งเพิ่มขึ้นตามความลึกด้วย ซึ่งความกดดันนี้จะกระทำต่อทุกทิศทางกัน

$$p = g \cdot e \cdot h \qquad 2.8$$

P = ความกดดัน

g = ความเร่งของโลก

e = ความหนาแน่นของของเหลว

h = ความลึกของของเหลว

e ความกดดัน = อัตราการเร่งของโลก x ความหนาแน่น x ความลึกของของเหลว เช่น การหาความกดดันที่ความลึก 0.5 เมตร

= 1 kg/dm^2 = 1000kg/m^2

P = g . e . h = 9.81 m/s^2 x 1000 kg/m^2 x 0.5 m

= 4905 kg/m . s^2

= 4905 Pa

2.7 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการหาอัตราการไหล

หากระดับของเหลวในถังเก็บลดลง h ม. ในเวลา t วินาที โดยถังเก็บมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง D ม. และท่อออกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง d ม. โดยในขณะทำการตรวจวัดอัตราการไหล ควรปิดวาล์วของท่อเข้าเสียก่อน โดยสามารถเขียนเป็นสมการสำหรับหาอัตราการไหลดังนี้

$$Q = \frac{\pi}{4t} D^2 h \qquad 2.9$$

หากต้องการหาความเร็วของการไหลของของเหลวในท่อทางออก สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$V = \frac{\frac{\pi}{4t}\, D^2 h}{\frac{\pi}{4t}\, d^2} = \frac{D^2 h}{t d^2} \qquad 2.10$$

2.8 ความร้อน

ความร้อนเป็นรูปพลังงานหนึ่ง พลังงานหมายถึง ความสามารถในการทำงานจำนวนหนึ่ง พลังงานส่วนใหญ่จะได้จากการเร่งโมเลกุลในวัตถุและทำให้โมเลกุลบางส่วนเกิดความสั่นสะเทือนจะมีพลังงานความร้อนเกิดขึ้น หากเพิ่มอัตราความสั่นสะเทือนของโมเลกุลมากๆ ข้าวของแข็งจะกลายเป็นของเหลว หรือกลายเป็นก๊าซได้เช่น น้ำแข็งเมื่อให้ปริมาณความร้อน โมเลกุลจะสั่นและหลอมละลายตัวกลายเป็นของเหลว หากให้ความร้อนแก่น้ำมากๆ โมเลกุลจะสั่นเพิ่มขึ้น แล้วในที่สุดจะเดือด และกลายเป็นไอ อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิได้แก่ เทอร์โมมิเตอร์

2.8.1 ปริมาณความร้อน

สสารเมื่อรับอุณหภูมิจะมีความร้อนเกิดขึ้นจำนวนหนึ่ง จำนวนหรือปริมาณความร้อนในสสารจะวัดเป็นจูล (Joules, J) ในระบบเมตริก หน่วยความร้อนหมายถึง จำนวนของความร้อนที่ให้มวลของน้ำ 1 หน่วย มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่วนระบบอังกฤษปริมาณความร้อน 1 BTU หมายถึง น้ำ 1 lb มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 °F

ในระบบเมตริก ปริมาณความร้อนวัดเป็นแคลอรี่

1 แคลอรี่ = น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 °C หรือ 1000 มิลิกรัม ต่อ 1°C

ดังนั้นปริมาณความร้อน (แคลอรี่) = 1000 g. x 1°C

= 1000 Cal

หรือ 1 กิโลแคลอรี่ หมายถึง ปริมาณความร้อนนี้ทำให้น้ำมวล 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1°C

ในระบบเอสไอ. ปริมาณความร้อน 1 Cal เท่ากับ 4.186 J

ปริมาณความร้อนต้องการให้น้ำ 1 ลิตร มีอุณหภูมิ 1°C

= 4.186 J X 1000 g x 1°C

= 4.186 J หรือ 4.186 kJ

เมื่อ 4.186 kJ ทำให้น้ำ 1 ลิตร อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 100 °C

ปริมาณความร้อนที่ต้องการ (kJ)

$$Q = M.C\Delta T$$
$$= 4.186 \times M \times (t_1 - t_2)$$

เมื่อ

M มวลของน้ำที่ให้ความร้อน , kg.

t_1 อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำร้อน , °C

t_2 อุณหภูมิเริ่มต้นก่อนทำให้ร้อน , °C

ในทางกลับกัน สามารถหาปริมาณความร้อนที่ลดลงเนื่องจากถูกทำให้เย็นลงได้ดังนั้น พลังงานความร้อนที่ลดลง กิโลจูล

$$4.186 \times M \times (t_1 - t_2) \qquad 2.11$$

เมื่อ

M มวลของน้ำที่ให้ความร้อน , kg.

t_1 อุณหภูมิน้ำร้อน , °C

t_2 อุณหภูมิของน้ำ หลังจากถูกหล่อเย็น ,1°C

2.8.2 **ความร้อนจำเพาะ** (Specific Heat)

หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้มวลสาร 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 °C หน่วยความร้อนจำเพาะของน้ำจะเป็น 4.186 kJ / kg °C

ดังนั้น ความร้อนจำเพาะ = มวล x ค่าความร้อนจำเพาะของมวลสาร x ผลต่างอุณหภูมิ

$$Q = M \cdot C\Delta T \qquad 2.12$$

ขณะที่น้ำในภาชนะได้รับความร้อน จากแหล่งใดแหล่งหนึ่งจะเกิดการไหลเวียนของน้ำขึ้นเองโดยธรรมชาติ การไหลเวียนเกิดจากความแตกต่างของน้ำหนักน้ำ น้ำร้อนจะไหลขึ้นสูงข้างบน ส่วนน้ำเย็นกว่าจะไหลลงสู่ด้านล่าง การไหลเวียนเช่นนี้จะเกิดต่อเนื่องตลอดไป

2.8.3 **อุปกรณ์นิรภัยเครื่องทำน้ำร้อน**

เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นต่อเครื่องทำน้ำร้อน, หม้อเก็บน้ำร้อน หรือระบบท่อจ่ายน้ำร้อนจะต้องจัดเตรียมอุปกรณ์นิรภัยไว้ เพื่อใช่ระบายความร้อนและอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นเกินกำหนด

2.8.4 **กฎธรรมชาติของการไหล**

การไหลเวียนของน้ำร้อนในระบบจะเกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ และมีข้อสังเกตดังนี้คือ

1. น้ำร้อนจะเบากว่าน้ำเย็น และมีพฤติกรรมโน้มเอียงในการลอยขึ้น ดังนั้นท่อที่ประกอบเข้ากับระบบจะต้องต่อขึ้นจากเครื่องทำน้ำร้อนไปยังถังเก็บน้ำร้อน น้ำเย็นจะหนักกว่า และจมอยู่ส่วนล่างของถัง ดังนั้นมันจะออกแรงดันน้ำกลับเข้าเครื่องทำน้ำร้อนอีกครั้งหนึ่ง

2. อากาศจะถูกขับออกจากน้ำเมื่อน้ำร้อนขึ้น หากถูกกักเก็บอยู่ในท่อ เมื่อเปิดใช้น้ำร้อนจะมีเสียงดัง และการไหลเวียนในระบบอาจหยุดชะงักเพื่อให้การติดตั้งอย่างเหมาะสม จะต้องมีก๊อกปล่อยระบายอากาศออก และต้องพิจารณาข้อกำหนดดังนี้คือ

- ท่อไหลเวียนจะต้องสั้น
- ท่อทั้งหมดในระบบจะต้องตรงที่สุด
- ต้องมีจุดต่อน้อยที่สุด
- ต้องระมัดระวังในการกรอท่อหลังการตัด
- ขนาดท่อที่ใช้จะต้องเท่ากับปากทางออกบนเครื่องทำน้ำร้อน

การติดตั้งวาล์วใด ๆ เข้ากับท่อไหลเวียนเป็นอันตรายอย่างยิ่ง เพราะอาจเผลอปิดวาล์วเป็นเหตุให้เกิดการระเบิด อุปกรณ์ทำความร้อนทุกชนิดจะต้องมีวาล์วนิรภัยติดตั้งอยู่กับถังเก็บน้ำร้อนหรือเครื่องทำน้ำร้อน เพื่อป้องกันการขยายตัวของน้ำหรือไอน้ำ

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

3.1 การออกแบบเครื่องบำบัดระบบน้ำวนปรับอุณหภูมิได้

3.1.1 ขั้นตอนการออกแบบ

1. การออกแบบอ่างใยแก้ว อ่างจะเป็นแบบ 2 ชั้น ชั้นด้านในเป็นส่วนของพื้นที่ในการแช่บำบัด ด้านนอกจะเป็นพื้นที่ในการดูดน้ำและวางท่อส่งจ่ายน้ำ มีพื้นที่ในการจักเก็บปั๊มสูบน้ำและระบบทำความร้อนของตัวเครื่อง บริเวณด้านบนของอ่างจะมีชั้นเพื่อไว้สำหรับวางตะแกรง

2. ปั๊มสูบน้ำ เป็นปั๊มแบบหอยโข่งเนื่องจากได้รับการออกแบบให้เหมาะกับการใช้งานเกือบทุกประเภท การทำงานโดยอาศัยการหมุนของใบพัดที่ได้รับพลังงานจากการขับของมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 Hp ซึ่งเหมาะกับการวางไว้ในพื้นที่จำกัด และราคาของปั๊มน้ำไม่สูงมากเกินไป

3. เครื่องทำความร้อน เป็นเครื่องทำความร้อนแบบกระบอกรัด ขนาดความโต 2 นิ้ว ระยะ ทางของน้ำไหลผ่าน 23 นิ้ว ขนาดของเครื่องทำความร้อน 4,000 W 220 V

4. ระบบท่อส่งจ่าย ขนาดของท่อต้นทางมีขนาด 2 นิ้วโดยมีปั๊มน้ำเป็นตัวขับดันน้ำให้ไหลไปตามท่อผ่านวาล์วเพื่อปรับความแรงของน้ำ แล้วแยกไปตามท่อจ่ายขนาด ½ นิ้ว จำนวน 6 ท่อ ที่ปลายทางของการส่งจ่าย

3.2 การคำนวณหาปริมาตรของถังชั้นใน

เมื่อถังชั้นในมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.5 ม. (1500 มม.) สูง 0.5 ม. (500 มม.) สามารถหาปริมาตรของถังน้ำด้านในดังนี้

จากสูตร $\frac{A}{4} = \pi.d^2$

$= \frac{\pi.1,500}{4}$

$= 0.785 \times 1,500^2$

$= 441562.5$ มม^2

ปริมาตร $A = \frac{\pi.d^2 \times h}{4}$

$= 0.785 \times 1{,}500^2 \times 500$

$= 883125000.00$ มม.^{3}

หรือ

$= 0.785 \times 1.50^2 \times 0.5$

$= 0.88$ ม^3

แปลงจาก ลูกบาศก์เมตร เป็นลูกบาศก์ฟุต

$= 0.88 \times 3.531 \times 10^2$

$= 31.07$ ลูกบาศก์ฟุต

แปลงจากลูกบาศก์ฟุตเป็นลิตร

$= 31.07 \times 2.832 \times 10^1$

$= 879.9$ ลิตร

∴ เมื่อน้ำบริสุทธิ์ 1 ลิตร หนัก 1000 กรัม (1 kg)

3.3 คำนวณหาปริมาตรน้ำของถังชั้นนอก

สามารถหาปริมาตรน้ำของถังชั้นนอกเมื่อขนาดของถังชั้นในมีขนาด 1.5 ม. ถังชั้นนอกมีขนาด 2.0 ม. ความสูงของถัง 0.5 ม.

ปริมาณน้ำถังด้านนอก

$V = \frac{\pi.D^2}{4} = \frac{\pi.d^2}{4}$

$= ((0.785 \times 2.0^2) - (0.785 \times 1.50^2)) \times 0.1$

$= (3.14 - 1.766) \times 0.1$

$= 0.137$ ม^3

แปลงเป็นลูกบาศก์ฟุต

$= 0.137x\ 3.531 \times 10^{1}$

= 4.837 ลูกบาศก์ฟุต

แปลงเป็นลิตร

$= 4.59 \times 2.83 \times 10^{1}$

= 136.8 ลิตร

ปริมาณทั้งหมด

= ถังใน + ถังนอก

= 879.39 + 136.8

= 1,016.19 ลิตร

เมื่อน้ำบริสุทธิ์ 1 ลิตรหนัก 1000 กรัม (1 kg)

∴ น้ำ 1,016.19 ลิตร มีน้ำหนัก 1,016.19 kg

3.4 การคำนวณหาความดันของน้ำภายในอ่าง

การหาความดันของน้ำภายในอ่างน้ำขนาด 1.5 ม. สูง 0.5 ม. ความดันของน้ำภายในอ่างลึก 0.5 ม.

จากสมการที่ 2.8 $P = g \cdot e \cdot h$

$P = 9.81\ m/s^{2} \times 998\ kg/m^{3} \times 0.5\ m$

$= 4,895.19\ Pa$

เมื่อ

P	ความกดดัน
g	อัตราเร่งของโลก
e	ความหนาแน่นของของเหลว
h	ความลึกของของเหลว

ความดันภายในอ่างมีขนาดเท่ากับ = 4,895.19 Pa

3.5 การคำนวณหาความร้อนจำเพาะของน้ำในอ่าง

การหาความร้อนจำเพาะของน้ำในอ่าง หาปริมาณความร้อนที่จะทำให้น้ำจำนวน 1,016.19 ลิตร ให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 20°C – 40°C

จากสมการที่ 2.12 $Q = M \cdot C\Delta T$

เมื่อ

	Q	ความร้อนจำเพาะ
	M	มวลของน้ำ
	C	ค่าความร้อนจำเพาะของมวลสาร
	ΔT	ผลต่างของอุณหภูมิ

ดังนั้นจากสมการที่ 2.12

น้ำ 1 ลิตร = 1000 กรัม = 1กิโลกรัม

ความร้อนจำเพาะของน้ำ (c) = 4.186 kJ/kg ^{0}c

Q = 1,016.19 x 4.186 x 20

พลังงานความร้อน = 85075.42 kJ

สำหรับหน่วยในอังกฤษจะได้

1016.19 ลิตร / 4.54 ลิตร / แกลลอล = 223.83 แกลลอล หรือ 1016.19 x 0.22 = 223.83

55.5 °C = 100 °F

พลังงานความร้อนที่ต้องการ = 223.8 gal x 10 lb 100 °F

= 223,800 BTU

3.6 การคำนวณหาปริมาณความร้อน

ปริมาณความร้อนที่น้ำได้รับและกระแสไฟฟ้าที่ใช้เมื่อต้องการให้น้ำ 1016.19 ลิตร อุณหภูมิเพิ่มจาก 20-40 ^{0}C

จากสมการ

$$Q = \frac{4.186 \cdot G(T_2 T_1)}{n}$$

เมื่อ

Q ปริมาณความร้อน

G ปริมาณที่ต้องการให้ร้อน

T_2 ,T_1 อุณหภูมิเริ่มต้น และ สุดท้ายของน้ำ

N ประสิทธิภาพเครื่องทำความร้อน ≈ 90.98 %

ปริมาณความร้อนที่ได้รับ

$$Q = \frac{4.186 \times 1{,}016.19(40-20)}{0.9}$$

$$= 94{,}528.25 \text{ kJ}$$

กระแสไฟฟ้าที่ใช้

$$A = \frac{Q}{3{,}600}$$

$$= \frac{94{,}528.25}{3600}$$

$$= 26.26 \text{ kw}$$

3.7 การคำนวณหาอัตราของการไหล

เมื่ออัตราของการไหลของการจ่ายน้ำโดยวัดระดับของผิวหน้าของ ของเหลวในถังได้ 0.5 ม. ภายในระยะเวลา 7.12 นาที ถังทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ม. ท่อทางออกมีขนาดความโต 0.025 ม.

สมการการหาอัตราการไหล

$$Q = \frac{\pi}{4t} D^2 h$$

สมการหาความการไหลในท่อทางออก

$$V = \frac{D^2 h}{td^2} \qquad 3.1$$

เมื่อ

D = 1.5 m

h = 0.5 m

t = 427.2 s

d = 0.025 m

จากสมการที่ 2.9 การหาอัตราการไหลของน้ำภายในถัง

$$Q = \frac{\pi}{4t} D^2 h$$

$$= \frac{\pi}{4 \times 427.2} \times 1.5^2 \times 0.5$$

$$= 0.003 \text{ m}^3/\text{s}$$

จากสมการที่ 3.2 การหาความเร็วการไหล

$$V = \frac{D^2 h}{td^2}$$

$$= \frac{1.5^2 \times 0.5}{427.2 \times 0.025}$$

ความเร็วของการไหลภายในท่อ = 4.21 m / s

บทที่ 4

วิธีการและผลการทดลอง

4.1 ส่วนประกอบและระบบการทำงาน

ปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal)

รายละเอียดของปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal)

ตารางที่ 4.1 ปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal)

รายละเอียด	ขนาด
กำลัง (Hp)	1
แรงดัน (V)	220
เฮดสูงสุด (m)	32
ความถี่ (Hz)	50
ปริมาณสูงสุด (L/min)	108
กระแส (A)	5.1
ขนาดท่อเข้า-ออก (inch)	1x1
ความเร็วรอบ (rpm)	2850

ฮีตเตอร์ ขนาด ø 2 นิ้ว ยาว 20 นิ้ว 4000 วัตต์ 220 โวลต์

เทอร์โมสตัส 10 A 250 VAC

4.2 วิธีการในการทดลอง

ทดลองระบบทำความร้อนและระบบการไหลเวียนโดยการควบคุมอุณหภูมิของน้ำในระบบ โดยการปรับอุณหภูมิที่ชุดควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 80 °C และควบคุมการไหลเวียนในการปรับปริมาตรของน้ำที่ท่อปลายทางโดย Gate Valve ปรับอัตราการไหลของน้ำที่ 25% 50% 75% 100% ตามลำดับแล้วจับเวลา เพื่อวัดอุณหภูมิว่าว่าสามารถเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิให้สูงขึ้นได้ที่อุณหภูมิที่ 40 °C ภายในเวลาเท่าไร โดยช่วงของการวัดอุณหภูมิแบ่งออกเป็นช่วงละ 5 นาที

4.2.1 อุปกรณ์ในการทดลอง

1. อ่างใยแก้ว (Fiberglass) พร้อมระบบทำความร้อน
2. เทอร์โมมิเตอร์
3. สมุดจดบันทึก
4. นาฬิกาจับเวลา

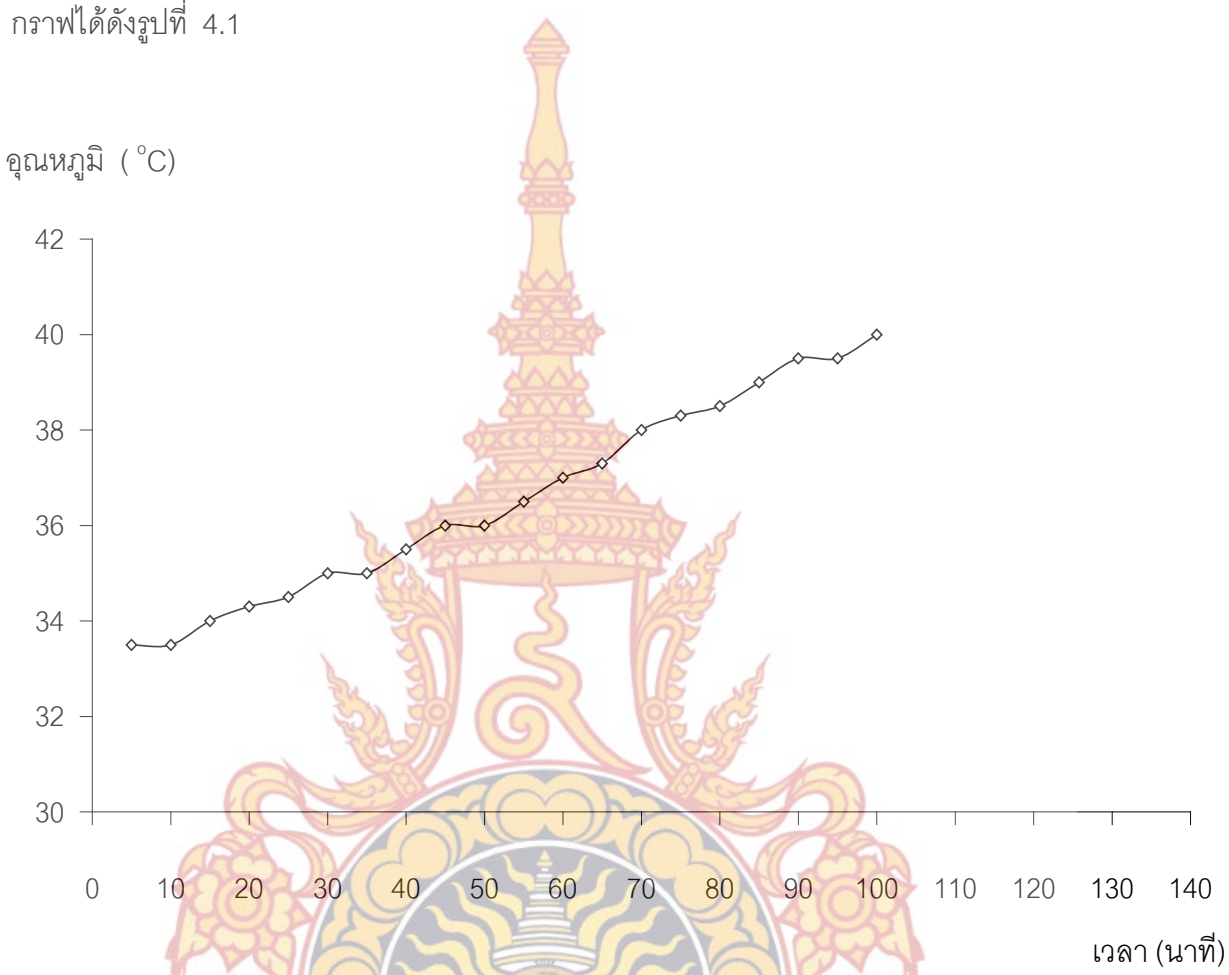
4.2.2 การทดลองเปิดวาล์วน้ำที่ 25 %

โดยการปรับปริมาตรของท่อทางออกที่ 25 % อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 33 ^{o}C อุณหภูมิของเครื่องทำความร้อนที่ 80 ^{o}C

ตารางที่ 4.2 การทดลองการเปิดวาล์วน้ำที่ 25%

เวลา(นาที)	อุณหภูมิ(^{0}C)
5	33.5
10	33.5
15	34.0
20	34.3
25	34.5
30	35.0
35	35.0
40	35.5
45	36.0
50	36.0
55	36.5
60	37.0
65	37.3
70	38.0
75	38.3
80	38.5
85	39.0
90	39.5
95	39.5
100	40.0

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของน้ำมีการเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ อย่างต่อเนื่องระยะเวลาทุกๆ 5-10 นาที อุณหภูมิของน้ำจะเพิ่มขึ้นประมาณ 0.5 °C ใช้ระยะเวลาในการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจาก 33 °C ถึงอุณหภูมิ 40 °C ภายใน 100 นาที จากตารางของการทดลองสามารถนำมาเขียนเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำและเวลาในการเปิดวาล์วที่ 25 %

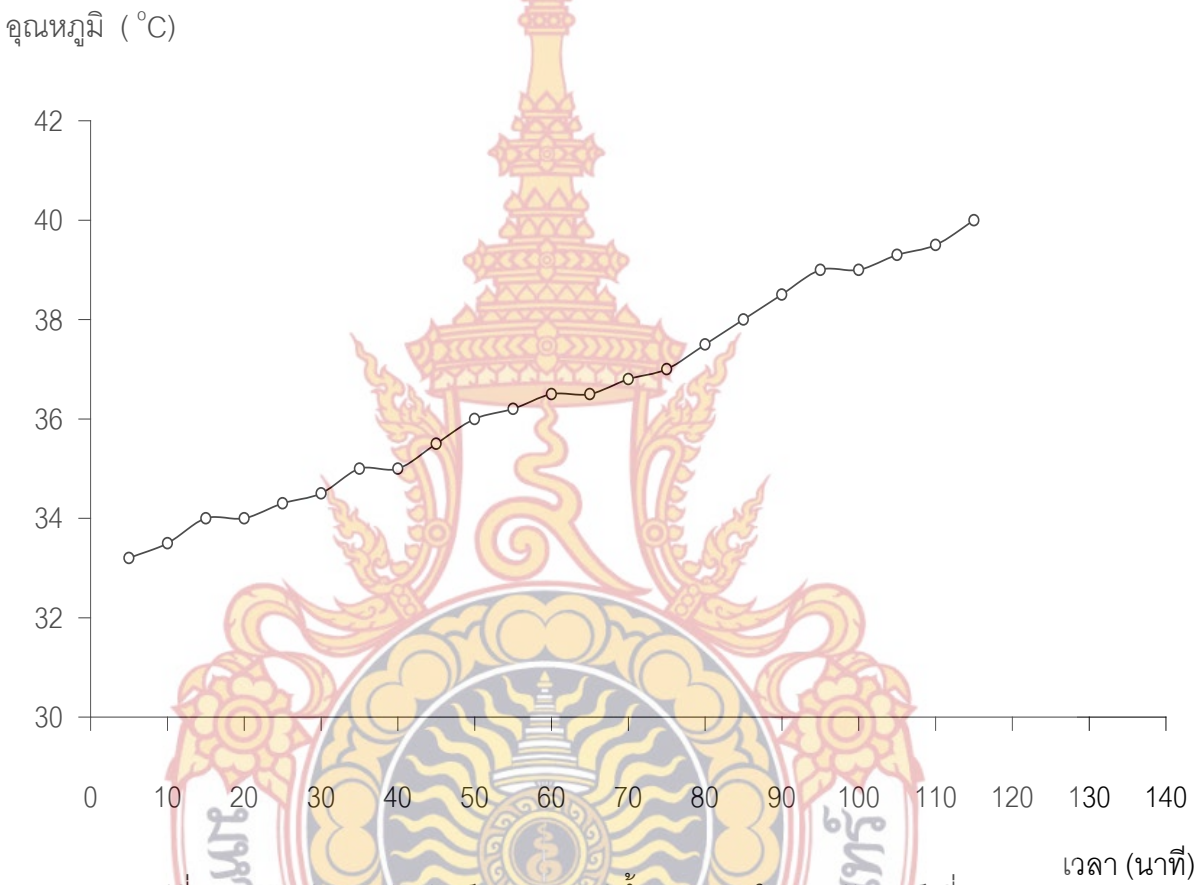
4.2.3 การทดลองเปิดวาล์วน้ำที่ 50 %

โดยการปรับปริมาตรของท่อทางออกที่ 50 % อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 33 °C อุณหภูมิของเครื่องทำความร้อนที่ 80 °C

ตารางที่ 4.3 การทดลองการเปิดวาล์วน้ำที่ 50%

เวลา(นาที)	อุณหภูมิ(°C)
5	33.2
10	33.5
15	34.0
20	34.0
25	34.3
30	34.5
35	35.0
40	35.0
45	35.5
50	36.0
55	36.2
60	36.5
65	36.5
70	36.8
75	37.0
80	37.5
85	38.0
90	38.5
95	39.0
100	39.0
105	39.3
110	39.5
115	40.0

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของน้ำมีการเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ อย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับการทดลองในครั้งที่ 1 ระยะเวลาทุกๆ 5-10 นาที อุณหภูมิของน้ำจะเพิ่มขึ้นประมาณ 0.5 ^{o}C ใช้ระยะเวลาในการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจาก 33 ^{o}C ถึงอุณหภูมิ 40 ^{o}C ภายใน 115 นาที จะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองครั้งที่ 1 แล้วระยะเวลาในการเพิ่มอุณหภูมิจะช้ากว่าการเปิดปริมาตรของวาล์วที่ 25% จากตารางของการทดลองสามารถนำมาเขียนเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำและเวลาในการเปิดวาล์วที่ 50 %

4.2.4 การทดลองครั้งที่ 3

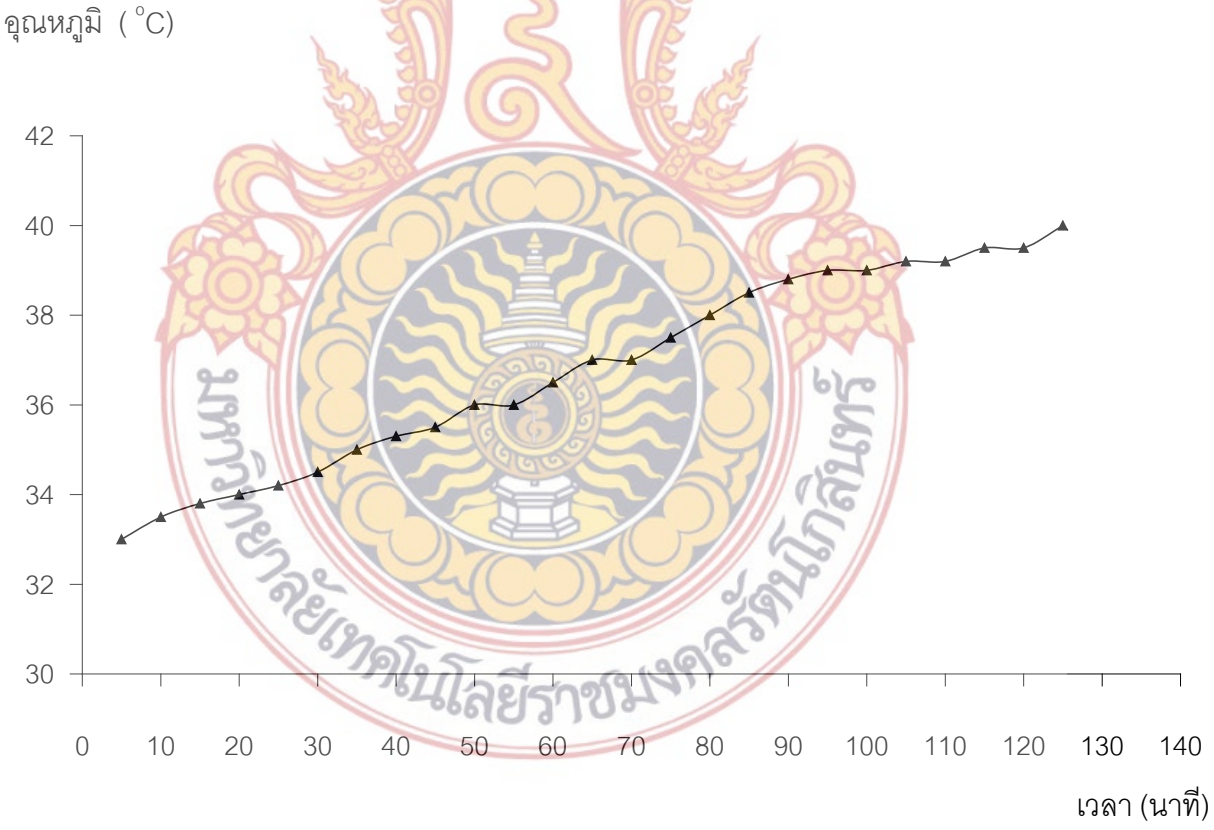
โดยการปรับปริมาตรของท่อทางออกที่ 75 % อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 33 °C อุณหภูมิของเครื่องทำความร้อนที่ 80 °C

ตารางที่ 4.4 การทดลองการเปิดวาล์วที่ 75%

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)
5	33.0
10	33.5
15	33.8
20	34.0
25	34.2
30	34.5
35	35.0
40	35.3
45	35.5
50	36.0
55	36.0
60	36.5
65	37.0
70	37.0
75	37.5
80	38.0
85	38.5
90	38.8
95	39.0
95	39.0
100	39.0

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)
105	39.2
110	39.2
115	39.5
120	39.5
125	40.0

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของน้ำมีการเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ดังเช่นการทดลองในครั้งที่ 1 และ 2 อย่างต่อเนื่องระยะเวลาทุกๆ 5-10 นาที อุณหภูมิของน้ำจะเพิ่มขึ้นประมาณ 0.5 °C ใช้ระยะเวลาในการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจาก 33 °C ถึงอุณหภูมิ 40 °C ภายใน 125 นาที จากตารางของการทดลองจะเห็นได้ว่าการทดลองในครั้งที่ 3 อุณหภูมิของน้ำจะเปลี่ยนแปลงช้ากว่าการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 สามารถนำมาเขียนเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำและเวลาในการเปิดวาล์วที่ 75 %

4.2.5 การทดลองครั้งที่ 4

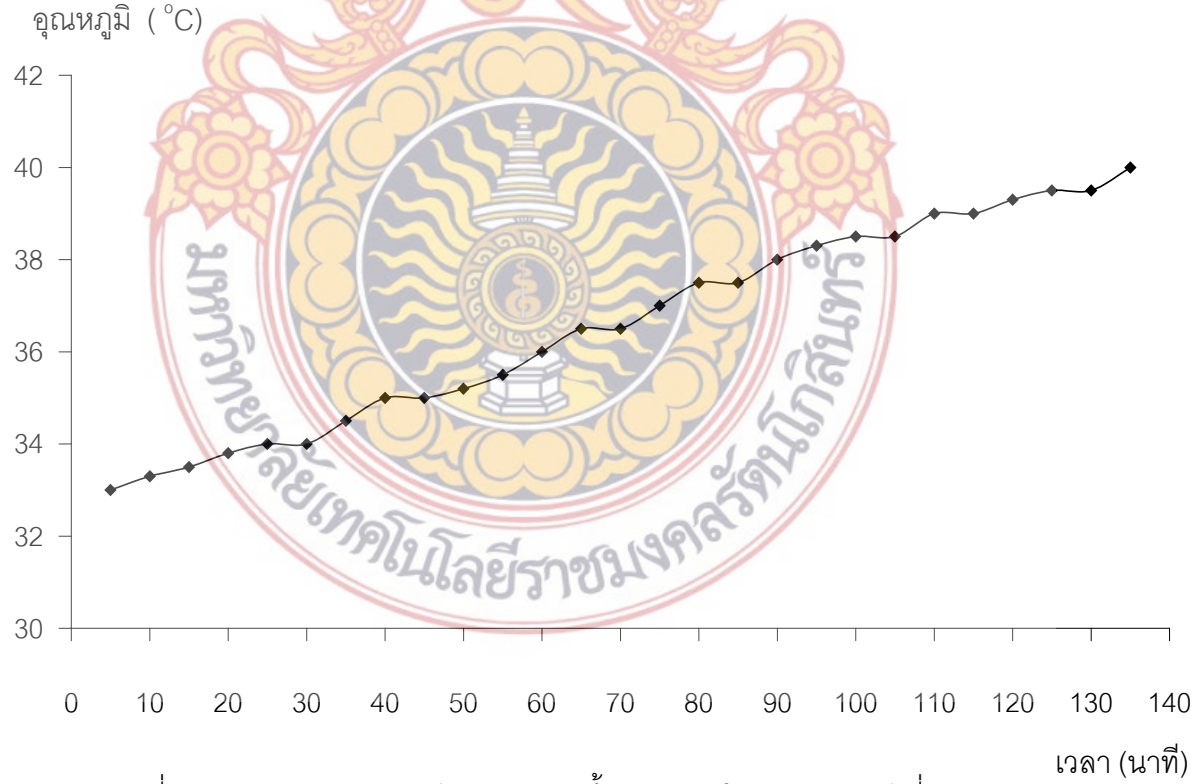
โดยการปรับปริมาตรของท่อทางออกที่ 100 % อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 33 °C กราฟความดันของอุณหภูมิน้ำและเวลาในการเปิดวาล์วที่ 50 % อุณหภูมิของเครื่องทำความร้อนที่ 80 °C

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองเปิดวาล์วน้ำที่ 100 %

เวลา(นาที)	อุณหภูมิ(°C)
5	33.0
10	33.3
15	33.5
20	33.8
25	34.0
30	34.0
35	34.5
40	35.0
45	35.0
50	35.2
55	35.5
60	36.0
65	36.5
70	36.5
75	37.0
80	37.5
85	37.5
90	38.0
95	38.3
100	38.5

เวลา(นาที)	อุณหภูมิ(^{o}C)
105	38.5
110	39.0
120	39.0
115	39.0
125	39.5
130	39.5
135	40.0

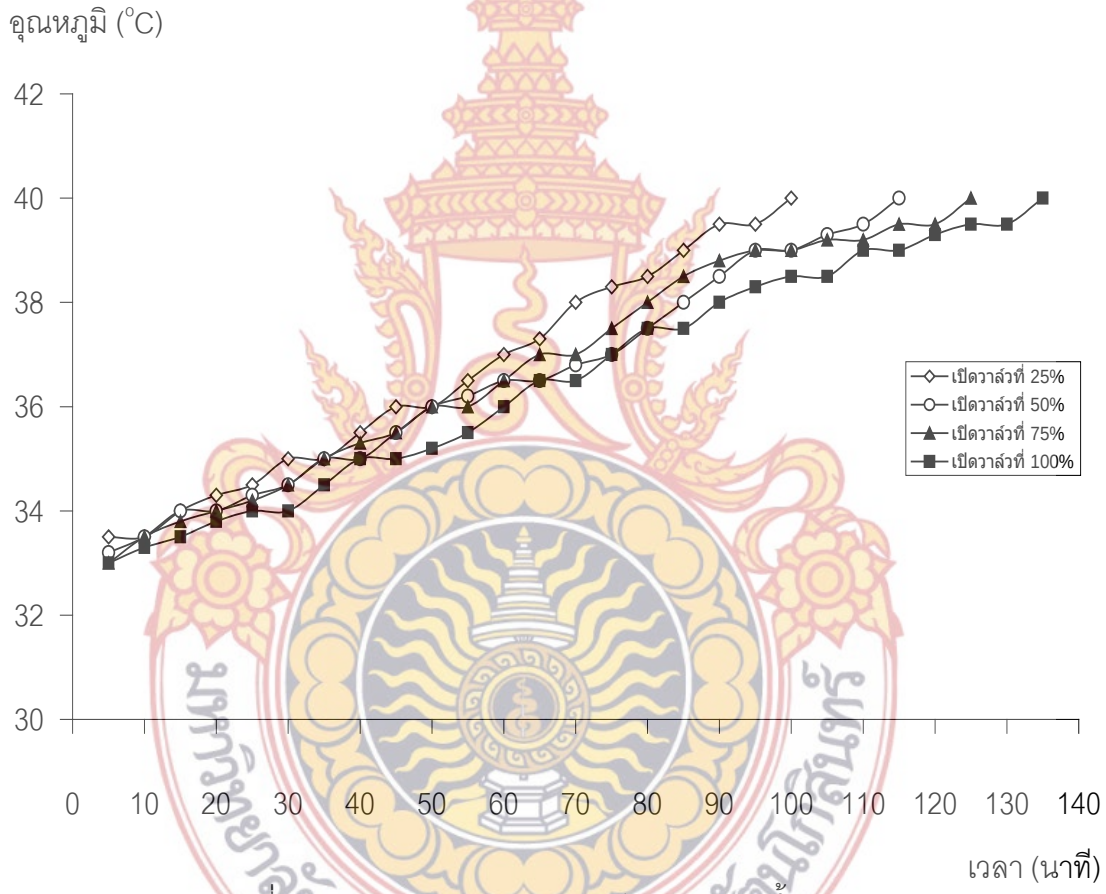
จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของน้ำมีการเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ดังเช่นการทดลองในครั้งที่ 1,2 และ 3 อย่างต่อเนื่องระยะเวลาทุกๆ 5-10 นาที อุณหภูมิของน้ำจะเพิ่มขึ้นประมาณ 0.5 ^{o}C ใช้ระยะเวลาในการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจาก 33 ^{o}C ถึงอุณหภูมิ 40 ^{o}C ภายใน 135 นาที จากตารางของการทดลองจะเห็นได้ว่าการทดลองในครั้งที่ 4 อุณหภูมิของน้ำจะเปลี่ยนแปลงช้ากว่าการทดลองครั้งที่ 1,2 และ 3 สามารถนำมาเขียนเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำและเวลาในการเปิดวาล์วที่ 100 %

4.2.6 ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง ของเครื่องนวดกล้ามเนื้อเพื่อระบบน้ำวนปรับอุณหภูมิได้ สำหรับคนพิการในการทดลองโดยการเติมน้ำในถังปริมาณน้ำในถังจำนวน 800 ลิตร จำนวน 4 ครั้งโดยการทดลองได้ใช้การทดลองแบบการปรับปริมาณน้ำโดย Gate Valve ที่ท่อทางออกโดยปรับที่ 25% 50% 75% และ 100% ตามลำดับแล้วทำการวัดอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงภายในถังทุก ๆ 5 นาทีน้ำในถังจะมีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 33 °C จากนั้นเราทำการเดินเครื่องเพื่อทำให้น้ำในถังมีอุณหภูมิสูงถึง 40 °C แล้วจดบันทึกจากผลการทดลอง และจากการจดบันทึกสามารถเขียนกราฟการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำและเวลา

เห็นได้ว่าจากผลการทดลองการปรับปริมาณน้ำที่ 25% จะทำให้การเพิ่มความร้อนของน้ำได้เร็วที่สุดที่ระยะเวลา 100 นาที ส่วน 50% ที่ 115 นาที 75% ที่ 125 นาที และ 100% ที่ 135 นาที

4.3 การทดลองโดยการถ่ายน้ำทิ้งออกจากถัง

จากการทดลอง ในการถ่ายน้ำทิ้งออกจากถังพบว่า สามารถปล่อยน้ำจำนวน 791.5 ลิตรผ่าน Ball Valve ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว สามารถถ่ายน้ำทิ้งออกจากถังได้ภายใน เวลาประมาณ 20 นาที

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เครื่องนวดกล้ามเนื้อแบบน้ำวนปรับอุณหภูมิได้ สำหรับผู้พิการนั้นเป็นเครื่องสำหรับใช้ในการฟื้นฟูกล้ามเนื้อด้วยแรงดันน้ำ และน้ำอุ่น สามารถปรับความแรงของน้ำ และอุณหภูมิเพื่อให้เหมาะสม สามารถเคลื่อนย้ายตัวเครื่องได้ มีขนาดที่พอเหมาะสำหรับผู้ใช้สามารถนั่งเพื่อแช่ ขาหรือนอนแช่ทั้งร่างกายได้ จากการออกแบบตัวเครื่องระบบการทำความร้อนและการไหลเวียนของน้ำโดยอ้างอิงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้มีความเหมาะสมกับอ่าง และปริมาณน้ำในการใช้งาน

จากการปฏิบัติงานในการผลิตอ่างใยแก้ว และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบของอ่าง ตามแบบที่ออกแบบมา ในช่วงแรกจะพบอุปสรรคเกี่ยวกับอ่างใยแก้ว เนื่องจากการผสมเรซินเข้ากับตัวเร่งการแข็งตัว ตัวเร่งการแข็งตัวที่ซื้อมาไม่มีคุณภาพที่ดีพอจึงเกิดการแข็งตัวของเรซินช้า ทำให้เกิดการโป่งตัวเนื่องจากอากาศภายนอก การขึ้นรูปตัวแบบของถังทำได้ยากเนื่องจากถังมีลักษณะกลมยากต่อการดัดตัวแบบ อีกทั้งกลิ่นของเรซินจะมีผลต่อผู้ปฏิบัติงานโดยตรง ปัญหาเกี่ยวกับเครื่องทำความร้อน เนื่องจากตัวทำความร้อนตามท้องตลาดทั่วไปมีราคาค่อนข้างสูง และไม่ตรงกับความต้องการ เครื่องทำความร้อนเองก็เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กระแสสูงมีผลให้เกิดความร้อนสูงที่เครื่องควบคุมอุณหภูมิ ส่วนที่เกี่ยวกับปั้มทำให้ไม่มีปัญหามากนักเพียงแต่เกิดการรั่วซึมในส่วนของข้อต่อที่เป็นท่อ PVC จากการลองเดินเครื่อง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเดินเครื่องนวดกล้ามเนื้อแบบน้ำวนปรับอุณหภูมิได้ ในช่วงแรกก่อนจะให้ผู้ที่ต้องการบำบัดลงไปทำการแช่เราควรเปิดวาล์วน้ำที่ 25 % ก่อนเพราะว่าอุณหภูมิของน้ำจะร้อนเร็วกว่า จากนั้นเมื่อได้อุณหภูมิที่ต้องการแล้วจึงทำการเปิดวาล์วที่ 100% การที่เราเลือกเปิดวาล์วที่ 100% จะทำให้แรงดันของน้ำมากทำให้น้ำในอ่างเกิดวน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการผลิตถังใยแก้วควรให้แน่ใจว่าจะไม่มีน้ำรั่วเข้าไปภายในส่วนของการเก็บอุปกรณ์ ทำความร้อนและมอเตอร์ไฟฟ้าเนื่องจากอาจจะเกิดกระแสไฟฟ้ารั่วเป็นอันตรายกับผู้ใช้เครื่อง

2. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อของเครื่องทำความร้อนควรมีขนาดใหญ่ เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 – 6 นิ้วเพื่อความสามารถในการเพิ่มอุณหภูมิของเครื่องทำความร้อนได้เร็วขึ้น

3. ในการจัดซื้อชิ้นส่วนของอุปกรณ์ในการผลิตหรืออุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบของเครื่อง ควรศึกษา หรือสอบถามจากผู้ที่มีความชำนาญ เพื่อการติดตั้งอย่างเหมาะสม และลดค่าใช้จ่าย

4. ในการต่อท่อภายในระบบควรให้มีส่วนที่โค้งงอน้อยที่สุดเพื่อความสามารถในการไหลเวียนได้สะดวก

5. ในการเลือกฉนวนกันความร้อนสำหรับใช้ในการห่อหุ้มพื้นผิวของเครื่องทำความร้อน ควรทำการศึกษาอย่างละเอียด เพื่อความถูกต้องในการใช้งาน ฉนวนที่ใช้จะต้องมีพิกัดการใช้งานที่เป็นประเภททนต่อความร้อนสูง เช่น ใยแก้วแบบม้วนผืน หรือแผ่นแอสเบสตอสลอนแบบแผ่น

เอกสารอ้างอิง

1. กิ่งแก้ว ปาจรีย์ **การฟื้นฟูสมรรถภาพเด็กพิการ** โรงพิมพ์ กรีน พริ้นท์ 2542 หน้า 44 371-372
2. สมาคมเวชศาสตร์ฟื้นฟูแห่งประเทศไทย ตำราเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพิมพ์เทคนิค 19 2539 หน้า 103-105 พิมพ์ครั้งที่ 3
3. มานะศิลป์ พิมท์สาร ระบบน้ำร้อนในอาคาร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
4. บรรเลง ศรนิล เทคโนโลยีพลาสติก สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) พิมพ์ครั้งที่ 7
5. บรรเลง ศรนิล ประเสิรฐ ก๊วยสมบูรณ์ ตารางงานโลหะ สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ 2524 หน้า 61
6. วิบูลย์ บุญธโรกุล ปั๊มและระบบสูบน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หน้า 1-8

ภาคผนวก ก.

คุณสมบัติของน้ำ และค่าความร้อนจำเพาะของวัสดุ

ตารางที่ ก.1 คุณสมบัติของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ		ความหนาแน่น		Viscosity (μ)		Kinematic Viscosity (υ)	
^0C	^0F	gm/cm^3	$Slugs/ft^3$	Kg/m-sec	Lb_f-sec/ft^2	m^2/sec	ft^2/sec
0	32	0.99987	1.940	$1.794x10^{-3}$	$3.746x10^{-5}$	$1.794x10^{-6}$	1.930x10-5
4	39	1.00000	1.941	1.568	3.247	1.568	1.678
5	41	0.99999	1.941	1.519	3.127	1.519	1.634
10	50	0.99973	1.940	1.310	2.735	1.310	1.407
15	59	0.99913	1.940	1.145	2.391	1.146	1.233
20	68	0.998	1.937	1.009	2.107	1.011	1.088
30	86	0.996	1.932	0.800	1.670	0.803	0.864
40	104	0.992	1.925	0.654	1.366	0.659	0.709
50	122	0.988	1.917	0.549	1.146	0.556	0.598
60	140	0.983	1.907	0.470	0.981	0.478	0.514
70	158	0.978	1.897	0.407	0.850	0.416	0.448
80	176	0.972	1.885	0.357	0.745	0.367	0.395
90	194	0.965	1.872	0.317	0.662	0.329	0.353
100	212	0.958	1.858	$0.284x10^{-3}$	0.593	$0.296x10^{-6}$	0.318

ตารางที่ ก.2 ค่าความร้อนจำเพาะของวัสดุ

วัสดุ	BTU /lb °F	kJ/kg °C
น้ำ	1.000	4.186
อลูมิเนียม	0.212	0.887
เหล็กหล่อ	0.130	0.544
เหล็กกล้าละมุน	0.120	0.502
สังกะสี	0.095	0.397
ทองแดง	0.092	0.385
ดีบุก	0.058	0.234
ตะกั่ว	0.030	0.125
ปรอท	0.030	0.125
อากาศ	0.250	0.045

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ภาคผนวก ข.

แสดงรายการของวัสดุ

ตาราง ข.1 แสดงรายการวัสดุ

ลำดับ	รายการ	จำนวน	ขนาด	หมายเหตุ
1	ถังไพเบอร์กลาส	1 ถัง	2 x 0.6 เมตร	
2	ปั๊มน้ำ	1 ตัว	1 นิ้ว 1 Hp	
3	ฮีตเตอร์กระบอกรัด + สายไฟ	4 ตัว	2 นิ้ว x 5 นิ้ว	
4	ตระแกรงกันลื่น	1 ชุด	5.5 x 0.25 เมตร	
5	สีแห้งเร็ว (เคลือบเงา)	4 กระป๋อง	0.725 ลิตร	
6	สีรองพื้นแห้งเร็ว	2 กระป๋อง	0.750 ลิตร	
7	สีรองพื้นกันสนิม	1 กระป๋อง	3.50 ลิตร	
8	สีเคลือบ (แดง)	1 กระป๋อง	3.50 ลิตร	
9	เล็คเกอร์	2 กระป๋อง	0.950 ลิตร	
10	ทินเนอร์	1	1 ปี๊บ	
11	Gate Valve	2 ตัว	1/2 นิ้ว	
12	Gate Valve	3 ตัว	1 นิ้ว	
13	Ball Valve	2 ตัว	1 นิ้ว	
14	ข้อต่อเกลียวนอก PVC	7 ตัว	1 นิ้ว	
15	ข้อต่อโค้ง PVC	3 ตัว	1 นิ้ว	
16	ข้อต่อลด PVC	2 ตัว	1 นิ้ว -1/2 นิ้ว	
17	ข้อต่องอเกลียวนอก	1 ตัว	1 นิ้ว	
18	ข้อต่อตรง	2 ตัว	1/2 นิ้ว	
19	ข้อต่อ 3 ทาง	2 ตัว	1/2 นิ้ว	
20	ท่อ PVC	1 ท่อน	1 นิ้ว	
21	ท่อ PVC	1 ท่อน	1/2 นิ้ว	
22	ท่อยางเสริมใย	2 เมตร	1 นิ้ว	
23	ท่อยางเสริมใย	4 เมตร	1 /2นิ้ว	
24	เทปพันเกรียวท่อ PVC	2 ม้วน	-	

25	กาวยาง	1 กระป๋อง	450 กรัม	

ตาราง ข.1 แสดงรายการวัสดุ (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	จำนวน	ขนาด	หมายเหตุ
26	น้ำยาประสานท่อ	1 กระป๋อง	500 กรัม	
27	เหล็กเส้น	7 เส้น	1 นิ้ว x 2 นิ้ว x 6 เมตร	
28	ล้อยาง (Free)	3 ล้อ	6 นิ้ว	
29	ล้อยาง (Fix)	2 ล้อ	6 นิ้ว	
30	เต้าเสียบ	1 ตัว	-	
31	ปลั๊กซ์	3 ตัว	-	
32	ตัวล็อคประตู	4 ตัว	-	
33	บานพับ	4 ตัว	3 นิ้ว	
34	กระดาษทราย	1 เมตร	เบอร์ 120	
35	กระดาษทราย	1 เมตร	เบอร์ 150	
36	กระดาษทราย	1 เมตร	เบอร์ 1000	
37	พลาสติกปิดเหล็กกล่อง	4 ตัว	1นิ้ว x 2 นิ้ว	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ภาคผนวก ค.

แบบแสดงชิ้นส่วนของเครื่องนวดกล้ามเนื้อแบบน้ำวนปรับอุณหภูมิได้