



รายงานการวิจัย

การพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตหนังปลาทอดสำหรับผลิตภัณฑ์
โอท็อป

**Development of the Efficiency of Fish Skin Manufacturing
for OTOP Product**

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คุณทล ทองศรี

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ต่อสกุล

ผู้ร่วมวิจัย

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

งบประมาณประจำปี พ.ศ. 2555



รายงานการวิจัย

การพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตหนังปลาทอดสำหรับผลิตภัณฑ์
ไอท้อป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คุณทล ทองศรี

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ต่อสกุล

ผู้ร่วมวิจัย

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

งบประมาณประจำปี พ.ศ. 2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำจากหนังปลา โดยใช้หลักการทำงานของเครื่องซักผ้า มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือตัวถังปั่น และตัวให้ความร้อน จากนั้นจึงทดสอบเพื่อหาอัตราการผลิตและจุดคุ้มทุนที่ได้จากการผลิต ผลการดำเนินงานทดลองเครื่องสกัดน้ำจากหนังปลาพบว่า ความเร็ว และอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการปั่นคือ ความเร็วที่ 600 รอบ/นาที ได้อัตราการผลิตที่ 20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิคือ 80 องศาเซลเซียส เมื่อปั่นแล้วมีค่าความชื้นเฉลี่ยต่ำสุด ดังนั้นการออกแบบ และสร้างเครื่องสกัดน้ำจากหนังปลา นั้นสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: หนังปลา, เครื่องซักผ้า, ออกแบบและสร้าง

Abstract

This research aims to design and construct the fishes' skin dehydration machine, which using the principle of the washing machine. This machine consist of two main components were the body spinning and the heater, then test the machine, in order to determine the production rate and brake-even point. The test result revealed of the fishes' skin dehydration machine that the maximum temperature for the spin speed at 600 r/min, at 20 kg per hour and the temperature of 80 degree, is lowest moisture content. Therefore, this research could improve the machine for fishes' skin dehydration.

Keywords: Fishes' skin, Washing machine, Design and Construct

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม และ
ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหะการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้
เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับใช้ในการทดสอบ ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุน
งบประมาณประจำปี 2555 ในงานวิจัยฉบับนี้ จนสำเร็จไปได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ใน
อุตสาหกรรมได้ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับงานวิจัยฉบับนี้ต่อไป

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 แนวคิดความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 จุดประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับมอเตอร์	4
2.3 ทฤษฎีความร้อน	13
2.4 ทฤษฎีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ	17
2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับงานเชื่อม	19
2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับสายพาน	24
2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับบอลเบริง	34
2.8 ทฤษฎีการออกแบบเพลลา	38
2.9 ทฤษฎีเหล็กกล้าไร้สนิม	44
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	51
3.1 แผนการดำเนินงาน	51
3.2 การคำนวณและการออกแบบ	51
3.3 การดำเนินการสร้างและการทดลอง	54

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลและการวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน	63
4.1 ผลการดำเนินงาน	63
4.2 การวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน	66
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	68
5.1 สรุป	68
5.2 ข้อเสนอแนะ	68
บรรณานุกรม	70
ภาคผนวก ก	71
แบบชิ้นส่วนเครื่องสตัคน้ำจากหนังปลา	72
ภาคผนวก ข	
ผลงานการประชุมวิชาการระดับชาติ	

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ตารางแสดงถึงชนิดของเหล็กที่สามารถเชื่อมได้และงานที่ใช้	20
2.2	ตารางแสดงสัญลักษณ์ของต่องานเชื่อม และการกำหนดขนาดในแบบงาน	20
2.3	ตารางแสดงชนิดของการต่อ (Weld Joint)	21
2.4	ตารางแสดงตัวประกอบใช้งาน	27
2.5	ตารางแฟลเตอร์ความแข็งที่อุณหภูมิห้องที่ใช้งาน	38
2.6	ตารางภาระที่กระทำกับเพลลา	41
2.7	ตารางความเค้นออกแบบเพลลา	42
2.8	ตารางขนาดระบุเพลลาตามมาตรฐาน ISO/R 775-1969	43
2.9	ตารางคุณสมบัติของเหล็กกล้าตามมาตรฐานเยอรมัน (DIN)	44
3.1	ตารางแสดงชิ้นส่วนของเครื่อง	53
4.1	ตารางผลการทดลองวัดค่าความชื้นของหนังปลาที่ตากแดด 1 วัน	63
4.2	ความเร็วที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นของหนังปลาดำสุดโดยไม่ใช้ฮีสเตอร์	64
4.3	ตารางอุณหภูมิที่ทำให้ความชื้นในหนังปลาดำที่สุด ที่ความเร็ว 20 Hz	65
4.4	อุณหภูมิที่ทำให้ความชื้นในหนังปลาดำที่สุด ที่ความเร็ว 600 รอบ/นาที (ต่อ)	65

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงภาพตัดของ สปลิทเฟสมอเตอร์	5
2.2	โรเตอร์และสเตเตอร์ของสปลิทเฟสมอเตอร์ 1/4 hp (187 w) โดยมี สเตเตอร์มี 36 ร่อง (slots)	6
2.3	การวางขดรีนบนสเตเตอร์ และ การวางขดสตาร์ททับบนขดรีนบน สเตเตอร์	6
2.4	แสดงสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของสปลิทเฟสมอเตอร์	8
2.5	แสดงวงจรการต่อขดลวดของสปลิทเฟสมอเตอร์	8
2.6	แสดงสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางขณะไม่ทำงานและขณะทำงาน	8
2.7	แสดงการทำงานวงจรคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์	10
2.8	แสดงวงจรการทำงานคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์	10
2.9	แสดงวงจรการทำงานคาปาซิเตอร์สตาร์ทและคาปาซิเตอร์รัน	11
2.10	การนำความร้อนผ่านแผ่นราบ	14
2.11	เส้นผลต่างอุณหภูมิผนังราบชั้นเดียว	15
2.12	เส้นผลต่างอุณหภูมิผ่านชั้นเดียววัสดุต่างชนิดกัน	15
2.13	วงจรเทอร์โมคัปเปิ้ล	18
2.14	การจ่ายสัญญาณแรงดัน	18
2.15	Compensation Conductor	19
2.16	แสดงการไหลซึมของโลหะ	23
2.17	แสดงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของแนวเชื่อมจะเป็นหลุม	23
2.18	แสดงการกวาดสายพานให้แน่นตึง	31
2.19	บอลเบริงแบบแถวเดี่ยว สองแถว	34
2.20	บอลเบริงแบบปรับแนวเองได้	35
2.21	บอลเบริงสัมผัสเชิงมุม	35
2.22	บอลเบริงกันรุน	36
2.23	แสดงแรงในแนวแกนและแรงในแนวรัศมี	36
2.24	รูปร่างลักษณะของเพลลา	39

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.1	แสดงการออกแบบเครื่อง	53
3.2	แสดงลักษณะของโครงเครื่อง	54
3.3	แสดงลักษณะของถังภายนอกและถังภายใน(ถังปั่น)	55
3.4	แสดงลักษณะของฝาถัง	55
3.5	แสดงมอเตอร์	56
3.6	แสดงลักษณะของพูลเลย์และตำแหน่งที่ติดตั้ง	56
3.7	แสดงลักษณะของ Blower และการต่อกับท่ออย่าง	57
3.8	แสดงลักษณะของตู้ Control	57
3.9	แสดงลักษณะของ Invertor สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์	58
3.10	แสดงเครื่องสลัดน้ำจากหนังปลา	58
3.11	แสดงลักษณะของปลาแช่สีก และการขอดเกล็ดปลา	59
3.12	แสดงการตากหนังปลาใน 1 วัน	59
3.13	แสดงการปั่นหนังปลาโดยใช้เครื่องสลัดน้ำจากหนังปลา	59
3.14	แสดงหนังปลาที่ปั่นแล้วคลี่วางทิ้งไว้ 20 นาที	60
3.15	แสดงเครื่องวัดความชื้น "Ohaus" รุ่น MB-45	60
3.16	แสดงวิธีการตัดหนังปลาเป็นชิ้นเล็กๆ	61
3.17	แสดงการนำหนังปลาเข้าเครื่องวัดความชื้น	61
3.18	เครื่องกำลังทำงาน	61
3.19	แสดงค่า a_w จากการตากแดด	62
3.20	แสดงค่า a_w จากการปั่น แล้วนำไปตากแดด 20 นาที	62
4.1	แผนภูมิแสดงความเร็วที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นของหนังปลาค่ำสุดโดยไม่ใช้ฮีตเตอร์	66
4.2	แผนภูมิแสดงอุณหภูมิที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นของหนังปลาค่ำสุดที่อุณหภูมิต่างๆ	67
4.3	แสดง Gantt chart	67
4.4	แสดงเวลาในการคืนทุน	68

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

I_m	ขดรีน
I_a	ขดสตาร์ท
Hp	1 แรงม้า มีกำลังไฟฟ้า 746 วัตต์
T	โมเมนต์แรงบิด มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร
τ	ความเค้นเฉือน
v	ค่าความปลอดภัยในทางเครื่องกล
σ_{zul}	ค่าความเค้นสูงสุด (Maximum stress) N / mm
σ_{lim}	พิกัดความเค้นขึ้นอยู่กับลักษณะการรับแรง
Kg	น้ำหนัก (กิโลกรัม)
N	หน่วยของแรง (นิวตัน)
W	หน่วยของกำลังไฟฟ้า (วัตต์)
St-37	เหล็กที่ใช้ตามมาตรฐาน DIN
ASIS 304	ชนิดของสแตนเลสที่ใช้ทำถังปั่น
°C	หน่วยของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวคิดความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันได้มีอุตสาหกรรมการผลิตหนังปลากรอบอยู่เป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มการผลิตขึ้น เนื่องจากเป็นธุรกิจที่สามารถหาวัตถุดิบได้ง่าย อีกทั้งมีกรรมวิธีในการผลิตที่สะดวก รวมทั้งเป็นภูมิปัญญาที่สืบทอดมาแต่โบราณ หนังปลากรอบ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำหนังของปลา มาล้างให้สะอาด หมักกับเกลือ อาจปรุงรส ด้วยเครื่องปรุงรสอื่น เช่น ซีอิ๊ว กระเทียม พริกไทย อาจทอดก่อนบรรจุหรือชุบแป้งก่อนนำไปทอด หรืออาจนำไปทำให้แห้งด้วยแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่น ซึ่งนับเป็นธุรกิจขนาดเล็ก ที่สามารถสร้างรายได้ให้กับชุมชนหรือสหกรณ์ที่ได้ทำการผลิต

จากการสำรวจอุตสาหกรรมหนังปลากรอบพบว่า ไม่มีเครื่องจักรในการผลิตซึ่งเมื่อเข้าสู่ฤดูฝนการผลิตหนังปลากรอบจะไม่สะดวก เพราะอากาศชื้นและไม่มีแสงแดดซึ่งใช้ในการตากหนังปลาให้แห้งได้ ทางอุตสาหกรรมการผลิตหนังปลากรอบ จึงนำหนังปลาเข้าไปปั่นกับเครื่องซักผ้าเพื่อให้หนังปลาแห้ง

ดังนั้นกลุ่มนักศึกษาได้เล็งเห็นถึงปัญหาข้างต้น จึงได้ออกแบบและจัดสร้างเครื่องสกัดน้ำจากหนังปลาโดยใช้ฮีตเตอร์ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ นอกจากนี้ยังใช้เครื่องเป่าลมมาประกอบเข้ากับฮีตเตอร์ เพื่อนำความร้อนจากฮีตเตอร์เข้าสู่ตัวถังปั่น ทำให้หนังปลาแห้งโดยทั่วถึงกัน โดยตัวถังปั่นหนังปลา ทำมาจากสแตนเลส AISI 304 เพราะหากใช้ถังปั่นที่ทำจากพลาสติก เมื่อมีการเป่าลมร้อนเข้าไปจะทำให้ตัวถังปั่นละลาย และอีกประการหนึ่ง คือหนังปลาที่นำมาใช้ในการผลิตนั้น มีทั้งปลาที่ได้จากปลาน้ำจืด และปลาที่ได้จากปลาน้ำเค็ม หากใช้ถังปั่นที่ทำจากเหล็กอื่นๆ ที่ไม่ใช่สแตนเลส อาจส่งผลให้ถังปั่นเกิดสนิมง่าย นอกจากนี้ เครื่องสกัดน้ำจากหนังปลา ยังจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเข้ามาช่วยในการหมุนของตัวถังปั่น โดยมีการส่งกำลังผ่านสายพานและพูลเลย์ โดยทางกลุ่มนักศึกษาได้ออกแบบ และสร้างเครื่องสกัดน้ำจากหนังปลาให้สามารถใช้งานได้ จากนั้นจึงทำการทดลองเครื่องโดยการนำหนังปลาไปปั่นในเครื่อง แล้วหาความเร็วที่ทำให้ความชื้นเฉลี่ยในหนังปลาต่ำที่สุดและหนังปลายังคงมีคุณภาพ เมื่อได้ความเร็วที่เหมาะสมแล้ว จึงได้ทำการหา อุณหภูมิที่เหมาะสมที่มีผลให้หนังปลามีความชื้นใกล้เคียงกับที่ตากแดด โดยการเก็บผลการทดลอง คือการนำหนังปลาที่ได้วัดค่าความชื้นและการวัดค่าความชื้นในอาหารแห้งให้ตรงตามมาตรฐานของอาหาร

1.2 จุดประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำจากหนังปลาโดยมีการควบคุมอุณหภูมิ
- 1.2.2 เพื่อหาอัตราการผลิตและประสิทธิภาพของเครื่องสกัดน้ำออกจากหนังปลา

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ขนาดของเครื่อง 560x1175x880 มิลลิเมตร

- 1.3.2 อัตราในการผลิตไม่ต่ำกว่า 20 กิโลกรัม/ชั่วโมง
- 1.3.3 มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้าใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์
- 1.3.4 ฮีตเตอร์สามารถควบคุมอุณหภูมิที่ 0 – 80 องศาเซลเซียส
- 1.3.5 สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้
- 1.3.6 ตัวถังปั่นทำจากสแตนเลส AISI 304

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 สามารถนำเครื่องที่ผลิตได้ไปใช้ในอุตสาหกรรม
- 1.4.2 ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมากขึ้น
- 1.4.3 สามารถผลิตได้เป็นจำนวนมาก

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบและสร้างเครื่องสลัดน้ำจากหนังปลา ด้วยจุดประสงค์ของโครงการแล้วหัวข้อและแนวความคิดทฤษฎีที่จำเป็นต่อการออกแบบเครื่องและหลักการที่ทำให้มีความชื้นในหนังปลาน้อยที่สุด จึงจำเป็นที่ต้องทำการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วย ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับมอเตอร์ ทฤษฎีความร้อน ทฤษฎีการควบคุมความร้อน ทฤษฎีเกี่ยวกับงานเชื่อม ทฤษฎีเกี่ยวกับสายพาน ทฤษฎีบอลเบริง ทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบเพลลา และทฤษฎีเหล็กกล้าไร้สนิม ซึ่งทฤษฎีทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วล้วนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตเครื่องสลัดน้ำจากหนังปลา

นอกจากนี้ยังต้องใช้ความรู้ในการออกแบบชิ้นส่วนของเครื่องจักรเพื่อช่วยให้การออกแบบของเครื่องเป็นไปอย่างสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพสูงสุด แล้วจึงส่งผลให้บรรลุตามจุดประสงค์ของโครงการ

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การออกแบบเครื่องสลัดน้ำฝิ่ง [1]

จากการศึกษาค้นคว้าการออกแบบเครื่องสลัดน้ำฝิ่งโดยการใช้ขนาดมอเตอร์ไฟฟ้าเฟสเดียวขนาด 746 วัตต์ (1 แรงม้า) เป็นต้นกำลัง การทำงานของเครื่องสลัดน้ำฝิ่ง แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการสลัดน้ำฝิ่ง และขั้นตอนการเบรก ซึ่งการทำงานทั้งสองขั้นตอน ทำงานต่อเนื่องและอัตโนมัติ ภายใต้การควบคุม การทำงานด้วย IC ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 89c1051 โดยส่วนประกอบของเครื่องแบ่งเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนโครงถังสลัดและชุดเหวี่ยง ส่วนระบบส่งกำลัง ส่วนอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมเวลา และอุปกรณ์เบรก

จากผลการทดสอบสลัดน้ำฝิ่งที่ความชื้น 16.8-18.0% พบว่าที่ความเร็วรอบสูงสุด 435 รอบ/นาที เป็นความเร็วรอบที่เหมาะสม ระยะเวลาช่วงเร่ง 10 วินาที และระยะทำงานรวม 14วินาทีเป็นระยะเวลาที่เหมาะสม ซึ่งได้ประสิทธิภาพการสลัด 92.72% คอนเสียหาย 0 คอน ความสามารถการทำงาน 574.05 กิโลกรัม/ชั่วโมง และจากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์พบว่า หากน้ำฝิ่งราคา กิโลกรัมละ 65 บาท และทำงาน 150 วัน/ปี จะต้องทำการสลัดน้ำฝิ่ง 1988.58 กิโลกรัม จึงจะคุ้มทุน

จากการทดสอบสลัดน้ำฝิ่งที่ความชื้น 18.5-21.0% พบว่าที่ความเร็วรอบ 435 รอบ/นาที เป็นความเร็วรอบที่เหมาะสม ระยะเวลาช่วงเร่ง 20วินาที และระยะเวลาทำงานรวม 120วินาทีเป็นระยะเวลาที่เหมาะสม ซึ่งได้ประสิทธิภาพการสลัด 91.72% คอนเสียหาย 0 คอน ความสามารถในการทำงาน 130.67 กิโลกรัม/ชั่วโมง และจากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์พบว่า หากราคาน้ำฝิ่งราคา กิโลกรัมละ 65บาท และทำงาน 150วัน/ปี จะต้องทำการสลัดน้ำฝิ่ง 2154.30กิโลกรัม จึงคุ้มทุน

2.1.2 เครื่องสลัดน้ำมันออกจากกล้วยทอด [2]

การสร้างออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันออกจากกล้วยทอดใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V.50 Hz ขั้วมอเตอร์ 160 วัตต์ โดยมอเตอร์ไฟฟ้าส่งกำลังงานไปยังเพลลา ซึ่งติดตั้งกับถังสกัด เครื่องสกัดจะอาศัยอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ชนิดปรับความถี่กระแสไฟฟ้าเป็นตัวปรับความเร็วรอบในการทำงาน สามารถสกัดน้ำมันออกจากกล้วยทอดกรอบได้ 2 ชนิด คือ กกล้วยดิบทอดกรอบและกล้วยสุกทอดกรอบ ความเร็วรอบที่เหมาะสมของกล้วยดิบทอดกรอบ คือ 800 รอบต่อนาทีใช้เวลา 60 วินาที และกล้วยสุกทอดกรอบที่ 1450 รอบต่อนาทีใช้เวลา 120 วินาที สามารถนำเครื่องนี้ไปใช้ในกระบวนการแปรรูปผลผลิต ส่งเสริมการแปรรูปกล้วย ทำให้กล้วยทอดกรอบเก็บรักษาได้นานขึ้น ไม่อมน้ำมัน ไม่มีกลิ่น

2.1.3 เครื่องสกัดน้ำมันในอาหารทอด [3]

การศึกษาวิจัยเรื่อง เครื่องสกัดน้ำมันในอาหารทอดในครั้งนี้เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องสกัดน้ำมัน ที่ใช้ในการสกัดเพื่อเอาน้ำมันออกจากอาหารทอด โดยหลักการแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง โดยโครงสร้างฐานทำจากเหล็กขนาด 15 นิ้ว ขนาดฐาน (กว้าง×ยาว×สูง) 31×31×37.5 เซนติเมตร ส่วนประกอบหลักของเครื่องประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 โวลต์ หมุนด้วยความเร็วรอบ 1,350 รอบ / นาที ถึงสแตนเลส ชั้นนอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 เซนติเมตร ลึก 34 เซนติเมตร เพื่อรองรับน้ำมันที่ถูกสกัดออกและถังชั้นในเจาะรูโดยรอบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 27.5 เซนติเมตร ลึก 23 เซนติเมตร ใช้สำหรับใส่อาหารทอดที่ต้องการเอาน้ำมันออกซึ่งจากการทดสอบโดยใช้วิธีการเอาน้ำมันออกจากอาหารทอดด้วยเครื่องสกัดน้ำมัน สามารถทำให้อาหารปราศจากน้ำมันที่สะสมอยู่ได้ดีกว่าการใช้กระดาษซับมัน

2.1.4 การพัฒนาเครื่องปั่นนุ่นเพื่อใช้สำหรับอุตสาหกรรมขนาดครอบครัวในชนบท [4]

จากการศึกษาการพัฒนาเครื่องปั่นนุ่นเพื่อใช้สำหรับอุตสาหกรรมขนาดครอบครัวในชนบท โดยตัวเครื่องประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนโครงฐาน โครงถัง และใบพัดลมซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวตีนุ่นด้วย ลักษณะโครงสร้างเป็นแบบกะทัดรัด แข็งแรง ทนทาน เคลื่อนย้ายได้สะดวก ราคาถูก ซ่อมบำรุงง่าย สลับเปลี่ยนกำลังงานน้อยเพียง ¼ แรงม้า การทำงานจะอาศัยหลักการทำงานของแรงโน้มถ่วง เพื่อแยกเมล็ดออกจากปุยนุ่น ใบพัดและตัวตีนุ่น ทำด้วยพลาสติกเรียบ จำนวน 2 ชุด แต่ละชุดวางทำมุมเอียงกัน 90 องศา ในแนวตั้งฉากกับเพลลา และทำมุม 20 องศาในแนวระดับ ระยะห่างระหว่างชุดใบพัดเท่ากับ 15 เซนติเมตร

จากการทดสอบเครื่องปั่นนุ่น มข.28 พบว่า สามารถผลิตปุยนุ่นได้ ในอัตรา 13 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ความเร็วของเพลลาเป็น 1080 รอบต่อวินาที และจากการไปเผยแพร่เครื่องปั่นนุ่น มข.28 แก่เกษตรกรในจังหวัดขอนแก่น ผลที่ได้รับ คือ ความสนใจจากเกษตรกรพอสมควร

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับมอเตอร์

2.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ[5]

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motors) เป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากมีข้อดี คือ มีความเร็วรอบคงที่และตัวหมุน (Rotor) ส่วนมากเป็นชนิดกรงกระรอก

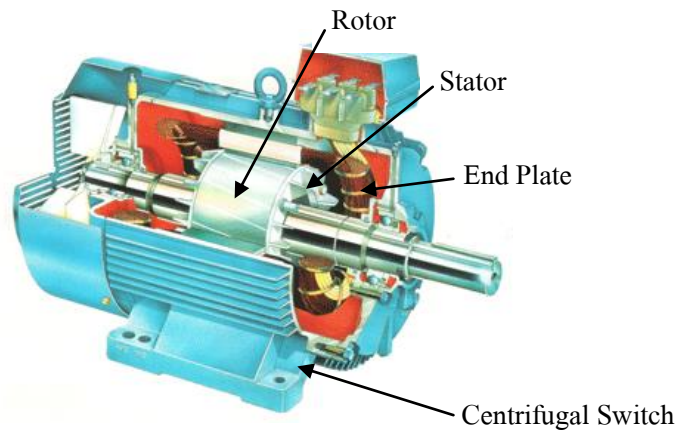
(Squirrel Cage) ไม่มีขดลวดพันอยู่จึงไม่มีอันตรายจากประกายไฟฟ้าที่แปร่งถ่าน และคอมมิวเตเตอร์ เหมือนกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง นำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในโรงงานที่มีแก๊สหรือน้ำมัน ที่ไวไฟ ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไม่สามารถนำไปใช้งานได้

2.2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส คือ มอเตอร์ที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 1 เฟส 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ หรือขนาดแรงดันต่ำกว่านี้ ตามพิกัดของมอเตอร์ แบ่งออกได้ 5 แบบ คือ

1) สปลิตเฟสมอเตอร์ (Split-phase Motor)

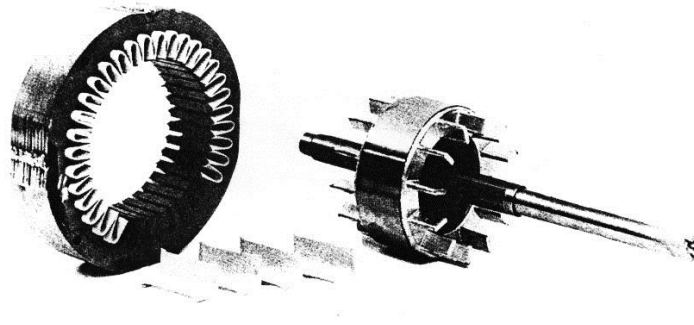
สปลิตเฟสมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ไฟสลบขนาดเล็ก มีกำลังไม่เกิน 1 แรงม้า นำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น ปั้มน้ำ พัดลม ฯลฯ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงภาพตัดของ สปลิตเฟสมอเตอร์

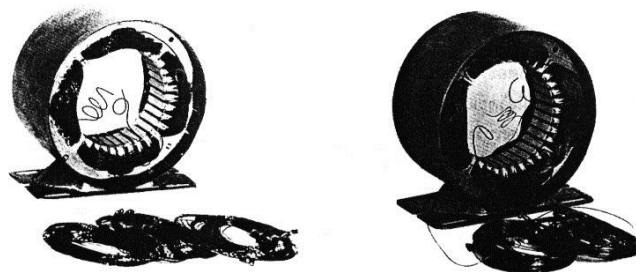
ส่วนประกอบของสปลิตเฟสมอเตอร์

- โรเตอร์หรือตัวหมุน (Rotor) มีเฟลาอยู่ในแกนกลางและมีเหล็กแผ่นบาง ๆ อัดซ้อนกันเป็นตัวโรเตอร์ โดยมีเฟลาร้อยทะลุกลางเหล็กแผ่นบางเหล่านี้ ผิวของโรเตอร์จะมีร่องตามแนวยาวในร่องนี้จะมีทองแดงหรืออะลูมิเนียมเส้นโตๆ ฝังอยู่โดยรอบและหัวท้ายของทองแดงหรืออะลูมิเนียมเส้นนี้มีวงแหวนปิดรอบ ๆ คล้ายรูปทรงกระบอก จึงเรียกว่าโรเตอร์ชนิดทรงกระบอก (Squirrel Cage Rotor) ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โรเตอร์และสเตเตอร์ของสปลิทเฟสมอเตอร์ 1/4 hp (187 w)
โดยมีสเตเตอร์มี 36 ร่อง (slots)

- สเตเตอร์ (Stator) ทำด้วยเหล็กวงกลมแผ่นบาง ๆ อัดซ้อนกัน (Laminated Iron Core) มีร่องสำหรับพันขดลวดเรียกว่า สล็อต (Slots) ขดลวดที่พันมี 2 ชุด ชุดที่ 1 เรียกว่าขดรัน (Running Winding) เป็นลวดเส้นใหญ่พันจำนวนรอบมาก และชุดที่ 2 คือ ขดสตาร์ท (Starting Winding) เป็นลวดเส้นเล็กพันรอบน้อยกว่าขดรัน ขดลวดทั้งสองนี้จะต่อขนานกันเพื่อให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การวางขดรันบนสเตเตอร์ และ การวางขดสตาร์ทที่ขบบนขดรันบนสเตเตอร์

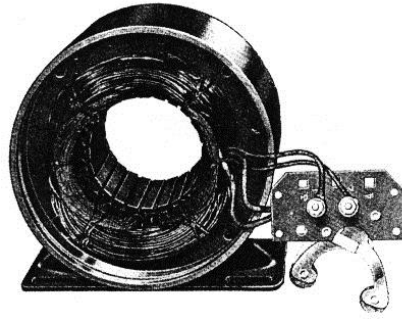
- ฝาครอบ (End Plate) ทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กเหนียว มีสองฝาสำหรับปิดหัวและปิดท้ายมอเตอร์ ภายในฝาปิดท้ายมอเตอร์นี้จะมีสวิทช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางติดตั้งอยู่สวิทช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง มีส่วนประกอบสองชิ้นคือส่วนที่ติดกับขดลวดมีลักษณะโค้งงอและมีหน้าสัมผัส (Contact) ที่จะทำหน้าที่ติดต่อขดสตาร์ทออกจากวงจรขณะที่ยังหมุนไปที่ความเร็วประมาณ 75% ของความเร็วพิกัดของมอเตอร์ สวิทช์นี้จะทำงานด้วยแรงเหวี่ยง หนีศูนย์กลางดังกล่าว

- สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Switch)

หลักการทํางาน เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้กับขดลวดสเตเตอร์ จะมีกระแสแยกไหลในขดลวดแต่ละชุด เนื่องจากขดลวดทั้งสองชุดมีค่ารีแอกแตนซ์ต่างกัน ดังนั้นกระแสไฟฟ้าในขดลวดแต่ละชุดจึงต่างเฟสกัน (Out Of Phase) โดยกระแสในขดรีน (I_m) จะล่าหลังแรงดันป้อน (V) เกือบ 90 องศาทางไฟฟ้าแต่กระแสที่ไหลในขดสตาร์ท (I_s) เกือบจะอินเฟส (in phase) การต่างเฟสกันของกระแสในขดลวดทั้งสองชุด ทำให้มีสนามแม่เหล็กหมุนเกิดขึ้นที่สเตเตอร์หมุนด้วยความเร็วซิงโครนัส สนามแม่เหล็กหมุนจากสเตเตอร์นี้จะตัดกับตัวนำในโรเตอร์ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและมีกระแสไหลในโรเตอร์ ทำให้มีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นที่โรเตอร์การดึงดูดและผลักกันระหว่างสนามแม่เหล็กทั้งสองทำให้เกิดแรงบิดที่โรเตอร์ ทำให้โรเตอร์เกิดการหมุนได้ และหมุนไปในทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็กหมุนเมื่อมอเตอร์หมุนได้ความเร็วประมาณ 75 % ของความเร็วเต็มพิกัด สวิตช์แรงเหวี่ยงจะเปิดวงจรขดสตาร์ท มอเตอร์ก็จะทํางานต่อไปโดยอาศัยขดรีนเพียงขดเดียว

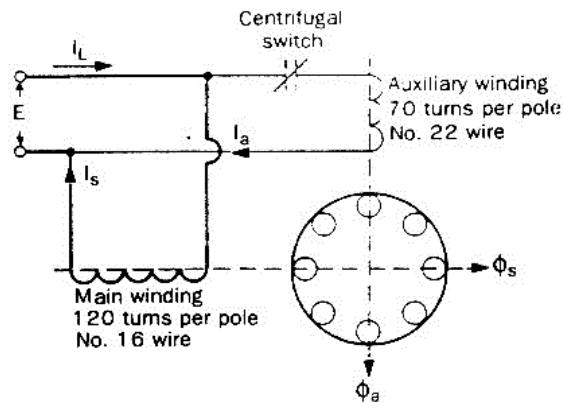
คุณลักษณะและการนำไปใช้ของมอเตอร์แบบสลิปเฟส[6] มีการออกแบบไว้เป็น 2 ลักษณะคือ

- แบบใช้กับงานทั่วไป (general-purpose) มีขนาดพิกัดเต็มกำลังตั้งแต่ 1/20-3/4 hp. มีแรงบิดเริ่มหมุนประมาณ 90-200% แรงบิดเต็มพิกัด แรงบิดสูงสุดประมาณ 185-250% ของแรงบิดเต็มพิกัด มีค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์และประสิทธิภาพเมื่อโหลดเต็มพิกัดประมาณ 56-65% และ 62-67% ตามลำดับ เหมาะกับงานประเภท พัดลม โบลวเวอร์ เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องบดเนื้อเครื่องบดน้ำแข็งและโหลดอื่นๆที่มีแรงเฉื่อยต่ำ(Low-inertia Loads) โหลดที่ต้องการแรงบิดเริ่มหมุนต่ำหรือปานกลาง และโหลดที่ต้องทํางานอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน
- แบบให้แรงบิดสูง (High-Torque) มีขนาดพิกัดกำลังตั้งแต่ 1/6 ถึง 1/3 hp. มีแรงบิดเริ่มหมุนประมาณ 200-275% ของแรงบิดเต็มพิกัด แรงบิดสูงสุดถึง 350% ของแรงบิดเต็มพิกัด มีค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์และประสิทธิภาพเมื่อโหลดเต็มพิกัดประมาณ 50-62% และ 46-61% ตามลำดับ เหมาะกับงานประเภท เครื่องซักผ้า สูบน้ำระดับตื้น ๆ เตาต้ม น้ำมัน หินเจียร และ โหลดอื่นๆ ที่ต้องการแรงบิดเริ่มหมุนสูงและปานกลาง มอเตอร์แบบนี้ต้องใช้กระแสค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 500-600% ของกระแสเต็มพิกัด ดังรูปที่ 2.4

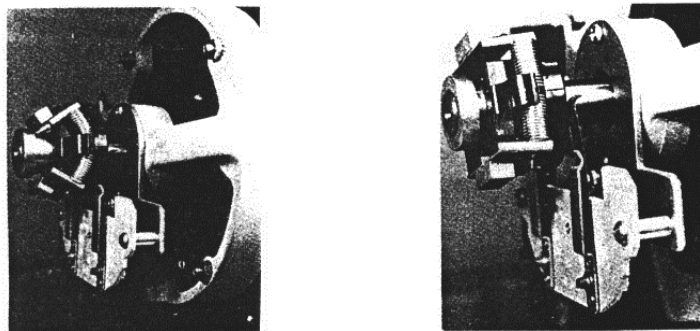


รูปที่ 2.4 แสดงสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของสปลิทเฟสมอเตอร์

จากวงจรการต่อลวดสแตเตอร์ คือขดรีนและขดสตาร์ทจะต่อขนานกัน และต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าสลับ (E) โดยมีสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางต่ออนุกรมกับ ขดสตาร์ท เมื่อมอเตอร์หมุน สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจะต่อขดลวดสตาร์ทอยู่ และ เมื่อมอเตอร์หมุนไปแล้วจนความเร็วมันสูงกว่า 75% ของความเร็วตามพิกัดของมอเตอร์ สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจะทำงานเปิดวงจรออกตัดขดสตาร์ทออกจากไฟฟ้า มอเตอร์จะหมุนโดยใช้สนามแม่เหล็กจากขดรีนเพียงขดเดียวเท่านั้นการทำงานของสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางขณะไม่ทำงาน ดังรูปที่ 2.5 และรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.5 แสดงวงจรการต่อลวดของสปลิทเฟสมอเตอร์



รูปที่ 2.6 แสดงสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางขณะไม่ทำงานและขณะทำงาน

การกลับทางหมุนของสปลิทเฟสมอเตอร์ทำได้ 2 วิธี คือการกลับขั้วการต่อขดสตาร์ทหรือกลับขั้วการต่อของขดรันก็ได้ จะทำให้สปลิทเฟสมอเตอร์กลับทางหมุนทันที

2) คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor Motor)

คาปาซิเตอร์มอเตอร์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ที่มีลักษณะคล้ายสปลิทเฟสมอเตอร์มากต่างกันตรงที่มีคาปาซิเตอร์เพิ่มขึ้นมา ทำให้มอเตอร์แบบนี้มีคุณสมบัติพิเศษกว่า สปลิทเฟสมอเตอร์ คือมีแรงบิดขณะสตาร์ทสูงใช้กระแสขณะสตาร์ทน้อยมอเตอร์ชนิดนี้มีขนาดตั้งแต่ 1/20 แรงม้าถึง 10 แรงม้า มอเตอร์นี้นิยมใช้งานเกี่ยวกับ ปั้มน้ำ เครื่องอัดลม ตู้แช่ ตู้เย็น ฯลฯ

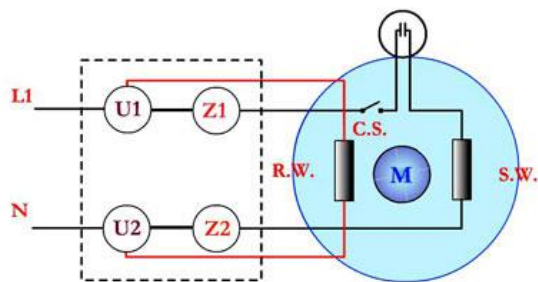
โครงสร้างของคาปาซิเตอร์มอเตอร์ มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เหมือนกับแบบ สปลิทเฟสเกือบทุกอย่าง คือ

- โรเตอร์เป็นแบบกรงกระรอก
- สเตเตอร์ประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด คือ ขดสตาร์ทและขดรัน
- ฝาปิดหัวท้ายประกอบด้วย ปลอกทองเหลือง (Bush) หรือตลับลูกปืน (Ball bearing) สำหรับรองรับเพลลา
- คาปาซิเตอร์หรือคอนเดนเซอร์ (Capacitor or Condenser)

ชนิดของคาปาซิเตอร์มอเตอร์คาปาซิเตอร์มอเตอร์แบ่งออกเป็น 3 แบบคือ

• คาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ (Capacitor start motor)

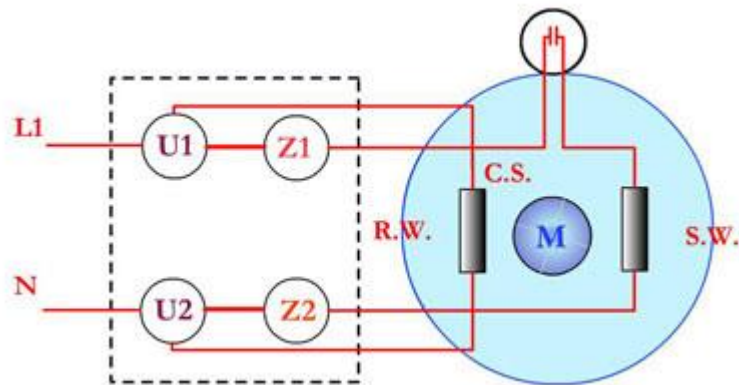
การทำงานของคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ เหมือนกับแบบสปลิทเฟสมอเตอร์ แต่เนื่องด้วยขดลวดขดสตาร์ทต่ออนุกรมกับคาปาซิเตอร์ทำให้กระแสที่ไหลเข้าไปในขดลวดสตาร์ทถึงจุดสูงสุดก่อนขดลวดขดรันจึงทำให้กระแสในขดลวดสตาร์ทนำหน้าขดลวดขดรันซึ่งนำหน้ามากกว่าแบบสปลิทเฟสมอเตอร์ คาปาซิเตอร์มอเตอร์จึงมีแรงบิดขณะสตาร์ทสูงมากสำหรับมอเตอร์ชนิดคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ หลังจากสตาร์ทแล้วมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบถึง 75 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วสูงสุดสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีจากศูนย์กลางคาปาซิเตอร์จะถูกตัดจากวงจรดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงการทำงานของวงจรคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์

- คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ (Capacitor run motor)

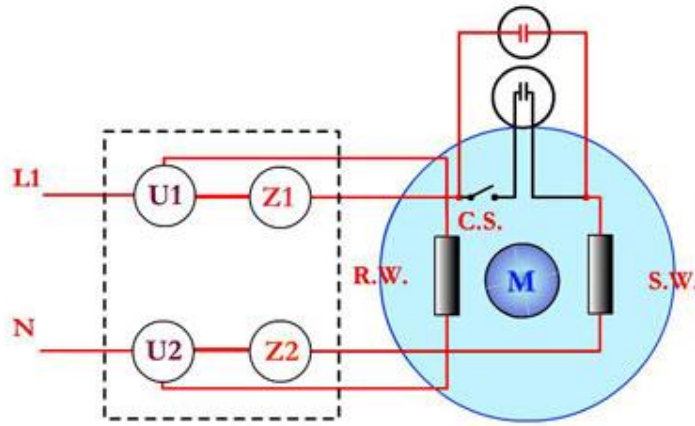
ลักษณะ โครงสร้างทั่วไปของคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์เหมือนกับชนิดคาปาซิเตอร์สตาร์ท แต่ไม่มี สวิตช์แรงเหวี่ยง ตัวคาปาซิเตอร์จะต่ออยู่ในวงจรตลอดเวลา ทำให้ค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์ดีขึ้น และ โดยที่คาปาซิเตอร์ต้องต่อถาวรอยู่ขณะทำงาน ดังนั้นคาปาซิเตอร์ประเภทนี้ น้ำมัน หรือ กระดาษ ฉาบ โลหะ แต่สำหรับมอเตอร์ชนิดคาปาซิเตอร์รัน คาปาซิเตอร์จะต่ออยู่ในวงจรตลอดและเนื่องจากขดลวดชุดสตาร์ททำงานตลอดเวลา การออกแบบจึงต้องให้กระแสผ่านขดลวดน้อยกว่าแบบคาปาซิเตอร์สตาร์ท โดยการลดค่าของคาปาซิเตอร์ลง ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงวงจรการทำงานของคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์

- คาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ (Capacitor start and run motor)

ลักษณะ โครงสร้างของคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ชนิดนี้จะมีคาปาซิเตอร์ 2 ตัวคือคาปาซิเตอร์สตาร์ทกับคาปาซิเตอร์รัน คาปาซิเตอร์สตาร์ทต่ออนุกรมอยู่กับสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง หรือเรียกว่าเซ็นติฟูกัลสวิตช์ ส่วนคาปาซิเตอร์รันจะต่ออยู่กับวงจรตลอดเวลา คาปาซิเตอร์ทั้งสองจะต่อขนานกัน ซึ่งค่าของคาปาซิเตอร์ทั้งสองนั้นมีค่าแตกต่างกันมอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันได้มีการออกแบบมีแรงบิดขณะสตาร์ทสูงขึ้นโดยคาปาซิเตอร์รันต่อขนานกับคาปาซิเตอร์สตาร์ท เมื่อมอเตอร์ไฟฟ้าหมุนไปได้ความเร็วรอบ 75 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วยรอบสูงสุด ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงวงจรการทำงานคาปาซิเตอร์สตาร์ทและคาปาซิเตอร์รัน

3) รีพัลชันมอเตอร์ (Repulsion Motor)

รีพัลชันมอเตอร์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ที่ให้แรงบิดสูง เหมาะสำหรับใช้กับงานที่ต้องการแรงบิดเริ่มหมุนมากๆ เช่น มอเตอร์ของเครื่องปั๊มลมขนาดใหญ่ มอเตอร์ของเครื่องปั๊มน้ำขนาดใหญ่ มอเตอร์ของเครื่องทำความเย็นขนาดใหญ่หรือตู้แช่ มอเตอร์ของเครื่องผสมอาหารสัตว์ในฟาร์มต่างๆ เป็นต้น มอเตอร์ชนิดนี้มีชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า “Single-phase wound-rotor motor” ซึ่งหมายความว่า เป็นมอเตอร์ 1 เฟส ที่มีโรเตอร์เป็นแบบวาวด์ และแบ่งเป็นชนิดใหญ่ๆ ได้ 3 ชนิด คือ รีพัลชันมอเตอร์ รีพัลชันสตาร์ทอินดักชันมอเตอร์ และรีพัลชัน-อินดักชันมอเตอร์

4) ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal or Series Motor)

5) เซดเดดโพลมอเตอร์ (Shaded-pole Motor)

2.1.4 การคำนวณหาค่ากำลังของมอเตอร์ [7]

เมื่อต้องการจะคำนวณหามอเตอร์จะได้ F นิวตัน ที่กระทำสัมผัสกับเพลลาทำให้เพลลาหมุนด้วยความเร็วรอบ n รอบต่อนาที ขณะที่เพลลาหมุนไป 1 รอบสามารถหาค่าต่าง ๆ ได้ดังนี้การคำนวณหาระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ ขณะที่เพลลาหมุนไป 1 รอบ สามารถคำนวณหาได้ดังสมการต่อไปนี้

สมการที่ใช้คำนวณหาระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ สามารถคำนวณหาได้ดังสมการที่ 2.1

$$S = 2\pi r \dots\dots\dots (2.1)$$

การคำนวณหางานในการหมุนเพลลา 1 รอบ คำนวณหาได้ดังแสดงในสมการที่ 1

สมการที่ใช้คำนวณหางาน สามารถคำนวณหาได้ดังสมการที่ 2.2

$$W_F = F \times 2\pi r \dots\dots\dots (2.2)$$

การคำนวณหางานในการที่เพลลากระทำต่อวินาที ขณะที่เพลลาหมุน n รอบต่อนาที สามารถคำนวณได้ สามารถคำนวณหาได้ดังสมการที่ 2.3

สมการที่ใช้ในการคำนวณหางานที่เพลลากระทำต่อวินาที

$$W_F = F \times 2\pi r \times n \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

การคำนวณหาแรงบิด สามารถคำนวณหาได้ดังสมการที่ 2.4

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาแรงบิด

$$T = F \times r \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

เพราะฉะนั้นการคำนวณหากำลังมอเตอร์สามารถคำนวณหาได้ดังสมการที่ 2.5

$$P = \frac{2\pi T n}{60} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

เมื่อ P คือ กำลังที่เพลารับแรงจากมอเตอร์มีหน่วยเป็นวัตต์(w)หรือกิโลวัตต์ (KW)

T คือ โมเมนต์แรงบิด มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร

n คือ ความเร็วรอบของเพลามีหน่วยเป็นรอบต่อนาที rpm (1 รอบ = 2 เเรเดียน)

R คือ รัศมีของเพลามีหน่วยเป็นเมตร

การคำนวณหาความเค้นเฉือน สามารถคำนวณหาได้ดังสมการที่ 2.6

จากสูตร
$$\tau = \frac{16T}{\pi D^3} \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

เพราะฉะนั้น
$$T = \frac{\tau \pi D^3}{16} \quad \text{หรือ} \quad = \frac{\sigma_{zul} \pi D^3}{16} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

จากสูตร
$$\sigma_{zul} = \frac{\sigma \text{ lim}}{v} \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

เมื่อ τ คือ ความเค้นเฉือน

v คือ ค่าความปลอดภัยในทางเครื่องกล

σ_{zul} คือ ค่าความเค้นสูงสุด (Maximum stress) N / mm

σ_{lim} คือ พิกัดความเค้นขึ้นอยู่กับลักษณะการรับแรง

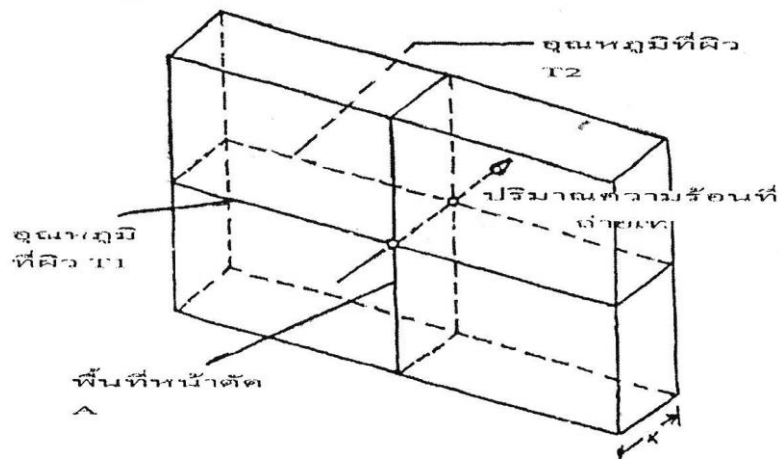
2.3 ทฤษฎีความร้อน [8]

2.3.1 การนำความร้อน

การนำความร้อนเป็นกระบวนการซึ่งเกิดขึ้นบนอะตอมของอนุภาค พบว่าในโลหะการนำความร้อนเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ (คล้ายการนำไฟฟ้า) ในของเหลวและของแข็งที่มีสภาพการนำความร้อนต่ำ การสั่นของโมเลกุลข้างเคียงคิดว่าจะเป็นสาเหตุให้เกิดการนำความร้อนขึ้น ส่วนในก๊าซ การนำความร้อนเกิดขึ้นผ่านการสั่นระหว่างโมเลกุล อย่างไรก็ตาม ผลของการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะอธิบายในลักษณะที่เกิดขึ้นกับวัตถุทั้งระบบ ไม่ได้เจาะลึกถึงระดับโมเลกุล ซึ่งจากการทดลองพบว่า อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนเป็นสัดส่วนตรงกับผลต่างของอุณหภูมิคร่อมผิววัตถุ (ด้านอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ) และพื้นที่ผิวความร้อนไหลผ่าน (ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของความร้อน) แต่จะเป็นสัดส่วนกลับกันกับความหนาของวัตถุนั้น (ระยะทางที่ความร้อนถ่ายเท ดังนั้น การนำความร้อนของแผ่นราบ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2.9

$$Q = \frac{kA(T_1 - T_2)}{x} \dots\dots\dots (2.9)$$

- เมื่อ Q = ปริมาณความร้อนถ่ายเทต่อ 1 วินาที, W
- k = สภาพการนำความร้อน (Thermal conductivity), W/m · k
- A = พื้นที่หน้าตัดที่ความร้อนไหลผ่าน, M₂
- T₁ - T₂ = อุณหภูมิสูงและต่ำที่ผิวแต่ละด้านตามลำดับ, k
- x = ความหนาของแผ่นราบ, m



รูปที่ 2.10 การนำความร้อนผ่านแผ่นราบ

ในสมการนี้ สภาพนำความร้อน, k เป็นตัวคงที่ขึ้นกับวัสดุแต่ละชนิด ซึ่งเป็นค่าสภาพนำความร้อนของวัสดุบางชนิด อย่างไรก็ตาม ปกติค่า k จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแต่หากอุณหภูมิต่างกันมากนักสามารถใช้ค่าสมมติว่า k คงที่ตลอดช่วงอุณหภูมิได้

เนื่องจากการศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านวัตถุ มักจะคิดในเทอมของด้านทาน การถ่ายเทความร้อนของวัตถุ ฉะนั้นถ้าพิจารณา ความต้านทานความร้อน (Thermal resistance, R) เทียบกับความต้านทานไฟฟ้า ซึ่งมีความต่างศักย์ ($V_1 - V_2$)

จากการถือว่าค่า k คงที่ตลอดช่วงอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ฉะนั้นในวัตถุที่มีพื้นที่หน้าตัดและความหนาคงที่ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะมีลักษณะเชิงเส้น หากพิจารณาการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังราบที่ประกอบด้วยวัสดุต่างชนิดกัน (Steady state) และมีการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุในอัตรา Q ที่เท่าเทียมกัน

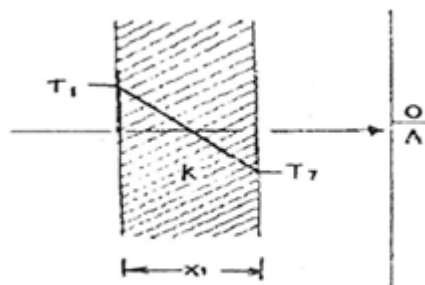
ถ้านำสมการข้างต้นทั้งสามสมการมาบวกกัน อุณหภูมิ T_1 และ T_3 ซึ่งไม่ทราบค่าจะถูกกำจัดออกไป ดังนั้น

$$T_1 - T_4 = Q \left[\frac{x_1}{k_1 A} \right] + \left[\frac{x_2}{k_2 A} \right] + \left[\frac{x_3}{k_3 A} \right]$$

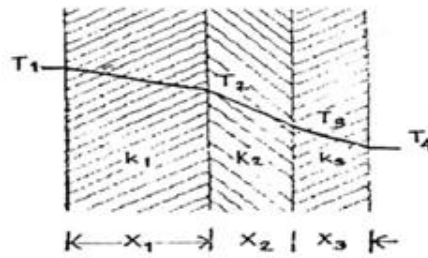
หรือ $T_1 - T_4 = Q(R_1 + R_2 + R_3)$

ฉะนั้นการถ่ายเทความร้อนรวมกลายเป็น

$$Q = (T_1 - T_2) / (R_1 + R_2 + R_3) \dots\dots\dots (2.10)$$



รูปที่ 2.11 เส้นผลต่างอุณหภูมิผนังราบชั้นเดียว



รูปที่ 2.12 เส้นผลต่างอุณหภูมิผ่านชั้นเดียววัสดุต่างชนิดกัน

ถ้าผนังราบตามรูปที่ 2.11 มีจำนวนชั้นเพิ่มขึ้นหรือน้อยลงจะสามารถหาการถ่ายเทความร้อนได้ในลักษณะเดียวกัน และในทำนองเดียวกันหากผนังรูปที่ 2.12 เป็นผนังที่ทำมาจากวัสดุ 2 ชนิดมาวางซ้อนกัน หากการการจัดเรียงวัสดุตามรูปที่ 2.12 เป็นการจัดเรียงแบบอนุกรมการจจัดเรียง

ในลักษณะซ้อนกันจะเรียกว่าเป็นการจัดเรียงแบบขนาน ฉะนั้นลักษณะเดียวกันกับสูตรทางไฟฟ้า ในกรณีที่ทำจากวัสดุ 2 ชนิดมาวางซ้อนกัน จะสามารถหาการถ่ายเทความร้อนได้

นอกจากการนำความร้อนผ่านผนังแล้ว กรณีที่น่าสนใจอีกกรณีในเรื่องการถ่ายเทความร้อนชนิดนำความร้อน คือ การถ่ายเทความร้อนตามแนวรัศมี เช่น จากผนังท่อน้ำร้อนด้านในสู่ผนังท่อด้านนอก ซึ่งพื้นที่หน้าตัดจะตั้งฉากกับทิศทางการถ่ายเทความร้อนในลักษณะเพิ่มขึ้นตามแนวรัศมี

สำหรับกรณีหากท่อมีการหุ้มฉนวนความร้อน ความต้านทานความร้อนที่เพิ่มขึ้นเข้าไปเป็นลักษณะอนุกรมทำนองเดียวกับแบบผนังราบ สมการถ่ายเทความร้อนคือ

$$Q = (T_1 - T_2) / (R_1 + R_2 + R_3) \dots\dots\dots (2.10)$$

หรือ

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{\left[\frac{\ln(r_2 - r_1)}{2\pi L k_1} \right] + \left[\frac{\ln(r_3 - r_2)}{2\pi L k_2} \right] + \left[\frac{\ln(r_4 - r_3)}{2\pi L k_3} \right]} \dots\dots\dots (2.11)$$

2.3.2 สภาพการแพร่กระจายความร้อน (Thermal diffusivity) การนำความร้อนที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดพิจารณาเฉพาะกรณีสภาวะอยู่ตัวเท่านั้น นั่นคือ อุณหภูมิ และอัตราการถ่ายเทความร้อนมีค่าคงที่ สำหรับในสภาวะชั่วครู่ (Transient) ซึ่งสภาวะกำลังเปลี่ยนแปลงตามเวลาจะมีตัวแปรเสริมอีกตัวหนึ่งมีความสำคัญเพิ่มเข้ามา ตัวแปรเสริมนี้คือ สภาพการแพร่กระจายความร้อน, α โดย $\alpha = k/\rho C_p$ เมื่อ ρ = ความหนาแน่นของวัสดุ (kg/m^3) และ C_p = ความร้อนจำเพาะของวัสดุ (kJ/kg.K) (C_p แทนปริมาณพลังงานที่ต้องการในการทำให้มวล 1 kg มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1°C หรือ

1 K) ดังนั้นสภาพการแพร่กระจายความร้อนคือ อัตราส่วนของสภาพนำความร้อนกับความจุความร้อนเชิงปริมาตร (Volumetric thermal diffusivity) และมีหน่วยเป็น m^2/s ฉะนั้นส่วนกลับของสภาพการแพร่กระจายความร้อนจะมีหน่วยเป็น s/m^2 หรือเวลาต่อพื้นที่ ซึ่งทำให้สามารถคิดเป็น "เวลาในการให้หรือรับความร้อน" (Heating time) ซึ่งคือเวลาที่ต้องการในการให้ความร้อนกับวัสดุจนมีอุณหภูมิที่ต้องการค่าหนึ่งๆ เวลาจะเป็นสัดส่วนตรงกับกำลังสองของความหนาของวัสดุ ฉะนั้น วัสดุที่มีค่าสภาพการแพร่กระจายความร้อนสูงจะตอบสนองสภาวะการเปลี่ยนแปลงได้ไว้มากกว่าวัสดุที่มีค่าสภาพการแพร่กระจายความร้อนต่ำ

ปัญหาการนำความร้อนในสภาวะชั่วคราว ก่อนข้างจะเป็นปัญหาที่ยุ่งยากซับซ้อนกว่าปัญหาในสภาวะอยู่ตัว ดังนั้นการแก้ปัญหาจึงศึกษาเฉพาะกรณีที่น่าสนใจ (เช่น การจุ่มวัตถุที่มีลักษณะเป็นแผ่นหรือทรงกระบอก ที่อุณหภูมิเริ่มต้นคงที่ในของไหลที่มีอุณหภูมิที่แตกต่าง) แล้วนำมาจัดทำเป็นกราฟเพื่อใช้งาน

สภาพการแพร่กระจายความร้อนมีความสำคัญในหลายกรณี อย่างเช่นการรักษาอุณหภูมิในอาคารที่พักให้อยู่ในสภาวะที่ต้องการ เป็นต้น กรณีเช่นนี้ปัญหาการนำความร้อนในสภาวะชั่วคราวจะถูกนำมาพิจารณา

2.3.3 การพาความร้อน ดังได้กล่าวมาแล้วว่า การพาความร้อนเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของมวลของไหล เมื่อของไหลสัมผัสกับพื้นผิวของแข็งที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน การแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดพาความร้อนจะเกิดขึ้น การพาความร้อนสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ คือ การพาความร้อนแบบอิสระหรือธรรมชาติ (Force or natural convection) และการพาความร้อนแบบบังคับ (Forced convection) ลักษณะแรกเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่นของของไหล จากเหตุผลที่ว่าของไหลเมื่อได้รับความร้อน (อุณหภูมิสูงขึ้น) จะมีความหนาแน่นลดลงกว่าอากาศโดยรอบ ทำให้แรงยกตัว (Buoyant force) ลอยตัวขึ้น เช่น การถ่ายเทความร้อนจากหลังคาสู่อากาศโดยรอบที่สงบ เป็นต้น ส่วนการพาความร้อนแบบบังคับจะเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยใช้แรงภายนอกมาเคลื่อนที่ของไหลผ่าน จะพิจารณาว่าเป็นการพาแบบบังคับ แต่ไม่ว่าจะเป็นการพาความร้อนแบบไหน ปริมาณการถ่ายเทความร้อนสามารถหาตามกฎของนิวตัน

2.3.4 การแผ่รังสีความร้อน วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิมากกว่าศูนย์องศาสมบูรณ์ (0 K) จะออกมาจากวัตถุในลักษณะการแผ่รังสีความร้อนผ่านผิวของวัตถุนั้น โดยอาศัยกลไกของการแผ่รังสีด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รังสีความร้อนที่แผ่ออกมา ปกติจะเดินทางผ่านช่องว่างในบรรยากาศด้วยความเร็วแสง มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 100 ไมครอน (10^{-6} m) ในลักษณะเป็นเส้นตรงจนกว่าจะกระทบกับวัตถุใดๆ ซึ่งถ้าวัตถุที่แผ่รังสีออกมาไม่ได้รับรังสีความร้อนจากวัตถุอื่น อุณหภูมิของวัตถุนั้นจะลดลง ในทำนองเดียวกัน วัตถุที่ได้รับรังสีความร้อนมากกว่าที่วัตถุนั้นปล่อยออกไป อุณหภูมิของวัตถุจะเพิ่มขึ้น โดยรังสีความร้อนที่กระทบวัตถุใดๆ ส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนโดยวัตถุนั้น บางส่วนอาจทะลุผ่านและมีบางส่วนสะท้อนกลับออกจากวัตถุนั้น ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของพลังงานแผ่รังสีทั้งที่ถูกดูดกลืนไว้ที่ทะลุผ่าน และขณะที่สะท้อนกลับจะขึ้นอยู่กับตัววัตถุเองและคุณสมบัติทางพื้นผิวของวัตถุนั้น สำหรับวัตถุที่บดบังที่ทะลุผ่านจะเท่ากับศูนย์

การหาค่าพลังงานความร้อนในการหาค่าพลังงานความร้อนสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่

2.12

$$q = m \cdot C_p \Delta T \dots\dots\dots (2.12)$$

- โดยที่
- q = พลังงานความร้อน (จูล)
 - m = มวลของวัตถุที่ต้องการให้ความร้อน
มวล = ความหนาแน่น x ปริมาตรของวัตถุนั้นๆ (kg)
 - C_p = ค่าความจุความร้อน (kJ/kg.K)
 - ΔT = ส่วนต่างของอุณหภูมิ
- นิยาม
- จูล = Jules = WS (watt.sec)
- กำหนดให้
- W = กำลังวัตต์ไฟฟ้า (วัตต์)
 - S = เวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ (วินาที)

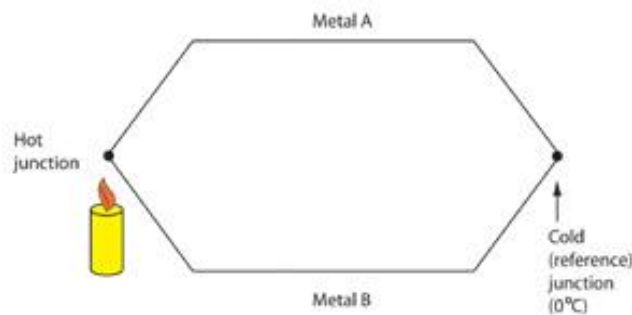
2.4 ทฤษฎีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

2.4.1 Temperature Sensor

จะเป็นตัวที่วัดอุณหภูมิและแปลงสัญญาณอุณหภูมินั้น เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าซึ่งมี 2 ชนิดคือ สัญญาณที่เป็น แรงดัน และ ความต้านทาน เพื่อส่งไปให้ตัวควบคุมอุณหภูมิอีกทีหนึ่ง ตัววัดอุณหภูมิที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ดังนี้

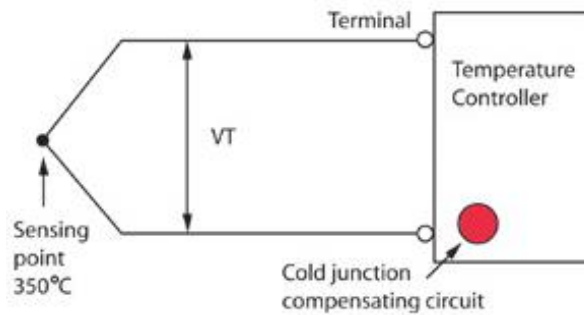
2.4.2 Thermocouple

ส่วนประกอบของตัววัดอุณหภูมิชนิดนี้ ประกอบด้วยโลหะต่างชนิดกัน ถูกลำมาเชื่อมปลายเข้าด้วยกันทั้ง 2 ข้าง โดยใช้หลักการที่ว่า ถ้าทั้งสองข้าง มีอุณหภูมิแตกต่างกัน เมื่อใดจะเกิดแรงดันปริมาณน้อยๆ (มิลลิโวลต์) ขึ้น ซึ่งเรียกว่า Electromotive force (emf) ดังรูปที่ 13 ระดับของแรงดันที่เกิดขึ้น อยู่กับชนิดของโลหะที่นำมาทำเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิดนั้นๆ



รูปที่ 2.13 วงจรเทอร์โมคัปเปิ้ล

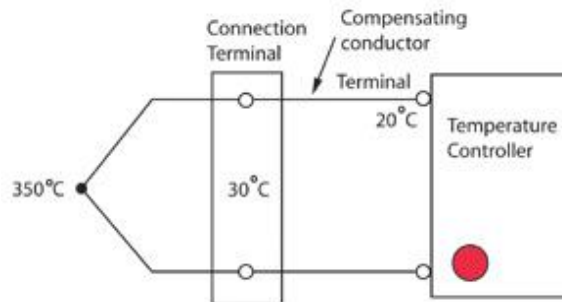
จากรูปที่ 13 เทอร์โมคัปเปิ้ลจะมี 2 จุดต่อ คือ จุดต่อด้านร้อน (Hot junction) และจุดต่อด้านเย็น (Cold junction) Hot junction จะเป็นส่วนที่ใช้วัดอุณหภูมิที่เราต้องการ ส่วน Cold junction จะถูกต่อเข้ากับตัวควบคุมอุณหภูมิ วงจรชดเชยของจุดต่อด้านเย็น (Cold junction compensating circuit) เป็นที่ทราบกันแล้วว่า เทอร์โมคัปเปิ้ลจะจ่ายสัญญาณแรงดันออกมา ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การจ่ายสัญญาณแรงดัน

จากรูป ถ้าอุณหภูมิที่วัดขณะนั้นเท่ากับ 350 °C ขณะที่อุณหภูมิที่จุด Cold junction ในตัวควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 20 °C จะเห็นว่ามีค่าความแตกต่างกันของปลายทั้ง 2 ข้างของเทอร์โมคัปเปิ้ล จะเกิดแรงดัน (VT) โดยมีสมการดังนี้ $VT = K (350 - 20)$ ถ้าพิจารณาสมการจะพบว่าสัญญาณที่เข้าไปในตัวควบคุมอุณหภูมิจริงจะเท่ากับ 330 °C ดังนั้นผู้ผลิตตัวควบคุมอุณหภูมิทุกรายจะต้องเพิ่มวงจรชดเชย หรือ Cold junction compensating circuit (CJC) ในภาคอินพุทของตัวควบคุมอุณหภูมิทุกตัว วงจรนี้จะมีตัววัดอุณหภูมิในตัวควบคุมอุณหภูมิแล้วนำไป ชดเชยกับสัญญาณที่ได้รับมาจากเทอร์โมคัปเปิ้ล ซึ่งในตัวอย่างนี้ CJC วัดได้ 20 °C สมการจะเปลี่ยนไปดังนี้ $VT = K (350 - 20) + K 20 = K \cdot 350$ CJC ในตัวควบคุมของผู้ผลิตบางรายสามารถตั้งให้ใช้งานหรือไม่ใช้ก็ได้ ตัวควบคุมอุณหภูมิของสามารถ ON หรือ OFF CJC ได้ การไม่ใช้งาน CJC จะมีประโยชน์เวลาทำการสอบเทียบ (Calibration) ตัวควบคุมอุณหภูมิ โดยผู้สอบเทียบสามารถใช้แหล่งจ่ายแรงดันมาตรฐาน (Standard DC source) จ่ายแรงดันโดยดูจากตารางอุณหภูมิ – แรงดัน ของเทอร์โมคัปเปิ้ลแต่ละชนิดเข้าโดยตรงที่ตัวควบคุมได้เลย ซึ่งตัวควบคุมก็จะอ่านค่าตรงกับตารางดังกล่าว ไม่มีผลของ CJC มาเกี่ยวข้อง และที่สังเกตได้อีกอย่างหนึ่งก็คือ ในตัวควบคุมอุณหภูมิที่รับสัญญาณเทอร์โมคัปเปิ้ล ถ้าเราไม่ต่อสายเทอร์โมคัปเปิ้ล แต่เพียงช้อนเทอร์มินอลที่ใช้ต่อเทอร์โมคัปเปิ้ลนั้น ตัวควบคุมอุณหภูมิจะแสดงผลอุณหภูมิได้ ซึ่งก็คืออุณหภูมิ ณ จุด CJC นั้นเอง สายต่อชดเชยของเทอร์โมคัปเปิ้ล (Compensation conductor) เป็นที่สอบถามกันมามากว่า กรณีต้องเดินสายเทอร์โมคัปเปิ้ลยาวๆ ต้องใช้สายที่มีโลหะเหมือนกับเทอร์โมคัปเปิ้ลที่ใช้อยู่ เพราะแรงดันที่เกิดจากเทอร์โมคัปเปิ้ลจะขึ้นอยู่กับโลหะที่ใช้ทำ เราเอาโลหะต่างชนิดกับเทอร์โมคัปเปิ้ลเดินมาต่อ กันไม่ได้ ดังนั้นสายที่นำมาต่อต้องเป็นสายที่มีโลหะเหมือนกับเทอร์โมคัปเปิ้ลที่ใช้

อยู่ เราจะเรียกว่าสาย Compensate สายแบบนี้หาซื้อได้ทั่วไปตามร้านที่ขายอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 Compensation Conductor

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับงานเชื่อม [9]

งานเชื่อม คือ การนำชิ้นงานสองชิ้นหรือมากกว่ามาประสานกัน โดยมีหลักอยู่ว่า ชิ้นงานจะต้องต่อกันโดยการหลอมละลายโลหะทั้งสอง ณ อุณหภูมิที่เหมาะสมโดยจะมีการเติมตัวประสานโลหะ (Filler metal) หรือไม่เติมก็ได้

2.5.1 ประเภทของงานเชื่อมอาจแบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ

1) Fusion welding ชิ้นส่วนของงานเชื่อมนี้จะเชื่อมติดกันโดยที่โลหะบริเวณแนวเชื่อมจะหลอมละลาย (Melted condition) เข้าติดกันโดยมีการเติมโลหะ (Filler metal) หรือไม่เติมก็ได้

2) Pressure welding ชิ้นส่วนของงานเชื่อมชนิดนี้จะเชื่อมติดกันโดยที่โลหะบริเวณแนวเชื่อมจะอยู่ในสถานะที่เริ่มจะเป็นของเหลว (Plastic condition) แล้วใช้แรงกดบริเวณแนวเชื่อมให้อัดติดกัน การเชื่อมแบบนี้จะไม่มีการเติมลวดเชื่อม (Filler metal)

2.5.2 วัสดุที่สามารถเชื่อมต่อกันได้นั้น แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1) Low carbon steel เหล็กที่มีคาร์บอนผสมต่ำ คือ จะมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนอยู่ไม่เกิน 0.3% แต่ถ้าเกินไปได้แก่ เหล็กชนิด High carbon steels จะเชื่อมได้ก็จะต้องใช้ลวดเชื่อม Electrode ชนิดพิเศษ และจะต้องให้ช่างเชื่อมที่มีความชำนาญพอสมควร

2) โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก Non-Ferrous metals ได้แก่ โลหะพวกทองแดง ทองเหลือง บรอนซ์ สังกะสี และอะลูมิเนียม












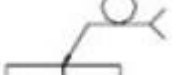
3) พวกพลาสติกประเภท Thermoplastic materials สามารถเชื่อมต่อกันได้โดยใช้ลมร้อน และลวดเชื่อมพลาสติก

ตารางที่ 2.1 แสดงถึงชนิดของเหล็กที่สามารถเชื่อมได้และงานที่ใช้

ชนิดของเหล็กที่จะนำมาเชื่อม	คุณสมบัติ ลักษณะงาน
เหล็กโครงสร้าง St33-2, St34-1, St37-1, St42-3	สำหรับงานที่รับแรงน้อย และงานที่มีความหนาของชิ้นงานน้อย ๆ
St34-2, St46-2, St46-3, St50-2	เชื่อมได้ทุกกรณี
St33-1, St46-2, St46-3, St50-2	ใช้เป็นชิ้นส่วนของโครงสร้างขนาดที่หนากว่า 25.....35 ซม. คุณภาพชั้นที่ 2 แต่ถ้าหนากว่า 35 มม. จะได้คุณภาพชั้นที่ 3

ตารางที่ 2.2 แสดงสัญลักษณ์ของต่องานเชื่อม และการกำหนดขนาดในแบบงาน[6]

สัญลักษณ์	ชื่อรอยแนวเชื่อม	ภาพก่อนเชื่อม หลังเชื่อม	แสดงสัญลักษณ์ในแบบงาน
	ต่องานแบบยกขอบ		
	ต่องานแบบขนาน		
	ต่องานแบบปากสองข้าง ตัววี		
	ต่องานแบบปากข้างเดียว ตัววี		
	ต่องานแบบปากสองข้าง ตัววาย		
	ต่องานแบบปากข้างเดียว ตัววาย		
	ต่องานแบบปากสองข้าง ตัวยู		
	ต่องานแบบปากข้างเดียว ตัวเจ		

	เชื่อมปิดหลัง		
	ต่อชนแบบตั้งฉาก		
	เชื่อมร่อง		
	เชื่อมอูค		

2.5.3 คุณภาพของงานเชื่อม

ในงานเชื่อมเราต้องคำนึงถึงถึงข้อมูลต่าง ๆ ที่จะทำให้คุณภาพของงานเชื่อมดี สำหรับข้อมูลต่าง ๆ มีดังนี้

- 1) ชนิดของโลหะที่จะนำมาเชื่อม หมายถึง วัสดุชิ้นงานนั่นเองจะต้องสามารถนำมาเชื่อมได้หรือรู้ว่าโลหะที่เชื่อมแบบไหนจึงจะเหมาะสม
- 2) การเตรียมชิ้นงาน หมายถึง การเตรียมชิ้นงานก่อนเชื่อม เช่น การบากชิ้นงาน เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ช่างเชื่อมควรควบคุมให้ถูกต้องด้วย
- 3) วิธีการเชื่อม หมายถึง ลักษณะและท่าทางในการเชื่อมต้องกระทำอย่างถูกต้อง
- 4) โลหะของลวดเชื่อม หมายถึง ชนิดของโลหะของ Electrode หรือ Filler-Material สามารถเข้าถึงชิ้นงานที่ทำการเชื่อมได้
- 5) ความสามารถในการเชื่อม หมายถึง ความชำนาญ ความสามารถของช่างเชื่อม หรือฝีมือในการเชื่อม
- 6) การทดสอบ หมายถึง การหาข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดของงานเชื่อม ซึ่งการทดสอบจะเป็นปัจจัยที่บอกคุณภาพว่าดีหรือไม่ดี ส่วนสาเหตุจะเกิดจากข้อมูล ข้อที่ 1-5 ก็ได้ ตัวอย่าง เช่น เครื่องมือ ไปได้แก่ เครื่องตรวจสอบ X-RAY เป็นต้น

2.5.4 การตรวจสอบคุณภาพในการเชื่อมนี้แบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ

- 1) คุณภาพชั้นที่ 1 สำหรับงานเชื่อมชั้นนี้จะต้องมีการตรวจสอบข้อมูลตั้งแต่ข้อที่ 1 ถึง ข้อที่ 6
- 2) คุณภาพชั้นที่ 2 สำหรับงานเชื่อมชั้นนี้จะต้องมีการตรวจสอบข้อมูลตั้งแต่ข้อที่ 1 ถึง ข้อที่ 5
- 3) คุณภาพชั้นที่ 3 สำหรับงานเชื่อมชั้นนี้ไม่จำเป็นจะต้องมีข้อมูลใดเลยหรือมีบ้าง

การออกแบบงานเชื่อม

2.5.5 ในการออกแบบ (Design) งานเชื่อม เราพยายามนึกถึงหลักในการออกแบบอยู่ 2 ประการ คือ

- 1) ราคาในการสร้างควรจะถูกที่สุด



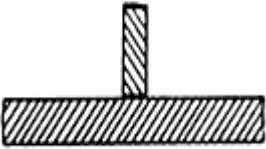
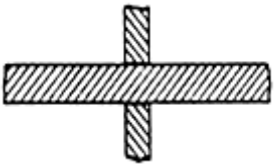


2) ความแข็งแรง เมื่อราคาถูกแล้วชิ้นงานนั้นควรจะต้องแข็งแรงด้วย

เมื่อผู้ออกแบบงานเชื่อมออกมาแล้วเขาจะต้องตรวจสอบความแข็งแรงของงานอีกทีหนึ่ง แต่ในการออกแบบยังมีข้อควรพิจารณาดังนี้คือ

1) ชนิดของการต่อ ในการนำชิ้นงานมาเชื่อมต่อกัน ต้องพิจารณาถึงลักษณะการต่อดังตารางที่

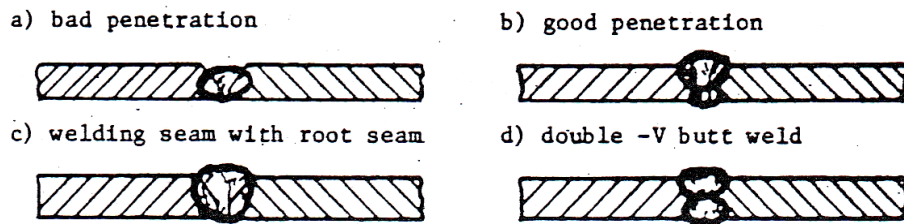
2.3

ตารางที่ 2.3 ชนิดของการต่อ (Weld Joint) [6]

รอยต่อ	การวางชิ้นงาน	ลักษณะการวาง
รอยต่อชน	ชิ้นงานจะวางในแนวระนาบเดียวกัน	
รอยต่อเกย	ชิ้นงานทั้งสองชิ้นจะวางเกยซึ่งกันและกัน	
รอยต่อตัวที	ชิ้นงานชิ้นหนึ่งจะวางตั้งฉากบนชิ้นงานอีกชิ้นหนึ่ง	
รอยต่อตัวทีสองด้าน หรือรอยต่อกากบาท	ชิ้นงานสองชิ้นจะวางตั้งฉากตรงกันบนชิ้นงานชิ้นหนึ่งในตำแหน่งตรงกันข้าม	
รอยต่อมุม	วางชิ้นงาน 2 ชิ้น ให้มุมชนกันเป็นมุมฉากต่อกัน	
เอียงต่อเอียง	ชิ้นงานชิ้นหนึ่งจะวางทำมุมในแนวเอียงกับชิ้นงานอีกชิ้นหนึ่ง	

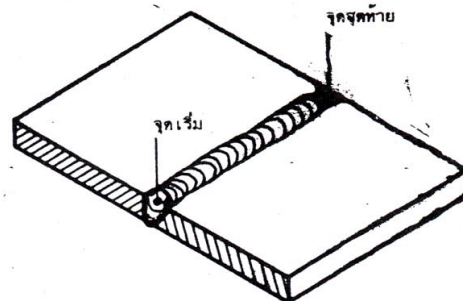
2) ข้อบกพร่องในการเชื่อม

การเชื่อมที่ไม่ดีจะทำให้เกิดการไหลซึมของโลหะไม่ดี และจากสาเหตุอันนี้จะทำให้เกิดการสะสมของความเค้น (Stress loading) ที่บริเวณแนวเชื่อม และเมื่อชิ้นงานรับภาระแบบสั่นสะเทือน (Vibration loading) แล้วชิ้นงานจะพังได้ง่าย ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงการไหลซึมของโลหะ

นอกจากนี้แล้ว การสะสมของความเค้น (Stress) ยังเกิดขึ้นจากการเชื่อมที่บริเวณจุดเริ่มต้นเชื่อม และจุดปลายแนวเชื่อม คือ มีโลหะเชื่อมอยู่น้อยกว่าปกติ ทำให้เป็นหลุม สาเหตุที่เกิดเนื่องมาจากขณะที่เราเดินลวดเชื่อมแล้วรับเดินรีบกวาดเชื่อม ในขณะที่เริ่มต้นเชื่อมและจุดสุดแนวเชื่อม ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของแนวเชื่อมจะเป็นหลุม

- 3) การหักเหของแรงบริเวณตะเข็บเชื่อม
- 4) แรงดึงต่อตะเข็บขณะรับ โมเมนต์ตัด
- 5) การสะสมความร้อนในแนวเชื่อม

2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับสายพาน [10]

สายพานลิ้มใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างมาก โดยต้องการแรงดึงขึ้นต้นในสายพานค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เพราะผลจากการเกาะยึดตัวกันระหว่างด้านข้างของสายพานที่เรียกว่าร่องรูปลิ้มของล้อสายพาน ทำให้เกิดแรงเสียด

ทานสูง ซึ่งเป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดี แม้ว่าจะมีส่วนโค้งสัมผัสสั้น และมีแรงดึงขึ้นต่ำ และเหมาะกับการใช้งานในกรณีที่มีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อย ในการส่งกำลังจะส่งได้มากที่สุดเมื่อผิวด้านข้างของสายพานอัดแน่นกับร่องบนล้อสายพาน และในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉินก็อาจใช้ผลจากการอัดแน่นนี้ทำหน้าที่เป็นเบรกได้ด้วย การขับด้วยสายพานลิ้ม มีข้อดี คือ เจริญ สะอาด และสามารถรับแรงกระตุกได้ นอกจากนี้ยังมีขนาดกะทัดรัด มีประสิทธิภาพดี และแบร็งของเพลลาไม่ต้องรับแรงมากเกินไป จึงมักใช้ในการขับทางด้านอุตสาหกรรมทั่วไป ซึ่งมีสายพานขับได้โดยมีอัตราทดสูงประมาณ 7 : 1 หรืออาจใช้ได้สูงถึง 10 : 1 อัตราส่วนแรงดึงของสายพาน จากสูตร

$$\frac{T1}{T2} = 2.5 \dots\dots\dots (2.13)$$

$$T1 = 2.5T2$$

แรงที่สายพานกดเพลลา

$$F = T1 + T2 \dots\dots\dots (2.14)$$

2.6.1 ขนาดสายพานและล้อสายพานลิ้ม

1) สายพานลิ้มมีหน้าที่ตัดเป็นรูปลิ้ม ดังนั้นในการกำหนดขนาดจึงมักกำหนด โดยใช้ความกว้างพิทช์ (Pitch Width) และความหนาสายพาน โดยใช้ตัวอักษรแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานลิ้มแบบแคบ (Narrow V-Belts) มีขนาด SPZ SPA SPB และ SPC และสายพานลิ้มแบบธรรมดา มีขนาด Y Z A B C D และ E ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสายพานลิ้มแบบธรรมดาเท่านั้น รูปร่างหน้าตัดของสายพานลิ้มและล้อสายพาน

2) การคำนวณหาอัตราส่งกำลังของสายพาน สายพานมีอัตราความเร็วรอบ เรียกว่าอัตราส่งถ่าย

(i) และ อัตราการคำนวณหาอัตราส่งถ่ายสามารถคำนวณได้จาก สมการที่ 2.15

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2} \dots\dots\dots (2.15)$$

เมื่อ	d_1	คือ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูลีย์ตัวขับ (มิลลิเมตร)
	d_2	คือ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูลีย์ตัวตาม (มิลลิเมตร)
	n_1	คือ	ความเร็วรอบของพูลีย์ตัวขับ (รอบต่อนาที)
	n_2	คือ	ความเร็วรอบของพูลีย์ตัวตาม (รอบต่อนาที)

2.6.2 การคำนวณความยาวของสายพาน

ความยาวของสายพานเปิด (Open Belts) สามารถคำนวณหาได้ดังสมการที่ 2.16

$$L = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C} \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

- เมื่อ L = ความยาวพิทช์ของสายพาน
- C = ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อขับและล้อตาม
- D₁ = เส้นผ่าศูนย์กลางของล้อขับ
- D₂ = เส้นผ่าศูนย์กลางของล้อตาม

การกำหนดระยะ C นับว่ามีความยืดหยุ่นมากพอสมควรผู้ผลิตรายหนึ่งแนะนำว่า ให้ C = (D₂ + 3D₁) / 2 หรือ C = D เลือกใช้ค่าที่สูงที่สุด แนะนำดังนี้

$$C = p + \sqrt{p^2 - q} \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

เมื่อ P = 0.25L_p - 0.39(D₂ + D₁) (2.18)

q = 0.125(D₂ - D₁) (2.19)

และ C_{max} = 2(D₁ + D₂)

C_{min} = 0.7(D₁ + D₂) (2.20)

แล้วเลือกใช้ค่าที่อยู่ระหว่าง C_{max} กับ C_{min}

การกำหนดค่า C ควรเพื่อระยะปรับ (ควรเป็นด้านมอเตอร์) ความกว้างของเพลาทิ้งสองด้วย เพื่อให้มีความตึงสายพานเพียงพอ เนื่องจากว่า C อาจเป็นพิคัดจำกัด (Limiting Factor) ได้เพราะมีที่ว่างจำกัด จึงอาจเป็นไปได้ว่าเราต้องลองคำนวณหาขนาดสายพานหลายครั้งทีเดียว การทำให้เกิดแรงตึงขึ้นต้นในสายพานลึ้ม

การทำให้เกิดแรงตึงขึ้นต้น จะช่วยทำให้การขับด้วยสายพานมีประสิทธิภาพดี และยืดอายุการใช้งานของสายพาน ถ้าออกแรงตึงขึ้นต้นไม่เพียงพอจะทำให้ส่งกำลังได้น้อยลง ประสิทธิภาพต่ำลง ทำให้สายพานมีอายุการใช้งานลดลง เนื่องจากสลิป แต่ถ้าออกแรงตึงขึ้นต้นมากเกินไป จะทำให้ขอบสายพานยึดตัวมากเกินไป เกิดความเค้นในสายพานมาก แบริ่งที่รองรับสายพานจะรับแรงมากเกินไป ด้วยเหตุนี้จึงต้องออกแรงตึงขึ้นต้นให้เหมาะสมกับแรงภายนอกที่กระทำกับสายพานลึ้มส่วนโค้งลึ้มผัด จากสูตร

$$\alpha_1 = \frac{D_p - d_p}{C} \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

มุมลึ้มผัดของล้อสายพาน สามารถคำนวณหาได้ดังสมการที่ 2.22

$$\alpha_1 = \pi - 2\sin^{-1} \frac{(D_p - d_p)}{2C} \dots\dots\dots (2.22)$$

หาความเร็วของสายพาน สามารถคำนวณหาได้ดังสมการที่ 2.23

$$V = \pi D_p n \dots\dots\dots (2.23)$$

จากสมการแรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง สามารถคำนวณหาได้ดังสมการที่ 2.24

$$F = F_1 - F_2 = \frac{W_p}{v} \dots\dots\dots (2.24)$$

ให้แรงดึงในแนวแกน

$$F_w = F_1 + F_2 = F \frac{e\alpha f' + 1}{e\alpha f' - 1} \dots\dots\dots (2.25)$$

แรงหนีศูนย์กลางเนื่องจากน้ำหนักสายพาน

$$F_c = \frac{wAv^2}{g} \dots\dots\dots (2.26)$$

แรงลัพธ์เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลาง คือ

$$F_r = 2.Z.F_c \sin \frac{\alpha}{2} \dots\dots\dots (2.27)$$

โดย Z = จำนวนสายพาน

ดังนั้น แรงดึงขั้นต้นในสายพานจึงหาได้จากแรงดึงในแนวแกนขณะส่งกำลังกับแรงลัพธ์เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลาง นั่นคือ

$$F_1 = F_w + F_r \dots\dots\dots (2.28)$$

ในทางปฏิบัติมักจะใช้วิธีหาค่าประมาณของแรงดึงในแนวแกนสามารถคำนวณหาได้ดังสมการที่ 2.29

$$F_r = K_1 \cdot F_c \sin \frac{\alpha}{2} \dots\dots\dots (2.29)$$

โดยที่ K1 เป็นตัวประกอบใช้งาน ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงาน ซึ่งหาค่าได้จากตารางที่ 2.4 แล้วใช้แรงนี้เป็นแรงดึงขั้นต่ำ

ตารางที่ 2.4 แสดงตัวประกอบใช้งาน

K1	สภาวะการทำงาน
1.3	งานเบา ทำงานคงที่
1.5	งานปานกลาง
2.0	งานหนักแรงกระตุก เปิด-ปิดบ่อยครั้ง

ในกรณีที่ขับ โดยมีระยะระหว่างศูนย์กลางคงที่ หรือไม่มีอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดแรงดึงในสายพาน ตลอดเวลาก็จำเป็นต้องนำเอาแรงหนีศูนย์กลางมาติดด้วย จากสมการ 29

$$F_r = 2 \cdot Z \cdot F_c \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$= 2 \cdot Z \cdot \frac{wAv^2}{g} \sin \frac{\alpha}{2} \dots\dots\dots (2.30)$$

ซึ่งเขียนได้ใหม่เป็น

$$F_r = 2 \cdot K_2 \cdot V^2 \sin \frac{\alpha}{2} \dots\dots\dots (2.31)$$

ค่า k₂ หาได้จากตาราง ดังนั้นแรงดึงขั้นต่ำในสายพานจึงเท่ากัน

$$F_r = (k_1 F + 2k_2 \cdot V^2) \sin \frac{\alpha}{2} \dots\dots\dots (2.32)$$

2.6.3 การคำนวณหาขนาดสายพานลิ้ม

การคำนวณทางด้านการส่งกำลัง โดยสายพานลีมจะใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพิทช์ ของลือสายพาน d เป็นพื้นฐาน และในที่นี่ก็จะแสดงวิธีการเลือกขนาดของสายพานลีมตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต เช่นเดียวกับในกรณีของสายพานแบน

ในการเลือกขนาดของลือสายพาน บริษัทผู้ผลิตได้แนะนำให้เลือกขนาดของลือสายพานให้โตที่สุดเท่าที่จะทำได้ ขนาดของลือสายพานไม่ควรจะเล็กกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตาราง แต่ข้อควรระวังก็คือ ขณะใช้งานปกติความเร็วของสายพานไม่ควรสูงกว่า 30 m/s

การหาขนาดหน้าตัดโดยประมาณของสายพานลีมสำหรับการส่งกำลัง อาจทำได้แต่ส่งกำลังที่ส่งได้จริงของสายพานจะต้องตรวจสอบจากตารางการกำหนดสมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลีม ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

การเลือกขนาดของสายพานลีมจะแตกต่างไปจากสายพานแบนเล็กน้อย คือ จะใช้วิธีคำนวณหาจำนวนเส้นของสายพานที่ต้องการใช้งานจากกำลังงานที่ต้องการจับและตัวที่จะใช้ประกอบที่ไข่แก้ไขต่าง ๆ จำนวนเส้นของสายพานลีมสามารถหาได้จากสมการที่ 2.33

$$Z = \frac{W_p \cdot N_s}{Pr \cdot N_a \cdot N_l} \dots\dots\dots (2.33)$$

- เมื่อ Z = จำนวนเส้นของสายพานลีม
- W_p = กำลังงานที่ต้องการส่ง
- N_s = ตัวประกอบใช้งานหาค่าได้จากตาราง
- N_a = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส
- N_l = ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน
- P_r = กำลังที่สายพานลีมหนึ่งเส้นส่งได้

$$\text{เมื่อ } Z = \frac{P \cdot N_s}{P_R \cdot N_a \cdot N_l} \dots\dots\dots (2.34)$$

- โดยที่ Z = จำนวนเส้นของสายพานลีม (เส้น)
- P = กำลังงานที่ต้องการส่งของสายพานลีม (วัตต์)
- N_s = ตัวประกอบใช้งานของสายพานลีม (ตัวแปรไร้มิติ)
- N_a = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัสของสายพาน (ตัวแปรไร้มิติ)
- N_l = ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพานลีม (ตัวแปรไร้มิติ)
- P_R = กำลังงานที่สายพานลีมเส้นหนึ่งส่งได้ (วัตต์)

2.6.4 กลศาสตร์ของสายพานลิ่ม

ในการขับเคลื่อนด้วยสายพานลิ่ม แรงปฏิกิริยาระหว่างสายพานกับล้อสายพานจะอยู่ในทิศทางตั้งฉากกับผิวสัมผัสให้ F_n เป็นแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากระหว่างผิวสัมผัสของสายพานกับร่องบนล้อสายพาน ดังนั้นจากสมการ $nF_n = dF$ ของสายพานแบนในกรณีของสายพานลิ่มจะกลายเป็น $2nF_n = dF$ และกำลังที่ส่งได้โดยสายพานลิ่มสามารถหาได้จากสมการที่ 2.35

$$P = (F_1 - F_2) V \dots\dots\dots (2.35)$$

- โดยที่
- P = กำลังที่ส่งได้โดยสายพานลิ่ม (วัตต์)
 - V = ความเร็วของสายพาน (เมตร/วินาที)
 - F_1 = แรงด้านตึง (นิวตัน)
 - F_2 = แรงด้านหย่อน (นิวตัน)

ความยาวพิทช์โดยประมาณของสายพานลิ่ม สามารถหาได้จากสมการที่ 2.36

$$L_p = 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \dots\dots\dots (2.36)$$

- โดยที่
- L_p = ความยาวพิทช์ของสายพานลิ่ม (มิลลิเมตร)
 - D_p = เส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานใหญ่ (มิลลิเมตร)
 - d_p = เส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานเล็ก (มิลลิเมตร)
 - C = ระยะห่างระหว่างล้อสายพานลิ่ม (มิลลิเมตร)

2.6.5 แรงดึงในสายพานลิ่ม

ส่วนต่าง ๆ ของสายพานจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้วความเค้นเหล่านี้ จะประกอบไปด้วยความเค้นดึงเนื่องจากแรงดึงขั้นต้น ความเค้นเนื่องจากการส่งกำลังและแรงหนีศูนย์กลางและความเค้นตัดเนื่องมาจากสายพานเคลื่อนที่ผ่านล้อสายพาน แรงดึงในสายพานลิ่มขณะส่งกำลัง ดังสมการที่ 2.37

$$F = \frac{W v}{V} \dots\dots\dots (2.37)$$

$$F_w = F_1 + F_2 \quad \dots\dots\dots (2.38)$$

ในทางปฏิบัติจะใช้ค่าประมาณของแรงดึงในสายพานจากสมการ

$$F_w = K_1 \cdot F \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad \dots\dots\dots (2.39)$$

มุมสัมผัสของล้อยสายพาน

$$\alpha = \pi + 2 \sin^{-1} \frac{D_p - d_p}{2C} \quad \dots\dots\dots (2.40)$$

โดยที่

F	=	แรงดึงในสายพานที่ขณะส่งกำลัง (นิวตัน)
F _w	=	แรงดึงของสายพาน (นิวตัน)
K ₁	=	ตัวประกอบการใช้งาน (ตัวแปรไร้มิติ)
α	=	มุมสัมผัสของล้อยสายพาน (เรเดียน)

2.6.6 วิธีคำนวณค่าต่าง ๆ ของสายพานลำเลียง

1) แรงดึงในสายพาน

โดยทั่วไปเราจะสนใจเฉพาะค่าแรงดึงสูงสุด F_1 และค่าแรงดึงน้อยที่สุด ที่ปรากฏ F_2 ในสายพานนั้นเท่านั้น วิธีที่จะได้ทราบค่าแรงกดแน่นให้สายพานตึง เราก็จะต้องทราบค่าแรง F_3 และ F_4 ดังสมการไอย์เทลไวน์ที่ 2.41 และ 2.42

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu\alpha} \quad \dots\dots\dots(2.41)$$

$$F_1 = F_U + F_2 \quad \dots\dots\dots (2.42)$$

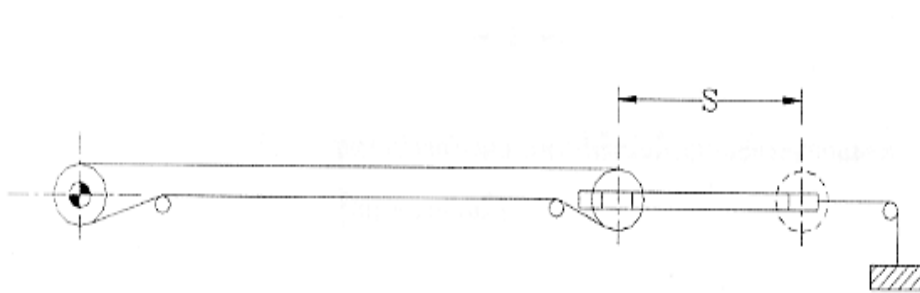
รวมสมการที่ 2.41 และ สมการที่ 2.42 เข้าด้วยกันดังนี้

$$F_2 = F_U \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \quad \dots\dots\dots (2.43)$$

เมื่อ E คือ ค่าคงที่ เท่ากับ 2.718281828

- F_1 คือ ค่าแรงดึงสูงสุดในเนื้อที่สายพาย (กิโลกรัม)
- F_2 คือ ค่าแรงดึงสายพานค่าน้อยที่สุดล่อกลับสายพาน (กิโลนิวตัน)
- F_U คือ แรงขับที่ขอบล่อสายพาน (กิโลกรัม)
- $e^{\mu\alpha}$ คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานล่อสายพาน
- α คือ มุมพับม้วนล่อสายพาน (องศา)

ซึ่งหมายความว่า ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานและมุมพับม้วนสายพานที่กำหนดให้จะต้องใช้แรงกดแน่นสายพานจำนวนหนึ่ง ซึ่งมีค่าเป็นสัดส่วนกับแรงขับที่ขอบล่อสายพาน F_U หากค่ายิ่งโตค่า F_U จะยิ่งโตตาม หรือหากค่าแรงขับที่ขอบล่อสายพานยิ่งเล็กลงแรงกดแน่นสายพานให้ดึงก็จะลดขนาดตามด้วย ดังนั้นหากจะให้แรงกดแน่นสายพานลดน้อยลงก็ควรจะต้องเพิ่มมุมพับม้วนสายพานให้มากขึ้นและเพิ่มสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน μ ให้มากขึ้นด้วย ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 แสดงการกดสายพานให้แน่นดึง

สมการที่ 2.44 มีขอบเขตจำกัดในขณะใช้งานคือ

$$\frac{F_1}{F_2} \leq e^{\mu\alpha} \dots\dots\dots (2.44)$$

โดยสายพานจะยังไม่ลื่นไถลตกออกมาล่อสายพาน วิธีคำนวณหาค่าแรงดึงสูงสุดในสายพาย จึงต้องทราบค่าแรงขับที่ขอบล่อสายพานโดยใช้สมการที่ 2.45 นี้ช่วยคำนวณ

$$F_1 = F_U \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \dots\dots\dots (2.45)$$

วิธีคำนวณค่าแรงดึงที่หัวสายพาน F_3 และ F_4 จากรูปที่ 2.21 สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.46 และสมการที่ 2.47 ดังนี้

$$F_3 = F_4$$

$$F_3 = F_2 + F_{wU} \dots\dots\dots (2.46)$$

$$F_{wU} = f_{ges} \cdot L \cdot (G_B + G_{RU}) \dots\dots\dots (2.47)$$

แรงแทนของชุดลูกกลิ้งมีสายพานต่าง ๆ ชุดบนและชุดล่างรวมกัน

$$F_U = F_{wU} + F_{wO} \dots\dots\dots (2.48)$$

สังเกตจากรูปที่ 2.18 ว่าแรงขับที่ขบล้อสายพาน F_U นั้นมีค่าเท่ากับแรงต้านทานปกติทุกๆ ไป ค่าความต้านทานมีอัตราส่วนดังนี้

$$\frac{F_{wO}}{F_{wU}} = 4 : 7$$

เมื่อ	F_1	คือ ค่าแรงดึงสูงสุดในเนื้อสายพาน มีหน่วยเป็น กิโลนิวตัน
	F_2	คือ แรงดึงสายพานค่าน้อยที่สุด ณ ล้อกลับสายพาน มีหน่วยเป็น กิโลนิวตัน
	F_3	คือ แรงดึงสายพาน ณ ล้อกลับสายพานด้านล่าง มีหน่วยเป็น กิโลนิวตัน
	F_4	คือ แรงดึงสายพาน ณ ล้อกลับสายพานด้านบน มีหน่วยเป็น กิโลนิวตัน
2.6.7	F_{wU}	คือ แรงต้านทานแฉ่นที่ถูกกลิ้งสายพานชุดล่าง มีหน่วยเป็น กิโลนิวตัน
กำลังขับ	f_{ges}	คือ สัมประสิทธิ์แรงอัดรวม
ระบบสายพาน	L	คือ ความยาวการขนถ่าย มีหน่วยเป็นเมตร
วิธี	G_B	คือ น้ำหนักสายพานต่อเมตร มีหน่วยเป็น กิโลนิวตันต่อเมตร
คำนวณขนาด	G_{RU}	คือ น้ำหนักลูกกลิ้งสายพานส่วนล่างขณะหมุนใช้งาน มีหน่วยเป็น
กำลังขับระบบ		กิโลนิวตันต่อเมตร
สายพานนั้น	F_{wO}	คือ แรงต้านทานแฉ่นที่ถูกกลิ้งสายพานชุดบน มีหน่วยเป็น กิโลนิวตัน
กระทำได้หลายวิธี		ซึ่งวิธีที่ถูกต้องแน่นอนที่สุด คือการคำนวณหาความต้านทานของแต่ละตัวต่อการขนถ่าย

ในระบบทั้งหมดแล้วนำมารวมกันแต่ วิธีดังกล่าวจะต้องคำนวณค่าต่าง ๆ มากมายและยุ่งยากมาก วิธีที่สะดวกกว่าคือ คำนวณด้วยสมการที่กำหนดไว้ในมาตรฐานเยอรมัน DIN 22101 ซึ่งจะต้องคำนวณหา ค่าแรงขับที่ล้อยับสายพาน F_U ในค่าของ F_U นี้จะรวมค่าความต้านทานแฉ่นของสายพานเส้นบนกับเส้นล่างไว้ด้วย หากเป็นสายพานลาดเอียงจะต้องพิจารณาระบบขับลาดเอียงของทั้งสายพานและวัสดุขนถ่าย เพิ่มขึ้นอีกเป็นพิเศษ ดังสมการที่ 2.49

$$F_U = f_{ges} \cdot L \cdot \left(G_m + \frac{I_G}{3600 \cdot V} \pm \frac{I_G \cdot H}{3600 \cdot V} \right) \dots\dots\dots (2.49)$$

เมื่อ

- F_U คือ แรงขับที่ขบล้อยับสายพาน มีหน่วยเป็น กิโลนิวตัน
- f_{ges} คือ สัมประสิทธิ์แรงจับรวม
- G_m คือ น้ำหนักของสายพานต่อเมตร และน้ำหนักของลูกกลิ้งหมุน (ทั้งบนและล่าง) มีหน่วยเป็น กิโลนิวตันต่อตารางเมตร
- I_G คือ น้ำหนักปริมาณวัสดุขนถ่าย มีหน่วยเป็น กิโลนิวตันต่อชั่วโมง
- V คือ ความเร็วแฉ่นขนถ่าย มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที
- L คือ ความยาวระบบขนถ่าย วัดเป็นความยาวฉายในแนวตรง มีหน่วยเป็น เมตร
- H คือ ช่วงสูงที่ต้องขนถ่ายสูงขึ้น (+สูงชันขึ้น), (-ลดต่ำลง)

$$f_{ges} = f \cdot C \dots\dots\dots (2.50)$$

เมื่อ f คือ แฟกเตอร์แรงเสียดทาน คิดเป็นค่าความต้านทานไหลรวมจากค่าความต้านทานของวัสดุขนถ่ายและแรงเสียดทาน ณ ลูกกลิ้งรับภาระ

C คือ สัมประสิทธิ์ระบบสายพาน สุดแต่ความยาวของระบบสายพานนั้น ๆ สัมประสิทธิ์นี้ครอบคลุมถึงค่าความต้านทานไหลอื่น ๆ ได้แก่ ความต้านทานขณะสายพานพับม้วนกลับที่ล้อยับสายพาน

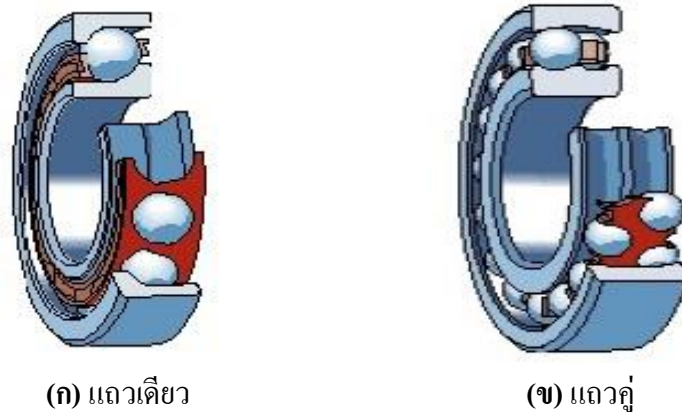
ปกติเรามักคำนวณเพียงค่า PV หรือค่ากำลังที่จะพอดีขับให้สายพานแฉ่นได้ขณะ น้ำหนักสูงสุด ส่วนค่ากำลังขับที่ใช้เร่งสายพานให้เร็วขึ้นส่วนมากไม่ต้องคำนวณหาและทิ้งไปได้ด้วย ลักษณะมอเตอร์ได้สร้างเพื่อข้อนี้ไว้

2.7 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับบอลเบริง

ทฤษฎีที่เกี่ยวกับบอลเบริง[11] บอลเบริงร่องลึก ตัวร่องที่ทำจะอยู่ในแต่ละด้านของวงแหวนด้านใน และด้านนอกของตลับลูกปืนเม็ดกลมร่องลึกและสามารถรับแรงรวมของทั้งแรงรวมในแนวรัศมีและแนวแกนได้ ดังนั้นลูกปืนจึงเหมาะกับการใช้งานที่ใช้ความเร็วสูง

2.7.1 ประเภทของบอลเบริง

- 1) บอลเบริงร่องลึกแถวเดี่ยว มีลูกกลิ้งในตลับเพียงแถวเดียวดังแสดงในรูปที่ 2.19 (ก) สามารถรับแรงในแนวแกนที่จำกัด
- 2) บอลเบริงร่องลึกสองแถว มีลูกกลิ้งอยู่สองแถวดังแสดงในรูปที่ 2.19 (ข) สามารถรับแรงในแนวรัศมีได้มากกว่า และสามารถรับแรงในแนวเฉียงกับตัวเบริงได้



รูปที่ 2.19 บอลเบริงแบบแถวเดี่ยว สองแถว

- 3) บอลเบริงปรับแนวได้เอง บอลเบริงปรับแนวได้เองแบบแถวเดี่ยว รางวิ่งวงแหวนนอกของตัวตลับลูกปืนเม็ดกลมปรับแนวได้เอง มีลักษณะเป็นผิวโค้งซึ่งมีศูนย์กลางร่วมกับแกนของตลับลูกปืนและวงแหวนในของตลับลูกปืนมีรางวิ่งสองรางด้วยกัน มุมจากการเอียงแนวที่ยอมให้ได้เบริงคือประมาณ 0.07 radian ถูกนำมาใช้ในอุปกรณ์การส่งผ่านหรืออุปกรณ์การขับเคลื่อนและอื่นๆ ความสามารถรับแรงในแนวแกนถูกจำกัดและไม่เหมาะกับการรับแรงในแนวแกนมากๆ ได้ ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 บอลเบริงแบบปรับแนวเองได้

4) บอลเบริงสัมผัสเชิงมุม แบบริงชนิดนี้มีรางของวงแหวนในและวงแหวนนอกที่อยู่เยื้องกันในแนวแกนของเพลาเหมาะสำหรับแรงรวม คือรัศมีแรงแนวรัศมีและแรงแนวกระทำพร้อมกัน สำหรับการรับแรงแนวแกนจะสามารถรับแรงได้มากน้อยแค่ไหนก็ขึ้นอยู่กับค่าของมุมสัมผัส ถ้ามุมสัมผัสมากก็จะรับแรงในแนวแกนได้มาก แต่จะรับแรงในแนวรัศมีได้น้อยลงซึ่งมุมสัมผัสนี้ก็คือ มุมระหว่างเส้นที่ลากผ่านจุดสัมผัสของลูกกลิ้งกับรางวิ่ง (แนวแรงที่ถ่ายทอดจากรางหนึ่งไปยังอีกรางหนึ่ง) กับเส้นตั้งฉากของแกนเบริง ซึ่งสามารถแบ่งเบริงชนิดนี้ได้ 3 แบบ คือ

- บอลเบริงสัมผัสเชิงมุมแบบแถวเดี่ยว มีมุมสัมผัสประมาณ 40 องศา สามารถรับแรงในแนวแกนได้เพียงทิศทางเดียว ดังที่ 2.21 (ก)
- บอลเบริงสัมผัสเชิงมุมสองแถว จะมีมุมสัมผัสประมาณ 32 องศา สามารถรับแรงในแนวรัศมีและแรงในแนวแกน ดังรูปที่ 2.21 (ข)
- บอลเบริงสัมผัสที่จุด มีลูกกลิ้งแถวเดียวสามารถรับแรงรุนได้สองทิศทาง มีมุมสัมผัส 35 องศา ดังรูป 2.21 (ค)



(ก) แถวเดี่ยว



(ข) สองแถว



(ค) สี่จุด

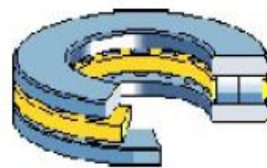
รูปที่ 2.21 บอลเบริงสัมผัสเชิงมุม

5) บอลเบริงกันรุน ออกแบบสำหรับรับแรงในแนวแกน โดยเฉพาะ ถ้ามีแรงในแนวรัศมีอยู่ด้วยแล้วจะต้องใช้เบริงชนิดอื่นช่วยรับแรงนี้ ดังนั้นในกรณีที่มีแรงทั้งสองชนิดอยู่พร้อมกันควรจะเลือกใช้บอลเบริงสัมผัสเชิงมุม และเป็นเบริงที่ไม่เหมาะกับงานความเร็วสูงแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

- บอลเบริงกันรุนทิศทางเดียว ดังรูปที่ 2.22 (ก) สามารถรับแรงในแนวแกนได้ทิศทางเดียว ไม่สามารถรับแรงในแนวรัศมีได้
- บอลเบริงกันรุนสองทิศทาง ดังรูปที่ 2.22 (ข) สามารถรับแรงในแนวแกนได้ทั้งสองทิศทาง แต่ก็ยังไม่สามารถรับแรงในแนวรัศมีเหมือนกัน



(ก) ทิศทางเดียว



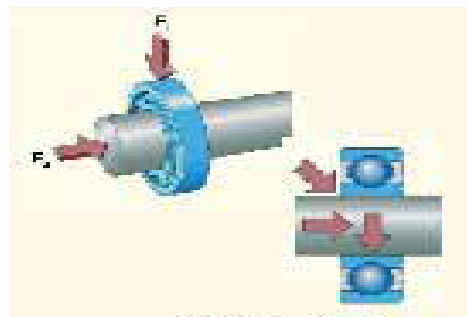
(ข) สองทิศทาง

รูปที่ 2.22 บอลเบริงกันรุน

2.7.2 การพิจารณาเลือกใช้เบริง

1) ขนาด ทิศทาง และชนิดของภาระที่มากกระทำต่อเบริง

- ขนาดของแรงจะเป็นตัวกำหนดการเลือกใช้เบริง ซึ่งแต่ละชนิดจะมีความสามารถไม่เท่ากัน
- ทิศทางของแรง ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 แสดงแรงในแนวแกนและแรงในแนวรัศมี

- แรงในแนวรัศมี แบร็งทั้งหมดยสามารถรับแรงในแนวรัศมีได้ยกเว้นแบร็งกันรุน
- แรงในแนวแกน เหมาะกับแบร็งกันรุนที่สามารถรับแรงในแนวแกนได้เป็นอย่างดี
- แรงรวม ซึ่งจะประกอบด้วยแรงในแนวทั้งสองทิศทาง
- แรงดัด แรงที่กระทำกับแนวเยื้องต่อแนวแบร็งจะทำให้เกิดแรงบิดที่แบร็ง

2) ความเร็ว จะมีผลต่อความร้อนที่เกิดขึ้นกับแบร็ง ซึ่งจะมีความสัมพันธ์ต่อสารหล่อลื่นและวัสดุที่ใช้ทำ

3) อายุการใช้งานของตลับแบร็งที่ต้องการ คือจำนวนรอบ ซึ่งแบร็งจะหมุนก่อนเกิดการเสียหายเนื่องจากเกิดความล้าขึ้นที่วงแหวน หรือลูกกลิ้ง

4) อุณหภูมิภายนอกและผลต่างของอุณหภูมิจะมีผลทำให้แบร็งเกิดความร้อนที่สูงได้

5) ความเที่ยงตรงของแบร็งที่ต้องการ สำหรับงานที่ต้องการความละเอียดในการใช้งานที่มีความเร็วสูง เช่น งานที่เกี่ยวข้องกับงานกลึง

6) ระดับความดังของเสียงที่เกิดขึ้น ซึ่งในบางงานบางอย่างต้องการสมาธิในการทำงาน

7) การยึดของแบร็งและการประกอบของชิ้นส่วนเครื่องจักรกล แบร็งที่สามารถแยกส่วนได้จะทำให้สามารถติดตั้งและถอดออกได้ง่าย

8) ความแข็งแรง ความแข็งแรงบอกลักษณะการยุบตัวของแบร็งขณะรับแรง

9) พิกัดช่องว่างสำหรับแบร็ง สำหรับใช้ในการติดตั้งโดยทั่วไปจะกำหนดขนาดครุของ แบร็งเป็นมิติหลักในการใช้งาน ส่วนกรณีที่มีช่องว่างจำกัดหรือมีพื้นที่น้อย และความสูงที่น้อยควรเลือกใช้บอลแบร็งในการใช้งานเพราะสามารถรับแรงในแนวแกนและแรงในแนวรัศมี

2.7.3 การกำหนดมาตรฐานของแบร็ง

การกำหนดมาตรฐานของแบร็ง ทำให้ผู้ผลิตสามารถผลิตแบร็งได้ราคาถูกลงทำให้ผู้ผลิตสามารถเลือกใช้ได้อย่างสะดวก และทำให้การดูแลรักษาตลอดจนการเก็บแบร็งสำรองกระทำได้ง่าย ด้วยสาเหตุนี้เองสมาคม AFBMA ซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบในการจัดพิมพ์มาตรฐานของแบร็งชนิดต่างๆ จึงร่วมกับสมาคมโรลลิ่งแบร็งอื่นๆ จัดทำมาตรฐานให้เข้ากับองค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (ISO) มาตรฐานนี้จะบอกลักษณะภายนอกของแบร็ง คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทั้งภายนอก-ภายใน และความหนา ส่วนมิติภายในให้เป็นไปตามผู้ผลิตออกแบบ

ประสิทธิภาพของการรับภาระแบบ Dynamic load จะเป็นดัง สมการที่ 2.51

$$L = 10^6 \left(\frac{F_H \cdot C}{F} \right)^x \dots\dots\dots (2.51)$$

- เมื่อ L = อายุการใช้งานกำหนดเป็นจำนวนรอบ
- F_H = แฟกเตอร์ความแข็งแรง ณ อุณหภูมิที่ใช้

ตารางที่ 2.5 แฟกเตอร์ความแข็งที่อุณหภูมิห้องที่ใช้งาน

T	150°C	200°C	250°C	300°C
F_H	1	0.9	0.75	0.6

$$F = XF_r + YF_a \quad \dots\dots\dots (2.52)$$

- เมื่อ C = Dynamic load rating
 X = 3 เมื่อเป็น Baller bearing ทุกชนิด
 = เมื่อเป็น Baller Needle Taper Tonn bearing
 F = Dynamic eqivalant load
 F_R = แรงในแนวรัศมี (kN)
 F_A = แรงในแนวแกน
 X = แฟกเตอร์ของแรงในแนวรัศมี Ball bearing
 Y = แฟกเตอร์ของแรงในแนวรัศมี Ball bearing

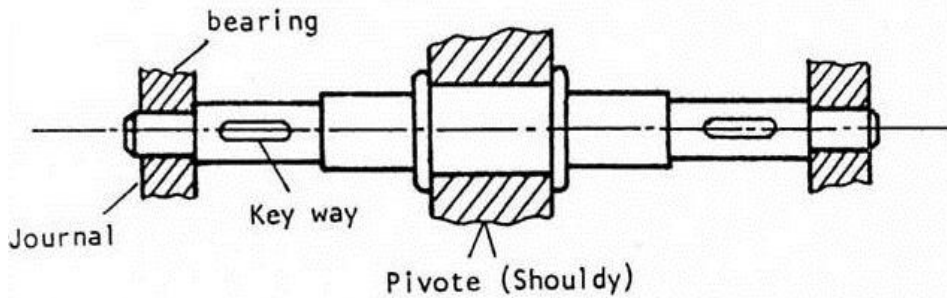
อายุการใช้งานของแบร์ริงเมื่อคิดเป็นชั่วโมงการใช้งาน จะได้สมการ

$$L_n = \frac{L}{n \cdot 60} \quad \dots\dots\dots (2.53)$$

- เมื่อ L_h = อายุการใช้งานกำหนดเป็นแบร์ริง (ชม.)
 L = อายุการใช้งานกำหนด (รอบ)
 n = ความเร็วรอบในการทำงาน

2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบเพลลา [12]

เพลลาเป็นชิ้นส่วนเครื่องมือกล ที่มีความสำคัญของระบบส่งผ่านกำลัง กำลังที่ส่งผ่านเพลลาอยู่ในรูปของ โมเมนต์แรงบิด (Torque) ในการส่งกำลังผ่านระหว่างเพลลาหนึ่งไปยังอีกเพลลาหนึ่งจำเป็นต้องอาศัยตัวกลาง เช่น เฟือง โซ่ สายพาน ฯลฯ ดังนั้นจึงเกิดแรงซึ่งเกิดจากการขบกันของเฟือง แรงเนื่องจากการลุดของโซ่ หรือ แรงดึงของสายพานมากระทำต่อเพลลาอันเป็นผลให้เกิดโมเมนต์ดัด (Bending moments) ขึ้นบนเพลลาด้วย ดังนั้นขณะที่เพลลาทำหน้าที่ส่งผ่านกำลังเพลลาจะรับทั้งโมเมนต์บิดและ โมเมนต์ดัดพร้อมๆกัน ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 เพลาส่งกำลัง

2.8.1 การออกแบบเพลลา

เพลลาเป็นส่วนที่มีอยู่ในเครื่องจักรกลเกือบทุกชนิด ดังนั้นจึงสมควรที่จะได้พิจารณาถึงการออกแบบเพลลา โดยเฉพาะเพลลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามลักษณะของการใช้งานดังต่อไปนี้ คือ

1) เพลลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่มีการหมุนและใช้ในการส่งกำลัง
 2) แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกับเพลลาแต่ไม่มีการหมุน ส่วนมากเป็นตัวยึดรับชิ้นงานที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลลาและแกนที่นิยมเรียกรวมกันว่า “เพลลา” ไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรือหยุดนิ่งก็ตาม

3) สปินเดิล (Spindle) เป็นขนาดสั้นที่ไม่หมุน เช่น เพลลาที่แทนหัวกลึง (Head-Shock Spindle) เป็นต้น

4) สตั๊ปชาฟต์ (Stub Shaft) หรือบางครั้งเรียกว่า เฮดชาฟต์ (Head-Shaft) เป็นเพลลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่น ๆ มีขนาดรูปร่างและส่วนที่ยื่นออกมาสำหรับใช้ต่อกับเพลลาอื่น ๆ

5) เพลลาแนว (Line Shaft) หรือเพลลาส่งกำลัง (Power Transmission Shaft) หรือเพลลาเมน (Main Shaft) เป็นเพลลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง และใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่น ๆ โดยเฉพาะ

6) แจ็คชาฟต์ (Jack Shaft) หรือเพลลาเคาน์เตอร์ชาฟต์ (Counter Shaft) เป็นเพลลาขนาดสั้นที่อยู่ระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลลาเมน หรือเครื่องจักรกล

7) เพลลาอ่อน (Flexible Shaft) เป็นเพลลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งให้ เพลลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเกลียว (Wire Rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้ แต่ส่งกำลังได้น้อย

เพลลาอาจจะรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงตัด หรือแรงหลายอย่างรวมกันได้ ดังนั้นการคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วย แรงเหล่านี้ยังอาจมีการเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลา ทำให้เพลลาเสียหายเพราะความล้าได้ ฉะนั้นจึงต้องออกแบบเพลลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนั้นเพลลาจะต้องมีความแข็งแรง (Rigidity) เพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในเพลลาให้อยู่ในขีดจำกัดที่พอเหมาะ ระยะโก่ง (Deflection) ของเพลลาเป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดของเพลลาเช่นเดียวกัน เพราะ

ถ้าเพลามีระยะ โกงมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุน ทำให้ความเร็ววิกฤต (Critical Speed) ของเพลาลดลง ซึ่งอาจทำให้เพลามีการสั่นอย่างรุนแรงในขณะที่ความเร็วของเพลานเข้าใกล้ความเร็ววิกฤตนี้ได้ ระยะ โกงนี้ยังมีผลต่อการเลือกชนิดของที่รองรับเพล่า เช่น บอลแบร์ริง (Ball Bearing) ก็ต้องมีการเอียงแนว (Misalignment) ในการใช้งานที่พอเหมาะกับเพลาด้วย

2.8.2 วัสดุเพล่า

วัสดุที่ใช้ทำเพล่าโดยทั่วไป คือ เหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความหนาทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้วมักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่น เพื่อใช้ทำเพล่า เช่น 17Cr3 16MnCr5 20MnCr5 ตาม DIN EN 10084 เป็นต้น เพล่าที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโต กว่า 90 มม. มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่งไรก็ตามเพื่อให้เพล่ามีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา ก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

2.8.3 ขนาดของเพล่า

เพื่อให้เพล่ามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดมาตรฐานของเพล่า ซึ่งเป็นขนาดระบุ (Normal Size) ใน ISO/R 775-1969 เอาไว้ให้สำหรับผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบร์ริงที่ใช้รองรับเพล่าด้วยขนาดระบุของเพล่า

2.8.4 การพิจารณาในการออกแบบเพล่า

การคำนวณหาขนาดเพล่าที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานในบางครั้งการหาขนาดเพล่าเพื่อให้เพล่าทนต่อแรงที่มากกระทำอย่างเดียวนั้นไม่เป็นการเพียงพอ เช่น ในกรณีเพลาลูกเบี้ยว ในเครื่องยนต์สันดาปภายในต้องการให้มีตำแหน่งที่เที่ยงตรง ดังนั้นมุมบิดของเพล่าที่เกิดขึ้นในขณะที่ใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ เป็นต้น นั่นคือเพล่าจะต้องมีความแข็งแรงอยู่ในพิสัยที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้วยังอาจก่อให้เกิดความสั่นสะเทือน ซึ่งมีผลทำให้เฟืองหรือแบร์ริงที่รองรับเพล่าอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายถึงแม้ว่า ไม่มีมาตรฐานสำหรับพิสัยมุมบิดของเพล่าไว้ก็ตามในทางปฏิบัติแล้วมักจะให้มุมบิดของเพล่าในเครื่องจักรกลส่งกำลังทั่วไปอาจจะให้มีมุมบิดได้ถึง 1° ต่อความยาวเพล่า 20 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพล่า ในกรณีของเพลาลูกเบี้ยวสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในแล้วจะให้มุมบิดได้ไม่เกิน 0.5° ตลอดความยาวของเพล่าไม่เกิน 0.3° ต่อความยาวเพล่า 1 เมตร สำหรับเพล่าส่งกำลังทั่วไปอาจจะให้มุมบิดได้ถึง 1° ต่อความยาว 20 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพล่า

ความแข็งแรงที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ความแข็งแรงทางด้านระยะ โกง เพราะต้องใช้ระยะ โกงของเพล่าที่อยู่ภายใต้แรงภายนอกเป็นสำคัญ ในการกำหนดระยะเบียด (Clearance) ระหว่างล้อสายพาน เฟืองโครงของเครื่องจักร ตลอดจนการเลือกชนิดของแบร์ริงสำหรับรองรับเพล่าให้เหมาะสม ถ้าเพล่ามีระยะ โกงมากเกินไปจะทำให้ความยาวของฟันเฟืองส่วนที่สัมผัสหรือขบกันลดลงเป็นผลทำให้อัตราการใช้ของเฟืองลดลง ทำอัตราส่งกำลังของเฟืองไม่ราบเรียบเท่าที่ควร การเลือกแบร์ริงมารองรับเพล่าก็เช่นกัน จำเป็นต้องเลือกแบร์ริงชนิดที่อนุญาตให้มีการเอียงแนวสำหรับการใช้งานได้พอเหมาะกับระยะ โกงของเพล่าที่จะเกิดขึ้น ซึ่ง

อาจจะเป็นเบริงแบบธรรมดา หรือเบริงแบบปรับแนวตัวเอง (Self Aligning Bearing) ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับค่าระยะ โกงเป็นสำคัญ

2.8.5 การออกแบบเพลลาสำหรับภาระคงที่ (Static Load)

ในการคำนวณกำลังงานและภาระของเพลลา สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

1) สูตรหาค่ากำลัง สามารถหาได้จากสมการที่ 2.54

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot T \cdot n}{60 \times 1000} \dots\dots\dots (2.54)$$

เมื่อ P = กำลัง (kw)

n = ความเร็วรอบ (rpm)

T = โมเมนต์บิด (Nm)

2) สูตรสำหรับออกแบบเพลลา

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M \cdot \alpha_b}{\pi \cdot \alpha_d}} \quad (\text{สำหรับเพลลารับความเค้นดัด})$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T \cdot \alpha_t}{\pi \cdot \tau_d}} \quad (\text{สำหรับเพลลารับความเค้นเฉือน})$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \cdot \tau_d} \cdot [(M \cdot \alpha_b)^2 + (T \cdot \alpha_t)^2]^{1/2}} \quad (\text{สำหรับเพลลาความเค้นดัดและเฉือน})$$

α_b = แฟกเตอร์แก้ไข โมเมนต์ดัด

α_t = แฟกเตอร์แก้ไข โมเมนต์บิด

ตารางที่ 2.6 ภาระที่กระทำกับเพลลา

ชนิดของภาระ	α_b	α_t
เพลลาอยู่นิ่ง		
- แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ	1.0	1.0
- แรงกระตุก	1.5-2.0	1.5-2.0
เพลลาหมุน	1.5	1.0

- แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ	1.5-2.0	1.0-1.5
- แรงกระตุกเบาๆ	2.0-3.0	1.5-3.0
- แรงกระตุกอย่างแรง		

ตารางที่ 2.7 ความเค้นออกแบบเพลลา

ความเค้นออกแบบ	เพลลาไม่มีร่องลึ้ม	เพลลามีร่องลึ้ม
α_{bd}	$0.6 \times \sigma_y$	$0.7 \times 0.6 \times \sigma_y$
	$0.4 \times \sigma_u$	$0.7 \times 0.4 \times \sigma_u$
α_d	$0.36 \times \sigma_y$	$0.7 \times 0.36 \times \sigma_y$
	$0.18 \times \sigma_u$	$0.7 \times 0.18 \times \sigma_u$

3) สูตรการตรวจสอบความแข็งแรงของเพลลา

$$\beta_k = \frac{1 + (R \cdot \alpha_k - 1) \cdot \eta_k}{b_o} \dots\dots\dots (2.55)$$

เมื่อ β_k = ค่าเพื่อสำหรับ Stress Concentration

η_k = Factor สำหรับวัสดุ

R = Factor สำหรับความละเอียดผิว

α_k = Factor สำหรับลักษณะ รูปร่าง

b_o = Factor สำหรับขนาด

$$\sigma_A = 0.46 \cdot \sigma_u$$

4) ค่าความปลอดภัย

$$\frac{\sigma_{AS}}{\sigma_e} \geq 1.5-2.5 \dots\dots\dots (2.56)$$

ค่า 1.5-2.5 นี้คือ ค่าความปลอดภัย

ตารางที่ 2.8 ขนาดระบุเพลตามมาตรฐาน ISO/R 775-1969

ขนาดระบุของเพลตามมาตรฐาน ISO/R 775-1969					
ลำดับที่	ขนาดระบุ (มม.)	ลำดับที่	ขนาดระบุ (มม.)	ลำดับที่	ขนาดระบุ (มม.)
1	6	16	55	31	160
2	7	17	60	32	170
3	8	18	65	33	180
4	9	19	70	34	190
5	10	20	75	35	200
6	12	21	80	36	220
7	14	22	85	37	240
8	18	23	90	38	260
9	20	24	95	39	280
10	25	25	100	40	300
11	30	26	110	41	320
12	35	27	120	42	340
13	40	28	130	43	360
14	45	29	140	44	380
15	50	30	150	45	400

ตารางที่ 2.9 คุณสมบัติของเหล็กกล้าตามมาตรฐานเยอรมัน (DIN)

Material	Elastic Modulus MN/m ²	Tensile Strength σ_u MN/m ²	Yield Strength σ_y MN/m ²	Shear Strength MN/m ²	Modulus Ridity
St 37	210 000	370	240	140	80 000
St 42	210 000	420	250	160	80 000
St 50	210 000	500	300	200	80 000
St 52	210 000	520	320	200	80 000
St 60	210 000	600	360	220	80 000
St 70	210 000	700	420	260	260
37 Mn Si 5	210 000	1000	750	280	280
Al Cu Mg	72 000	420	280	130	130

2.9 ทฤษฎีเหล็กกล้าไร้สนิม [13]

เหล็กกล้าไร้สนิมหรือสแตนเลสในทางโลหะกรรมถือว่าเป็นโลหะผสมเหล็กที่มีโครเมียม อย่างน้อยที่สุด 10.5% ชื่อในภาษาไทย แปลจากภาษาอังกฤษว่า (stainless steel) เนื่องจากโลหะผสมดังกล่าวไม่เป็นสนิมอันเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยากันระหว่างออกซิเจนในอากาศกับโครเมียมในเนื้อสแตนเลส เกิดเป็นฟิล์มบางๆเคลือบผิวไว้ทำหน้าที่ปกป้องการเกิดความเสียหายให้กับตัวเนื้อสแตนเลสได้เป็นอย่างดี ปกป้องการเกิด (Corrosion) และไม่ขรุขระหรือสึกกร่อนง่ายอย่างโลหะทั่วไปสำหรับในสหรัฐอเมริกาและในหลายประเทศ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการบิน นิยมเรียกโลหะนี้ว่า (Corrosion Resistant Steel) เมื่อไม่ได้ระบุชัดว่าเป็นโลหะผสมชนิดใดและคุณภาพระดับใดแต่ในท้องตลาดเราสามารถพบเห็น สแตนเลสเกรด 18-8 มากที่สุดซึ่งเป็นการระบุถึงธาตุที่เจือลงในเนื้อเหล็กคือ โครเมียม และ นิกเกิลตามลำดับ สแตนเลส ประเภทนี้จัดเป็น (Commercial Grade) คือมีใช้ทั่วไปหาซื้อได้ง่าย มักใช้ทำเครื่องใช้ทั่วไป ซึ่งเราสามารถจำแนกประเภทของสแตนเลสได้จากเลขรหัสที่กำหนดขึ้นตามมาตรฐาน AISI เช่น 304 304L 316 316L เป็นต้น ซึ่งส่วนผสมจะเป็นตัวกำหนดเกรดของสแตนเลส ซึ่งมีความต้องการในการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป สแตนเลสกับการเกิดสนิมปกติ (Stainless steel) จะไม่เป็นสนิมเพราะที่ผิวของมันจะมีฟิล์มโครเมียมออกไซด์บางๆเคลือบผิวอยู่ อันเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยากันระหว่าง (Cr) ใน (Stainless steel) กับออกซิเจนในอากาศ การทำให้ (Stainless steel) เป็นสนิมคือการถูกทำลายฟิล์มโครเมียมออกไซด์ ที่เคลือบผิวออกไปในสภาวะที่ (Stainless steel) สามารถเกิดสนิมได้ ก่อนที่ฟิล์มโครเมียมออกไซด์จะก่อตัวขึ้นมาอีกครั้งเช่น ถ้าสแตนเลสถูกทำให้เกิดรอยขีด

ข่วน แล้วบริเวณรอยนั้นมีความชื้นซึ่งสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยากับธาตุเหล็กก่อนที่ฟิล์มโครเมียมออกไซด์จะก่อตัวขึ้นมาที่จะเป็นสาเหตุให้เกิดสนิมขึ้นได้

2.9.1 ประเภทของสแตนเลส คนโดยทั่วไปจะไม่ทราบว่าสแตนเลสมีกี่ประเภทและมักจะมีการเข้าใจผิดว่า สแตนเลสแท้แม่เหล็กต้องดูไม่ติดแต่จริงๆแล้วการที่แม่เหล็กจะดูดติดหรือไม่ติดนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของสแตนเลส สแตนเลสแบ่งออกเป็นกลุ่มพื้นฐาน ได้ 5 กลุ่มคือ ออสเทนนิติก, เฟอริติก, ดูเพล็กซ์, มาร์เทนซิติก และ กลุ่มเพิ่มความแข็งโดยวิธีการตกผลึก

1) กลุ่มออสเทนนิติก (Austenitic) หรือสแตนเลสตระกูล 300 เป็น เกรดที่ใช้งานแพร่หลายมากที่สุดถึง 70% มีคุณสมบัติที่แม่เหล็กดูดไม่ติด (non-magnetic) มีส่วนผสมของโครเมียม 16%คาร์บอนอย่างมากที่สุด 0.15% มีส่วนผสมของธาตุนิกเกิล 8% เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติในการทำการประกอบ (Fabrication) และเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อน เกรดที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายและนิยมเรียก 18/10 คือการที่มีส่วนผสมของโครเมียม 18% และนิกเกิล 10%

2) กลุ่มเฟอริติก (Ferritic) แม่เหล็กดูดติด (magnetic) มีธาตุคาร์บอนผสมปริมาณที่ต่ำและมีโครเมียมเป็นธาตุผสมหลักที่สำคัญอาจอยู่ระหว่าง 10.5%-27% และมีนิกเกิลเป็นส่วนผสมอยู่น้อยมากหรือไม่เลย

3) กลุ่มมาร์เทนซิติก (Martensitic) แม่เหล็กดูดไม่ติด (magnetic) มีส่วนผสมของโครเมียม 12-14% และมีธาตุคาร์บอนผสมอยู่ปานกลางมีโมลิบดีนัมเป็นส่วนผสมอยู่ 0.2-1% ไม่มีนิกเกิล สแตนเลสตระกูลนี้สามารถปรับความแข็งได้โดยการให้ความร้อนแล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว (Quenching) และอบคืนตัว (Tempering) สามารถลดความแข็งได้ คล้ายกับเหล็กกล้าคาร์บอนและพบการใช้งานที่สำคัญในการผลิตเครื่องตัด, อุตสาหกรรมเครื่องบินและงานวิศวกรรมทั่วไป

4) กลุ่มเพิ่มความแข็งโดยการตกผลึก (Precipitation hardening) เกรดที่เป็นที่รู้จักในตระกูลนี้คือ 17- 4H ซึ่งมีส่วนผสมของโครเมียม 17% และนิกเกิล 4% สามารถเพิ่มความแข็งแรงได้โดยกลไกเพิ่มความแข็งจากการตกผลึก (Precipitation hardening mechanism) โดยสามารถเพิ่มความแข็งแรงสูงมากมีค่าความเค้นพิสูจน์ (Proof stress) อยู่ระหว่าง 1,000 ถึง 1,500 เมก้าปาสกาล (MPa) ขึ้นอยู่กับชนิดและกรรมวิธีปรับปรุงคุณสมบัติด้วยความร้อน (Heat treatment)

5) กลุ่มดูเพล็กซ์ (Duplex) มีโครงสร้างผสมระหว่าง โครงสร้างเฟอริติก และออสเทนนิติกมีโครเมียมเป็นธาตุผสมอยู่ระหว่าง 19-28% และโมลิบดีนัมสูงกว่า 5% และมีนิกเกิลน้อยกว่าตระกูลออสเทนนิติก พบว่ามีการใช้งานมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบรรยากาศแวดล้อมของคลอไรด์

2.9.2 ประโยชน์ของการใช้งานสแตนเลส

1) ใช้ในสิ่งแวดล้อมที่กัดกร่อน (Corrosive Environment)

2) งานอุณหภูมิเย็นจัดป้องกันการแตกเปราะ

3) ใช้งานอุณหภูมิสูง (High temperature) ป้องกันการเกิดคราบออกไซด์ (scale) และยังคงความแข็งแรง

- 4) มีความแข็งแรงสูงเมื่อเทียบกับมวล (High strength vs. mass)
- 5) งานที่ต้องการสุขอนามัย (Hygienic condition) ต้องการความสะอาดสูง
- 6) งานด้านสถาปัตยกรรม (Aesthetic appearance) ไม่เป็นสนิม ไม่ต้องทาสี ไม่ปนเปื้อน (No contamination) ป้องกันการทำ ปฏิกิริยากับสารเร่งปฏิกิริยา
- 7) ด้านทานการขัดถูแบบเปียก (Wet abrasion resistance)

2.9.3 การเลือกใช้หรือซื้อสแตนเลส

การเลือกใช้หรือซื้อสแตนเลส ผู้ซื้อหรือผู้ใช้ควรมีความรู้พื้นฐานสักเล็กน้อยในเรื่องดังต่อไปนี้

- 1) ความรู้เกี่ยวกับวัสดุ - ความรู้จะช่วยการตัดสินใจไม่เกิดปัญหาผิดพลาดและประหยัด ราคา
- 2) ความรู้เรื่องเกรดของวัสดุ - เลือกใช้เกรดวัสดุถูกต้องลดความเสี่ยงช่วย
- 3) ความรู้ในการออกแบบ - การออกแบบที่ดีจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการประกอบ
- 4) ความรู้ในการตกแต่งผิว - การตกแต่งผิวทำให้ดูสวยงามและมีราคาเพิ่มขึ้น
- 5) การประยุกต์ใช้ในงานตกแต่งหรืองานเครื่องใช้ภายในบ้าน - ใช้เป็นอุปกรณ์เครื่องใช้ในบ้านจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงหรือแก้ไข
- 6) การใช้การวางแผนการผลิต - การวางแผนการผลิตจะช่วย ประหยัดค่าใช้จ่ายและเพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์

2.9.4 ผิวของสแตนเลส

No.1- ริดร้อนหรือริดเย็น/อบอ่อนหรือปรับปรุงด้วยความร้อนครบออกไซด์ไม่ได้ขจัดออก หรือใช้งานในสภาพที่ริดออกมาโดยทั่วไปจะใช้งานที่ทนความร้อน

2D-สภาพผิว 2D หลังจากการริดเย็นโดยลดความหนาหลง ผ่านการอบอ่อนและการกัดผิวโดยกรด ลักษณะผิวสีเทาเงินเรียบ 2B- ผิว 2D ที่ผ่านลูกรีดขนาดใหญ่กดทับปรับความเรียบ เพิ่มความเงาผิวเงาสะท้อนปานกลาง ผลิตโดยวิธีการริดเย็น ตามด้วยการอบนำอ่อนขจัดคราบออกไซด์ และนำไปริดเบาๆ ผ่านไปยังลูกกลิ้งขัด ซึ่งเป็นวิธีการทั่วไปของการริดเย็น ผิวที่ได้ส่วนมากจะอยู่ในระดับ 2B,BA-ผ่านกระบวนการริดเย็น โดยความหนาลดลงทีละน้อยๆ ผ่านการอบอ่อนด้วยก๊าซไฮโดรเจน เพื่อป้องกันกันการออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศผิวมันเงาสะท้อนความเงาได้ดีผิวผลิตภัณฑ์สแตนเลส จะกระทำด้วยวิธีนี้ ซึ่งจะมีเครื่องหมาย BA หรือ No.2BA, A ซึ่งผิวอบอ่อนเงาจะมีลักษณะเงากระจก ซึ่งเริ่มต้นจากการริดเย็นอบอ่อนในเตาควบคุมบรรยากาศผิวเงาที่เห็นจะเป็นการขัดผิวด้วยลูกกลิ้งขัดผิวหรือเจียรนัยผิวตามเกรดที่ต้องการผิวอบอ่อนเงาส่วนมากจะใช้กับงานสถาปัตยกรรมที่ต้องการผิวสะท้อนผิวอบอ่อนสีน้ำนมจะไม่สะท้อนแสงเหมือนกับ No.8 จะใช้กับงานที่เป็นขอบชิ้นส่วนทางสถาปัตยกรรมภายในครัวอุปกรณ์ในกระบวนการผลิตอาหาร No.4, Hair Line- สภาพผิว 2B ที่ผ่านการจัดถูด้วยกระดาษทรายเบอร์120-220 โดยค่าความหยาบขึ้นอยู่กับแรงกด,ขนาดของอนุภาคเม็ดทรายและระยะเวลาการใช้งานของกระดาษทรายผิว No.4 เป็นสภาพผิวที่สนองต่อการนำไปใช้งานทั่วไปเช่นร้านอาหารอุปกรณ์เครื่องใช้ในครัว อุปกรณ์รีดนม No.8- สภาพผิว 2B,BA ขัดด้วยผ้าขัดอย่างละเอียดมากขึ้นตามลำดับเช่น#1000, ผ้าขนสัตว์โดยมีผงขัดอะลูมิเนียมและโครเมียม

ออกไซด์ผิว No.8 ส่วนมากจะเป็นผิวเงาสะท้อนคล้ายกระจกเงาผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะเป็นสแตนเลสชนิดแผ่นโดยผิวจะถูกขัดด้วยเครื่องขัดละเอียดนำไปใช้กับงานตกแต่งทางด้านสถาปัตยกรรม และงานที่เน้นความสวยงาม

2.9.5 การกัดกร่อน

สแตนเลสเป็นวัสดุที่ทนและต้านทานการกัดกร่อน อย่างไรก็ตามมีสแตนเลสหลายตระกูลที่สามารถต้านทานการกัดกร่อนได้ดีเลิศในประเด็นการใช้งานที่ต่างกันซึ่งต้องเลือกไปใช้ในงานผลิตหรืองานประกอบโครงสร้างในงานอุตสาหกรรมต่างๆ อย่างระมัดระวัง

1) การกัดกร่อนทั่วไป (General corrosion)

เป็นการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นตลอดทั่วผิวน้ำ (Uniform attack) การกัดกร่อนแบบนี้มีอันตรายน้อยเพราะว่าสามารถวัด และทำนายการกัดกร่อนที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าได้ การกัดกร่อนแบบนี้จะเกิดขึ้นกับสแตนเลสในสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการกัดกร่อนในอัตราที่ต่ำมาก

2) การกัดกร่อนเนื่องจากความต่างศักย์ไฟฟ้า (Galvanic corrosion) เป็นการกัดกร่อนที่เกิดจากโลหะ 2 ชนิดที่มีศักย์ทางไฟฟ้าแตกต่างกันมาอยู่ติดกัน จุ่มอยู่ในสารละลายที่มีฤทธิ์กัดกร่อนเดียวกัน สแตนเลสจะเป็นโลหะที่มีศักย์สูงกว่าดังนั้นอัตราการกัดกร่อนแบบกัลวานิกมักจะไม่น้อยเพิ่มขึ้นในสแตนเลส

3) การกัดกร่อนแบบสึกกร่อนเนื่องจากการไหลของสารละลายที่มีฤทธิ์กัดกร่อนสูง (Erosion corrosion) การกัดกร่อนเนื่องจากการขัดถู (Abrasion corrosion) การกัดกร่อนแบบErosion/abrasion เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างการสึกหรอทางกลกับการกัดกร่อนจากสารละลายผงหรือเศษที่หลุดมาจากการขัดถู จะแขวนลอยอยู่ในสารละลาย และไหลด้วยความเร็วสูงจะทำให้ผิวน้ำสัมผัสมีอัตราการกัดกร่อนสูง สแตนเลสจะมีความต้านทานการกัดกร่อนแบบสึกกร่อนหรือแบบขัดถูสูงเนื่องจากมีฟิล์มถาวรที่ยึดแน่นและสร้างทดแทนขึ้นที่ผิวน้ำสม่ำเสมอ

4) การกัดกร่อนตามขอบเกรน (Intergranular corrosion) การกัดกร่อนตามขอบเกรนเกิดขึ้นเนื่องจากการตกผลึกของโครเมียมคาร์ไบด์บริเวณขอบเกรน C. ทำให้ขอบเกรนมีปริมาณโครเมียมลดลง 850° ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 450° มีความต้านทานการกัดกร่อน ตามแนวขอบ เกรนต่ำเกินไปโดยการเลือกใช้วัสดุเกรด“L”หรือเกรดที่ช่วยให้โครงสร้างเสถียร (Stabilized grade) และต้องระวังไม่ให้เกิดการกัดกร่อนตามขอบเกรนระหว่างการเชื่อมประกอบ โครงสร้าง

5) การกัดกร่อนแบบสนิมขุม (Pitting corrosion) การกัดแบบเป็นจุดหรือแบบสนิมขุมเป็นการกัดกร่อนเฉพาะที่เป็นอันตรายมาก ซึ่งมีผลทำให้เกิดการกัดกร่อนที่ผิวน้ำเป็นรูเล็กๆหรือเป็นรูทะลุตลอดเนื้อวัสดุแต่สามารถวัดการสูญเสียเนื้อวัสดุได้น้อยสิ่งแวดล้อมที่มีการกัดกร่อนแบบสนิมขุม ส่วนมากจะเป็นสารละลายที่มีไอออนคลอไรด์ (Chloride ion) จะเป็นตำแหน่งที่ฟิล์มถาวรจะถูกทำลายได้ง่ายที่สุดในสิ่งแวดล้อมเช่นนี้ควรที่จะเลือกใช้วัสดุด้วยความระมัดระวัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสารละลายของกรดที่มีอุณหภูมิสูงถ้าเงื่อนไขที่จะทำให้เกิดการกัดกร่อนแบบสนิมขุมไม่สามารถแก้ไขได้ให้แก้ไขโดยการเลือกใช้โลหะผสมที่ต้านทานการกัดกร่อนสูงกว่าเช่น สแตนเลสเกรดดูเพล็กซ์และเกรดอื่นๆที่สามารถแก้ไขปัญหาได้

6) การกัดกร่อนในพื้นที่อับหรือถูกปกปิด (Crevice corrosion) การกัดแบบนี้เกิดขึ้นที่ผิวหน้าส่วนที่ถูกปิดหรือกอดทับของสแตนเลส มีผลทำให้ปิดกั้นออกซิเจนไม่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชันสร้างฟิล์มออกไซด์ได้ ทำให้ฟิล์มป้องกันมีแนวโน้มที่จะแตกหรือถูกทำลายลงในพื้นที่อับนี้ ดังนั้นในสภาวะการใช้งานต้องหลีกเลี่ยงการมีพื้นที่อับ

7) การกัดกร่อนในสภาพแวดล้อมที่มีจุลชีพ (Microbiologically Induced Corrosion: MIC) การกัดกร่อนที่เป็นผลมาจากจุลชีพเกิดจากแบคทีเรียที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมเกาะติดที่ผิวหน้าของสแตนเลสทำให้บริเวณนั้นปิดกั้นออกซิเจนดังนั้นเงื่อนไขในการกัดกร่อนจึงคล้ายกับแบบ Crevice แบคทีเรียจึงทำให้สถานการณ์การกัดกร่อนเลวร้ายลง

2.9.6 เกร็ดความรู้ในการใช้สแตนเลส

1) ค่าการนำความร้อน (Thermal conductivity) สแตนเลสทุกชนิดจะมีค่าการนำความร้อนต่ำกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนมาก สแตนเลสเกรดที่มีส่วนผสมโครเมียมอย่างเดียว (plain chromium steel) มีค่าการนำความร้อน $\pm 1/3$ และเกรดออสเทนนิติกมีค่าการนำความร้อน $+ 1/4$ ของเหล็กกล้าคาร์บอนทำให้มีผลต่อการใช้งานที่อุณหภูมิสูงเช่นมีผลต่อการควบคุมปริมาณความร้อนเข้าระหว่างการเชื่อม, ต้องให้ความร้อนเป็นระยะเวลานานขึ้น เมื่อต้องทำงานขึ้นรูปร้อน

2) สัมประสิทธิ์การขยายตัว (Expansion coefficient) สแตนเลสเกรดที่มีส่วนผสมโครเมียมอย่างเดียวมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวคล้ายกับเหล็กกล้าคาร์บอนแต่เกรดออสเทนนิติกจะมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวสูงกว่าเหล็กกล้าคาร์บอน $1\frac{1}{2}$ เท่าการที่สแตนเลสมีการขยายตัวสูงแต่มีค่าการนำความร้อนต่ำทำให้ต้องหามาตรการป้องกันเพื่อหลีกเลี่ยงผลเสียหายที่ตามมาเช่นใช้ปริมาณความร้อนในการเชื่อมต่ำ, กระจายความร้อนออกโดยใช้แท่งทองแดงรองหลัง, การจับยึดป้องกันการบิดงอ ปัจจัยเหล่านี้ต้องพิจารณาการใช้งานร่วมกันของวัสดุเช่นท่อแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) ระหว่างเปลือกโครงสร้างเหล็กกล้าคาร์บอนและท่อออสเทนนิติก เป็นต้น

3) ฟิล์มป้องกันและการสร้างฟิล์ม (Passive film) สแตนเลสจะมีฟิล์มบางๆ ด้านทานการกัดกร่อน จำเป็นต้องรักษาความสมบูรณ์ของฟิล์มป้องกัน ดังนี้

- หลีกเลี่ยงความเสียหายหรือการสัมผัสรุนแรงทางกล
- ซ่อมปรับปรุงพื้นที่ที่มีผลต่อการเสียหายเช่นบริเวณที่เกิดสะเก็ดหรือคราบออกไซด์ เนื่องจากอุณหภูมิสูง ใกล้เคียงกับแนวเชื่อม, บริเวณที่เกิดความเสียหายทางกลหรือมีการเจียรไน, มีการปนเปื้อน โดยวิธีการสร้างฟิล์มป้องกัน (passivation) อย่างเดียวหรือใช้ทั้งวิธีการแช่กรดเพื่อกำจัดคราบจากออกไซด์ (pickling) หรือการแช่กรดหรือทาน้ำยาสร้างฟิล์มออกไซด์ (passivation) ที่ผิวเหล็กกล้าสแตนเลส
- แน่ใจว่ามีออกซิเจนเพียงพอและสม่ำเสมอที่สร้างออกไซด์ที่ผิวของ เหล็กกล้าสแตนเลสได้

4) การเสียหายที่ผิวเนื่องจากการเสียดสีที่ผิวโลหะกับโลหะอย่างรุนแรง (Galling/pick up / seizing) ผิวหน้าสแตนเลสมีแนวโน้มที่จะเกิดการเสียหายเนื่องจากการเสียดสีอย่างรุนแรงต้องหลีกเลี่ยงและระมัดระวังความเสียหายที่จะเกิดขึ้นดังกล่าว โดยสำหรับผิวหน้าที่มีการเสียดสีกันตลอดเวลา ควรใช้ Load หรือแรงเสียดสีต่ำสุดและต้องแน่ใจว่าการเสียดสีไม่สร้างความร้อน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ในการดำเนินโครงการการออกแบบและสร้างเครื่องสลัดน้ำจากหนังปลา คณะผู้วิจัยสามารถดำเนินงานได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว ซึ่งเกิดจากการกำหนดแผนการและขั้นตอนการดำเนินโครงการที่มีระบบแบบแผนเป็นตัวช่วยบังคับให้สามารถดำเนินการเสร็จสิ้นตามระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งในการออกแบบและสร้างเครื่องสลัดน้ำจากหนังปลาได้มีแผนการหรือตารางในการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้

3.1 แผนการดำเนินงาน

เนื่องจากจุดประสงค์ของโครงการ ต้องการให้เครื่องสลัดน้ำจากหนังปลาสามารถใช้งานได้จริง จึงต้องมีการวางแผนการดำเนินงานตามขั้นตอนการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้

3.1.1 การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการทำหนังปลากรอบ และวิธีการทำให้หนังปลาแห้งตามกรรมวิธีที่ใช้ทั่วไป

3.1.2 ออกแบบและเขียนแบบสำหรับสร้างเครื่องจำลองเพื่อทดสอบผล

3.1.3 ออกแบบเครื่องสลัดน้ำจากหนังปลา

3.1.4 ทดสอบการทำงานของเครื่องเบื้องต้นในการทำให้หนังปลาแห้ง เพื่อหาอัตราการผลิตและประสิทธิภาพของหนังปลาที่ได้จากเครื่อง

3.1.5 สรุปผลการดำเนินการ

3.2 การคำนวณและการออกแบบ

3.2.1 หาแรงบิดที่ใช้ขับเคลื่อน[3]

น้ำหนักต่ำสุดที่ทำให้ชุดถังปั่นเคลื่อนที่ เท่ากับ 10 กิโลกรัมและน้ำหนักของถังปั่น 5 กิโลกรัม ซึ่งได้จากการทดสอบจากน้ำหนักที่ทราบค่า

$$\text{จากสมการที่ 2.4 } T = F \times r$$

เมื่อ T คือ โมเมนต์แรงบิด(นิวตันเมตร)

F คือ แรง (นิวตัน)

r คือ รัศมีของถังปั่น(เมตร)

$$\text{เนื่องจาก } F = mg$$

$$F = 15(\text{กิโลกรัม}) \times 9.81(\text{เมตรต่อวินาที}^2)$$

$$F = 147.15 \text{ นิวตัน}$$

$$\therefore T = 147.15(\text{นิวตัน}) \times 0.2\text{เมตร}$$

$$T = 29.43 \text{ นิวตันเมตร}$$

ดังนั้น แรงบิดที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 29.43 นิวตัน โดยที่ถังป้อนมีน้ำหนัก 5 กิโลกรัม ผนังปลาที่ใช้ในการป้อนมีน้ำหนัก 10 กิโลกรัม และรัศมีของถังป้อน 0.2 เมตร

3.2.2 การหาพูลเลย์ของถังป้อน(พูลเลย์ตัวตาม)

$$\text{จากสมการที่ 2.15 } \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

เมื่อ	d_1	คือ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูลเลย์ตัวขับ (มิลลิเมตร)
	d_2	คือ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูลเลย์ตัวตาม (มิลลิเมตร)
	n_1	คือ	ความเร็วรอบของพูลเลย์ตัวขับ (รอบต่อนาที)
	n_2	คือ	ความเร็วรอบของพูลเลย์ตัวตาม (รอบต่อนาที)

$$\text{พูลเลย์ตัวขับ}(d_1) = 1 \text{ นิ้ว}(25.4 \text{ มิลลิเมตร})$$

$$\text{ความเร็วรอบของพูลเลย์ตัวขับ}(n_1) = 900 \text{ รอบ/นาที}$$

$$\text{ความเร็วรอบพูลเลย์ตัวตาม}(n_2) = 450 \text{ รอบ/นาที}$$

$$\text{จาก } \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$d_2 n_2 = d_1 n_1$$

$$d_2 \times 450 = 25.4 \times 900$$

$$d_2 = 50.8 \text{ มิลลิเมตร}$$

ดังนั้น เลือกใช้ขนาดพูลเลย์ที่ถังป้อนขนาด 2 นิ้ว (50.8 มิลลิเมตร)

3.2.3 การหาคำล้งของมอเตอร์

$$\text{จากสมการที่ 2.5 } P = \frac{2\pi Tn}{60}$$

เมื่อ	P	คือ	กำลังที่เพลารับแรงจากมอเตอร์ (วัตต์)
	T	คือ	โมเมนต์แรงบิด (นิวตันเมตร)
	n	คือ	ความเร็วรอบของเพลลา (รอบต่อนาที)

$$\text{กำหนดความเร็วรอบของเพลลา}(n) = 900 \text{ รอบ/นาที}$$

$$\text{โมเมนต์แรงบิด}(T) = 29.43 \text{ นิวตันเมตร}$$

$$\text{จาก } P = \frac{2\pi Tn}{60}$$

$$= \frac{2\pi \times 29.43 \times 900}{60}$$

$$= 2773.71 \text{ วัตต์}$$

เปลี่ยนหน่วยจากวัตต์ให้เป็นแรงม้า โดยที่ 1 แรงม้า เท่ากับ 746 วัตต์ เพราะฉะนั้นจะได้กำลังมอเตอร์

$$P = 2773.71/746$$

$$= 3.71 \text{ แรงม้า}$$

ดังนั้น เลือกใช้ขนาดมอเตอร์ที่มีกำลังมอเตอร์ 4 แรงม้า

3.2.4 การหาความยาวสายพาน

$$\text{จากสมการที่ 2.16 } L = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 + D_1)^2}{4C}$$

เมื่อ	L	คือ	ความยาวพิทช์ของสายพาน(มิลลิเมตร)
	C	คือ	ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อขับและล้อตาม(มิลลิเมตร)
	D ₁	คือ	เส้นผ่าศูนย์กลางของล้อขับ(มิลลิเมตร)
	D ₂	คือ	เส้นผ่าศูนย์กลางของล้อตาม(มิลลิเมตร)

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อขับและล้อตาม(C) = 47 เซนติเมตร

เส้นผ่าศูนย์กลางของล้อขับ(D₁) = 25.4 มิลลิเมตร

เส้นผ่าศูนย์กลางของล้อตาม(D₂) = 50.8 มิลลิเมตร

$$\text{จาก } L = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + [(D_2 + D_1)^2/4C]$$

$$= 2(470) + 1.57(50.8 + 25.4) + [(50.8 + 25.4)^2/4(470)]$$

$$= 1062.72 \text{ มิลลิเมตร}$$

3.2.5 การหาขนาดของเพลลา

$$\text{จากสมการ } T_{\max} = (\pi D^3/16) \times \tau_d$$

เมื่อ	T _{max}	คือ	โมเมนต์แรงบิด(นิวตันมิลลิเมตร)
	D	คือ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลลา(มิลลิเมตร)
	τ _d	คือ	ความเค้นเฉือนออกแบบ(นิวตัน/มิลลิเมตร ²)

$$\text{โมเมนต์แรงบิด}(T_{\max}) = 29.43 \text{ นิวตันเมตร}$$

$$= 29.43 \times 1000 \text{ นิวตันมิลลิเมตร}$$

เนื่องจากการออกแบบเพลลาเลือกใช้เหล็ก St 37 มีความต้านทานแรงดึงสูงสุด 140 นิวตัน/มิลลิเมตร² และเลือกใช้ค่าความปลอดภัย (N_y)=2

$$\text{ความเค้นเฉือนออกแบบ } (\tau_d) = 140/2$$

$$\tau_d = 70 \text{ นิวตัน/มิลลิเมตร}^2$$

$$\text{จาก } T_{\max} = (\pi D^3/16) \times \tau_d$$

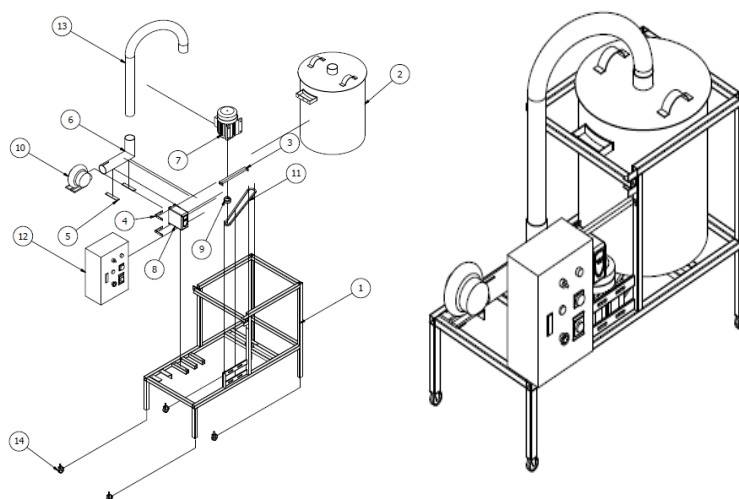
$$29.43 \times 1000 = (\pi D^3/16) \times 70$$

$$D = 12.89 \text{ มิลลิเมตร}$$

ดังนั้น ขนาดเพลานำมาใช้งานจึงมีขนาด 13 มิลลิเมตร

3.2.6 การออกแบบเครื่องสลัดน้ำจากหนังปลา

เริ่มจากการศึกษาระบบการทำงานของถังปั่นเครื่องซักผ้า เพื่อดูกลไกการทำงาน ชิ้นส่วนหลักที่ใช้ในการประกอบเป็นตัวเครื่อง ขนาดความจุของถังที่สามารถปั่นได้ใน 1 ครั้ง จากนั้นจึงทำการออกแบบและเขียนแบบเครื่องสลัดน้ำจากหนังปลา ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงการออกแบบเครื่อง

ตารางที่ 3.1 แสดงชิ้นส่วนของเครื่อง

ชิ้นที่	รายการ	ขนาด	จำนวน
1	โครงเครื่อง	560x1175x880	1
2	ชุดถังปั่น	Ø600x602	1
3	เหล็กยึดตู้คอลโทล	19x280x3	1
4	ตัวยึดอินเวอร์เตอร์	80x80x3	2
5	ขาท่อฮีสเตอร์	25x130x3	2
6	ท่อฮีสเตอร์	Ø3"x526x2	1
7	มอเตอร์ 3 เฟส	1 แรงม้า	1
8	อินเวอร์เตอร์	STD	1
9	พูลเลย์	1" ,2"	1,1
10	Blower	2"	1
11	สายพาน	STD	1

12	ตู้คอดโทรล	STD	1
13	ท่อลมร้อน	3"	1
14	ล้อ	Ø50	4

3.3 การดำเนินการสร้างและการทดลอง

3.3.1 การสร้างเครื่องสลัดน้ำจากหนังปลา

1) การสร้างโครงเครื่อง

การสร้างโครงเครื่อง เริ่มจากการเลือกวัสดุที่จะใช้เป็นโครงเครื่อง ซึ่งได้ทำการเลือกเหล็กชนิด Si-37 เป็นประเภทเหล็กกล้าคาร์บอน มีขนาด 30x30 มม. เหมาะสำหรับโครงสร้างเหล็กเชื่อม ประกอบสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างอาคาร สะพานเหล็กงานต่อเรือ และโครงสร้างยานยนต์ และสามารถทนแรงดึงได้ 37 กก./มม รวมทั้งสะดวกในการหาซื้อ หลังจากนั้น จึงทำการเชื่อมเหล็กเป็นโครง โดยเชื่อมต่อแบบตั้งฉากและต่อแบบขนาน ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะของโครงเครื่อง

2) การทำชุดถังปั่น

การทำชุดถังปั่น แบ่งออกเป็น 2 ถัง คือ ถังภายนอกและ ถังภายใน โดยทั้งสองส่วนมีการเลือกใช้วัสดุที่ต่างกัน ดังนี้

- ถังภายนอก ทำจากเหล็กสังกะสี มีความหนา 2 มม. โดยการม้วนขึ้นรูป โดยมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง 500 มม. สูง 600 มม.
- ถังภายใน(ถังปั่น) ทำจากสแตนเลส AISI 304 มีลักษณะเป็นตะแกรงสแตนเลส มีขนาดรู 2 มม.มีความหนา 2 มม. ม้วนขึ้นรูป โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 400 มม. สูง 550 มม. ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของถังภายนอกและถังภายใน(ถังปั่น)

3) ฝาถัง

ฝาถัง ทำจากเหล็กสังกะสี มีความหนา 2 มม. โดยการเชื่อม spot มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 492 มม. สูง 77 มม. เจาะรูกลางฝา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว สูง 50 มม. เพื่อใส่ท่อภายในการเป่าลมร้อน ที่มาจาก Blower มีที่จับสำหรับเปิดฝา 2 ตำแหน่ง โดยมีรัศมีความโค้ง 56 มม. กว้าง 40 มม. ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะของฝาถัง

4) การจัดซื้อและติดตั้งวัสดุมาตรฐาน

- มอเตอร์ เป็นมอเตอร์ 3 เฟส มีกำลังไฟฟ้า 746 วัตต์ หรือ 1 แรงม้า ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงมอเตอร์

- พูลเลย์ 2 ตัว ขนาด 1 นิ้ว สำหรับติดตั้งที่มอเตอร์ และ 2 นิ้ว สำหรับติดตั้งที่ เพลาของ ถังปั่น ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะของพูลเลย์และตำแหน่งที่ติดตั้ง

- Blower มีขนาดท่อลมออก 2 นิ้ว ต่อกับ heater ท่อ ที่สามารถให้ความร้อนระหว่าง 0 – 80 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะของ Blower และการต่อกับท่อยาง

- ตู้ Control และ Inverter สามารถควบคุมความเร็ว เวลา และอุณหภูมิ ในการทำงาน ดังรูปที่ 3.8 และ 3.9



รูปที่ 3.8 แสดงลักษณะของตู้ Control



รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะของ Inventor สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์

จากนั้น นำวัสดุต่างๆข้างต้น มาติดตั้งในตำแหน่งต่างๆ ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงเครื่องสลัดน้ำจากหนังปลา

3.3.2 การทดลอง

1) การเตรียมหนังปลา หนังปลาที่เลือกใช้เป็นหนังปลาที่ได้จากปลาเยือก ซึ่งลักษณะพิเศษคือหนังปลามีความเหนียวและหาซื้อได้ง่าย โดยการนำหนังปลาที่ได้มาขูดเกล็ดออกและล้างทำความสะอาด ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงลักษณะของปลาที่สด และการขูดเกล็ดปลา

2) นำหนังปลาที่ขูดเกล็ดแล้ว แบ่งเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 ใช้สำหรับการตากแดด โดยใช้เวลาในการตากแดด 1 วัน ส่วนที่ 2 ใช้สำหรับทดลองในเครื่องสกัดน้ำจากหนังปลา โดยมีการกำหนดความเร็ว อุณหภูมิ ที่ต่างกัน โดยใช้เวลาในการปั่น 15 นาที แล้วจึงนำหนังปลาที่ได้คั้นทิ้งไว้ เป็นระยะเวลา 20 นาที เพื่อหาค่าที่ทำให้หนังปลามีความชื้นน้อยที่สุด ดังรูปที่ 3.12 และ 3.13



รูปที่ 3.12 แสดงการตากหนังปลาใน 1 วัน

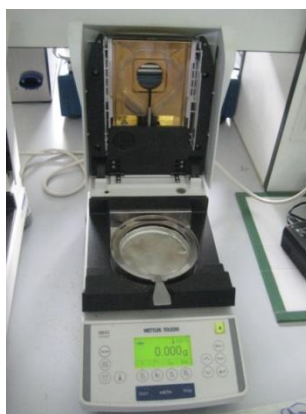


รูปที่ 3.13 แสดงการปั่นหนังปลาโดยใช้เครื่องสกัดน้ำจากหนังปลา



รูปที่ 3.14 แสดงหนังปลาที่ป่นแล้วคลี่วางทิ้งไว้ 20 นาที

3) การวัดความชื้น นำหนังปลาที่ได้จากการตากแดด และป่นที่ความเร็ว และอุณหภูมิที่ต่างกัน ทดสอบความชื้นด้วยเครื่อง "Ohaus" รุ่น MB-45 ดังรูป ที่ 3.15



รูปที่ 3.15 แสดงเครื่องวัดความชื้น "Ohaus" รุ่น MB-45

โดยมีวิธีการดำเนินงานดังนี้

- นำหนังปลาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ
- นำหนังปลาที่ตัดแล้วใส่ในเครื่อง
- ปิดฝาเครื่อง กดเริ่มการทำงาน และรอค่าความชื้นที่ปรากฏบนจอเครื่อง



รูปที่ 3.16 แสดงวิธีการตัดหนังปลาเป็นชิ้นเล็กๆ



รูปที่ 3.17 แสดงการนำหนังปลาเข้าเครื่องวัดความชื้น



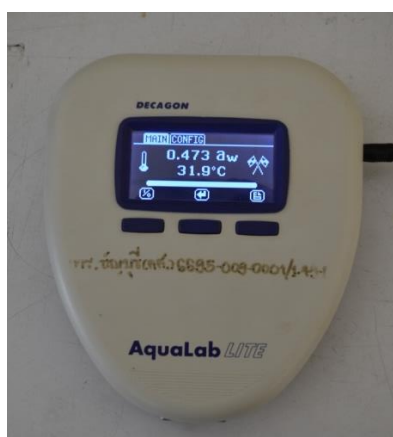
รูปที่ 3.18 เครื่องกำลังทำงาน

นอกจากนี้ได้นำหนังปลาแห้งที่ได้จากการปั่นไปวัดหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ (a_w) โดยค่ามาตรฐานของอาหารแห้งจะมีค่า a_w น้อยกว่า 0.6

- ค่าที่วัดได้จากการตากแดด มีค่าเท่ากับ 0.582
 - ค่าที่วัดได้จากการปั่น แล้วนำไปตากแดด 20 นาที มีค่าเท่ากับ 0.473
- ผังรูปที่ 3.19 และ 3.20



รูปที่ 3.19 แสดงค่า a_w จากการตากแดด



รูปที่ 3.20 แสดงค่า a_w จากการปั่น แล้วนำไปตากแดด 20 นาที

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

หลังจากที่ได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องสลัดน้ำจากหนังปลา จึงทำการทดลองหาค่าความเร็ว อุณหภูมิ และความชื้นที่มีในหนังปลาในค่าที่กำหนดขึ้น โดยการนำมาเปรียบเทียบกับหนังปลาที่ตากแดด 1 วัน ซึ่งสามารถนำผลที่ได้จากการทดลองคำนวณหาค่าของจุดกึ่งอุณหภูมิที่ผลิตต่อวัน และกำไรที่เกิดขึ้น ระหว่างการผลิตหนังปลาแห้งโดยวิธีการตากแดดกับการใช้เครื่องสลัดน้ำจากหนังปลาที่ผลิตขึ้น จึงสามารถสรุปผลการดำเนินโครงการได้ดังนี้

4.1 ผลการดำเนินงาน

4.1.1 จากการทดลองการนำหนังปลามาตากแดด มีขั้นตอนดังนี้ดัง

- 1) นำหนังปลามาขูดเกล็ดออก
- 2) นำหนังปลาที่ขูดเกล็ดแล้วมาล้างน้ำสะอาด 3 ครั้ง
- 3) นำน้ำซาวข้าวที่ค้างคืน 1 คืน มาแช่หนังปลา 5 นาที เพื่อดับกลิ่นคาว
- 4) นำหนังปลาที่แช่น้ำซาวข้าวแล้ว มาล้างน้ำสะอาด 2 ครั้ง
- 5) นำหนังปลาไปคลุกเคล้ากับเครื่องปรุง
- 6) นำหนังปลาที่คลุกเคล้ากับเครื่องปรุงแล้วไปตากแดด 1 วัน
- 7) สุ่มหนังปลาที่ตากแดดแล้วมาวัดความชื้น

โดยการทดลองนี้ได้ใช้หนังปลา 10 กิโลกรัม ในการตากแดด แล้วสุ่มหนังปลามาวัดความชื้นครั้งละ 200 กรัม แล้วนำมาหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวัดค่าความชื้นของหนังปลาที่ตากแดด 1 วัน

ครั้งที่	%ความชื้นของหนังปลา	
	ก่อน	หลัง
1	82.11	18.18
2	75.26	15.58
3	84.55	16.44
4	88.34	17.23
เฉลี่ย	82.57	16.86

4.1.2 การทดลองเครื่องสลัดน้ำจากหนังปลา โดยการทดลองจะทำการเปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนถังปั่น โดยเริ่มความเร็วที่ 300,450,600,750 และ 900 รอบ/นาที โดยใช้หนังปลาในการปั่น 20 กิโลกรัม เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำมาหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของหนังปลาเพื่อหาความเร็วรอบที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นของหนังปลาค่ำสุดโดยไม่ใช้อีสเตอร์ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความเร็วที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นของหนังปลาค่ำสุดโดยไม่ใช้อีสเตอร์

ความเร็ว (rpm)	ครั้งที่	%ความชื้นของหนังปลา	
		ก่อน	หลัง
300	1	83.02	64.34
	2	79.71	62.44
	3	77.31	63.45
	เฉลี่ย	80.01	63.41
450	1	83.02	56.23
	2	79.71	60.34
	3	77.31	57.45
	เฉลี่ย	80.01	58.01
600★	1	83.02	30.67
	2	79.71	34.55
	3	77.31	35.78
	เฉลี่ย	80.01	33.67
750	1	83.02	31.75
	2	79.71	34.12
	3	77.31	31.10
	เฉลี่ย	80.01	32.32
900	1	83.02	29.56
	2	79.71	28.05
	3	77.31	28.94
	เฉลี่ย	80.01	28.85

จากตารางที่ 4.2 สรุปได้ว่า ที่ความเร็วรอบ 600 รอบ/นาที มีผลให้หนังปลามีความชื้นที่ลดลง และคุณภาพของหนังปลาดีที่สุด หากใช้ความเร็วรอบที่มากกว่า 600 รอบ/นาที จะมีผลให้หนังปลาเกิดการ

นิกขาคคุณภาพของหนังปลาจึงด้อยกว่า และความเร็วที่มากกว่า 600 รอบ/นาทิจะส่งผลให้เครื่องสกัดน้ำจากหนังปลาเกิดการสั่นสะเทือนและทำให้ชิ้นส่วนของเครื่องเกิดการชำรุดเสียหาย

4.1.3 การทดลองหาอุณหภูมิที่ทำให้ความชื้นต่ำสุด โดยใช้ความเร็วของถังปั่นที่ความเร็ว 600 รอบ/นาทิจ และใช้อุณหภูมิของฮีตเตอร์ที่ 40,50,60,70 และ 80 องศาเซลเซียส โดยในครั้งแรกได้ใช้หนังปลาที่มีน้ำหนัก 20 กิโลกรัม โดยปั่นตามความเร็วและอุณหภูมิที่กำหนด หลังจากนั้นจึงได้ทำการสุ่มหนังปลาที่ปั่นทุกๆ 10 นาที พบว่า ความชื้นของหนังปลาที่ได้ยังคงมีค่าความชื้นที่สูงกว่าวิธีการตากแดดมาก ทางกลุ่มจึงได้เปลี่ยนแปลงการทดลองใหม่ โดยใส่หนังปลาในการปั่น ครั้งละ 10 กิโลกรัม เวลา 15 นาที แล้วนำมาหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของหนังปลา ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความชื้นของหนังปลายังมีค่าความชื้นที่สูงกว่าวิธีการตากแดด จึงนำหนังปลาที่ปั่นมาคลี่ตากแดดเป็นระยะเวลา 20 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่าความชื้น พบว่าค่าความชื้นที่ได้ มีค่าใกล้เคียงกับวิธีการตากแดด โดยการสุ่มหนังปลา เพื่อนำมาวัดค่าความชื้น จะทำการสุ่มครั้งละ 200 กรัม แล้วนำมาหาค่าความชื้นเฉลี่ย ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 อุณหภูมิที่ทำให้ความชื้นในหนังปลาต่ำที่สุด ที่ความเร็ว 600 รอบ/นาทิจ

อุณหภูมิ (°C)	ครั้งที่	%ความชื้นของหนังปลา		
		ก่อน	หลัง	หลังคลี่ 20 นาที
40	1	79.42	32.15	31.53
	2	82.28	33.12	31.28
	3	81.53	34.10	31.65
	เฉลี่ย	81.08	33.12	31.48
50	1	79.42	29.23	28.32
	2	82.28	30.33	28.76
	3	81.53	31.54	27.80
	เฉลี่ย	81.08	30.37	28.29

ตารางที่ 4.4 อุณหภูมิที่ทำให้ความชื้นในหนังปลาต่ำที่สุด ที่ความเร็ว 600 รอบ/นาทิจ (ต่อ)

อุณหภูมิ (°C)	ครั้งที่	%ความชื้นของหนังปลา		
		ก่อน	หลัง	หลังคลี่ 20 นาที
60	1	79.42	26.76	24.32
	2	82.28	27.55	23.81

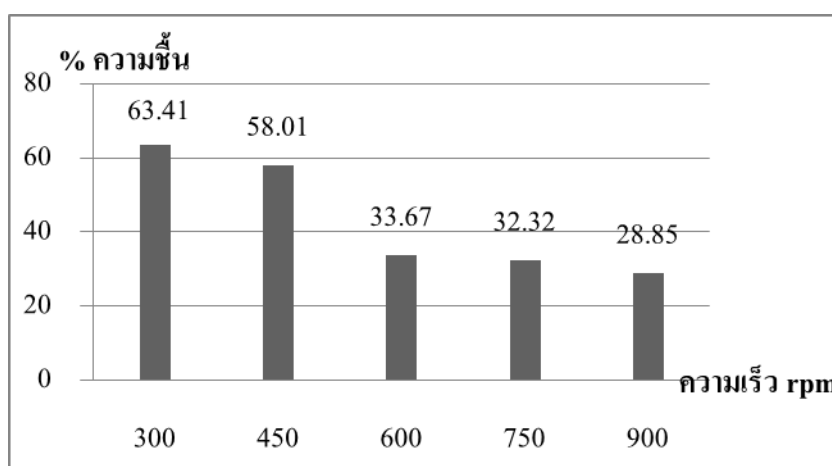
	3	81.53	27.76	23.47
	เฉลี่ย	81.08	27.36	23.87
70	1	79.42	23.87	19.50
	2	82.28	22.10	19.97
	3	81.53	24.33	20.62
	เฉลี่ย	81.08	23.43	20.03
80★	1	79.42	20.14	17.67
	2	82.28	21.21	16.35
	3	81.53	20.48	16.88
	เฉลี่ย	81.08	20.61	16.97

จากตารางที่ 4.3 สรุปได้ว่า ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีผลให้หนังปลามีเปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงมากที่สุด โดยหลังจากการปั่นต้องนำหนังปลาที่ปั่น ไปคลี่ตากแดดไว้เป็นเวลา 20 นาที จึงจะได้เปอร์เซ็นต์ความชื้นใกล้เคียงกับที่ตากแดด

4.2 การวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

4.2.1 การวิเคราะห์ความเร็วที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นของหนังปลาลดต่ำสุดโดยไม่ใช้ฮีตเตอร์

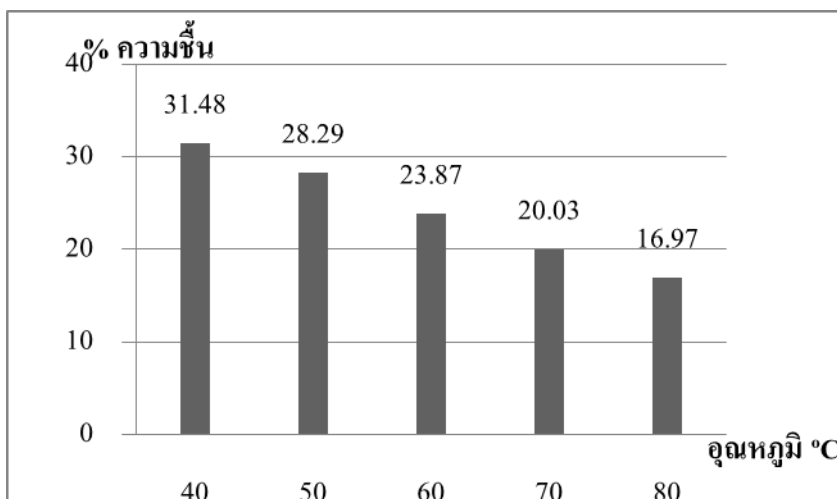
จากการทดลองความเร็วที่เพิ่มขึ้น จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลง โดยความเร็วที่ทำให้ความชื้นของหนังปลาลดลง โดยหนังปลายังคงมีคุณภาพ และไม่ทำให้เครื่องจักรเกิดการชำรุด คือ ความเร็วที่ 600 รอบ/นาที โดยค่าความชื้นเฉลี่ยหลังจากการปั่นด้วยเครื่องสกัดน้ำจากหนังปลา คือ 33.67 ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงความเร็วที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นของหนังปลาลดต่ำสุดโดยไม่ใช้ฮีตเตอร์

4.2.2 การวิเคราะห์อุณหภูมิที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำสุด โดยใช้ความเร็วของถังปั่นที่ความเร็ว 600 รอบ/นาที

จากการทดลองอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลง โดยอุณหภูมิที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำสุดโดยใช้ความเร็วของถังปั่นที่ความเร็ว 600 รอบ/นาที พบว่า อุณหภูมิที่ดีที่สุดที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นในหนังปลาตกลงมากที่สุด คือ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้น เท่ากับ 16.97 โดยวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นหลังจากกลั่นหนังปลาแล้ววางทิ้งไว้ 20 นาที ดังรูปที่ 4.2

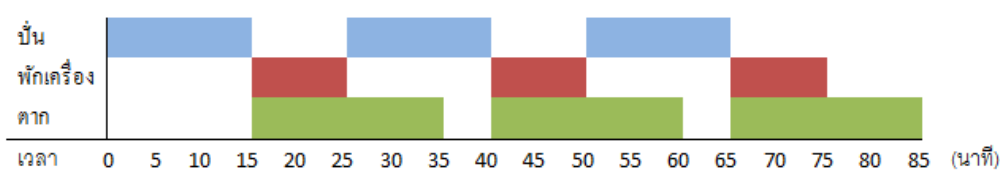


รูปที่ 4.2 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นของหนังปลาต่ำสุดที่อุณหภูมิต่างๆ

ผลการทดลองปั่นหนังปลา โดยการใช้เครื่องสลัดน้ำจากหนังปลา เทียบกับ วิธีการทำให้หนังปลาแห้งโดยการตากแดด ซึ่งพบว่าผลผลิตที่ได้มีความแตกต่างกัน ดังนี้

จากข้อมูลของกลุ่มผลิตและแปรรูปอาหารทะเลสาบสงขลา สถานที่ตั้ง หมู่ 4 ต.เกาะยอ อ.เมือง จ.สงขลา มีกำลังการผลิต 750 กิโลกรัม/เดือน โดยคิดเป็น 37.5 กิโลกรัม/วัน คิดเป็น 5,000 ถุง/เดือน (1 เดือน ทำงาน 20 วัน) โดยมีสมาชิกในการผลิต 15 คน ราคาในการจำหน่ายหนังปลากะพงแห้ง 100 บาท/ถุง โดยมีน้ำหนัก 150 กรัม

จากการออกแบบและสร้างเครื่องสลัดน้ำจากหนังปลา มูลค่าของเครื่อง คือ 64,000 บาท สามารถผลิตได้ 30 กิโลกรัม/85 นาที คิดเป็นหนังปลาสด 21.18 กิโลกรัม/ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดง Gantt chart

โดยคิดเป็นหนึ่งปลาแห้งจาก

$$\% \text{ความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนป่น} - \text{น้ำหนักหลังป่น})}{\text{น้ำหนักก่อนป่น}} \times 100$$

$$16.97\% = \frac{(21.18 - \text{น้ำหนักหลังป่น})}{21.18} \times 100$$

$$\text{น้ำหนักหลังป่น} = 17.59 \text{ กิโลกรัม/ชั่วโมง}$$

$$\text{คิดเป็น } 140.69 \text{ กิโลกรัม/8 ชั่วโมง/วัน}$$

$$\text{คิดเป็น } 140.69 \times 20 = 2,813.72 \text{ กิโลกรัม/เดือน}$$

หากจำหน่ายในราคาเดียวกับกลุ่มผลิตและแปรรูปอาหารทะเลสาบสงขลา จะได้กำไรเพิ่มขึ้น

โดย $2,813.72 \times 10^3 / 150 = 18,758$ ถุง/เดือน ซึ่งได้มากกว่ากลุ่มผลิตและแปรรูปอาหารทะเลสาบสงขลา

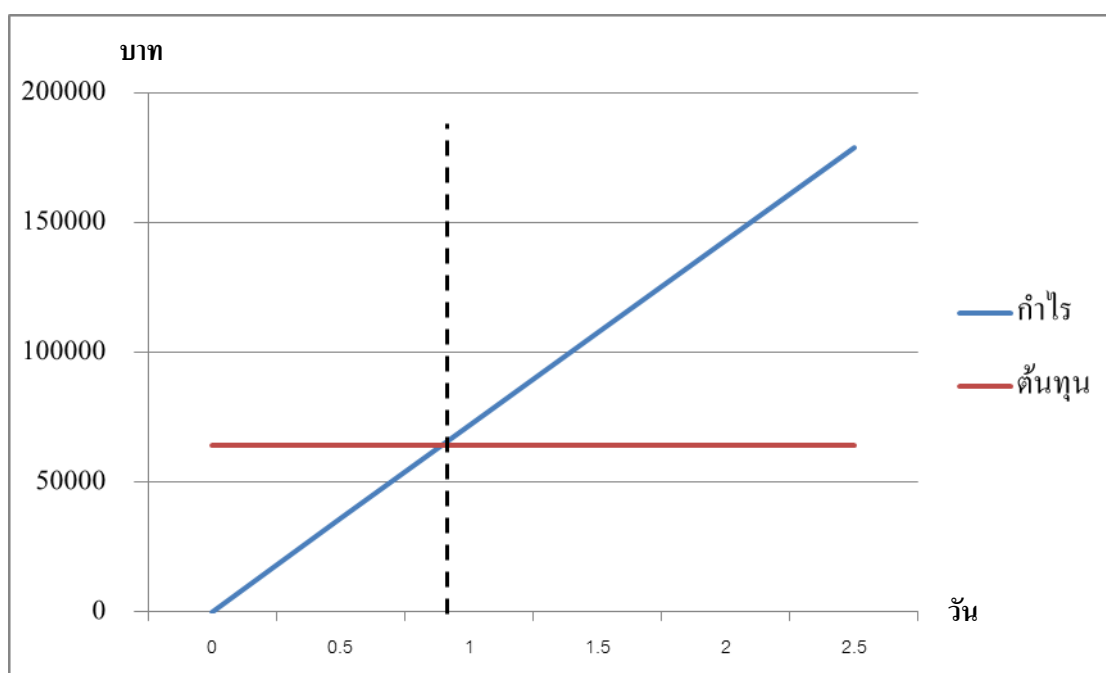
$$18,758 - 5,000 = 13,758 \text{ ถุง/เดือน} \quad \text{คิดเป็นเงิน } 13,758 \times 100 = 1,375,800 \text{ บาท}$$

เพราะฉะนั้น จุดคุ้มทุนของการสร้างเครื่องสกัดน้ำจากหนังปลา คือ

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ต้นทุน/กำไร}}$$

$$= \frac{64000}{1,375,800}$$

$$= 0.04652 \text{ เดือน (คิดเป็น } 0.93 \text{ วัน)}$$



รูปที่ 4.4 แสดงเวลาในการคืนทุน

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องสลัดน้ำจากหนังปลา ในครั้งนี้ทำให้ทราบถึงปัญหา และข้อจำกัดที่เป็นอุปสรรคในการดำเนินการ เพื่อให้สามารถออกแบบและสร้างเครื่องจักรให้ได้ตามขอบเขต และจุดประสงค์ที่วางเอาไว้ จึงสามารถสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบการทำงานของเครื่องสลัดน้ำจากหนังปลาที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นมา ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ เป็นไปตามจุดประสงค์และขอบเขตที่ตั้งไว้ คือ จากขอบเขตที่ตั้งไว้ อัตราการผลิต 20 กิโลกรัม/ชั่วโมง แต่เมื่อทำการทดลองแล้ว พบว่า สามารถผลิตได้ 21.18 กิโลกรัม/ชั่วโมง อัตราในการผลิตต่อวันได้เท่ากับ 169.41 กิโลกรัม/8 ชั่วโมง/วัน

5.1.1 ผลการทดสอบความเร็วที่เหมาะสมของเครื่องสลัดน้ำจากหนังปลา

ผลการทดลองที่ได้ความเร็วที่เหมาะสมที่สุดในการปั่นหนังปลา คือ 600 รอบ/นาที สามารถสลัดน้ำจากหนังปลาได้ 21.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยการปั่นใน 1 ครั้ง ใช้เวลา 15 นาที หากใช้ความเร็วที่สูงกว่า 600 รอบ/นาที จะมีผลต่อคุณภาพของหนังปลา รวมทั้งมีผลทำให้เครื่องจักรเกิดการสั่นสะเทือนและชิ้นส่วนเสียหาย

5.1.2 ผลการทดสอบอุณหภูมิที่เหมาะสมของเครื่องสลัดน้ำจากหนังปลา

ผลการทดลองที่ได้ คือ การใช้อุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส จะทำให้หนังปลาที่ปั่นมีค่าความชื้นน้อยที่สุดที่ 20.61 เนื่องจากค่าความชื้นที่ได้มากกว่าการตากแดด คณะผู้จัดทำจึงได้ปรับเปลี่ยนวิธีการทดลอง โดยการนำหนังปลาที่ปั่นแล้วคลี่วางไว้ 20 นาที จึงทำให้มีค่าความชื้นใกล้เคียงกับหนังปลาที่ตากแดด

5.2 ข้อเสนอแนะ

การที่เครื่องสลัดน้ำจากหนังปลาไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ อาจเกิดจากการทำงานของอุปกรณ์บางอย่างต้องมีการพัฒนามีดังต่อไปนี้

5.2.1 อุณหภูมิควรมีการออกแบบให้สามารถปรับอุณหภูมิได้มากกว่า 80 องศาเซลเซียส

5.2.2 ขนาดของ Blower ควรมีขนาดใหญ่กว่า เพราะลมที่เป่าเข้าสู่ถังปั่นเบาเกินไปมีผลทำให้หนังปลาแห้งช้ากว่าที่ควร

5.2.3 ท่อลมร้อนควรทำจากวัสดุที่เป็นเหล็กหรือโลหะ และติดฉนวนกันความร้อน

5.2.4 ควรมีสแตนด์เสถียรป้องกันการสั่นของเครื่อง

5.2.5 ศึกษาการหมุนของถังปั่นในแนวนอน

บรรณานุกรม

- [1] โชติพงษ์ กาญจนประโชติ. 2546. “การออกแบบเครื่องสกัดน้ำผึ้ง”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [2] ประชา ยืนยงกุล. 2549. “การออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำออกจากกล้วยทอด”. สำนักส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรสุคนธ์.
- [3] ธเนศ และ ประสิทธิ์ . 2552. “เครื่องสกัดน้ำมันในอาหารทอด”. สำนักวิจัยและพัฒนาการอาชีวศึกษา
- [4] สุภัทรา ปลื้มกมล และ วิเชียร ปลื้มกมล. 2535. “เครื่องปั่นนุ่นสำหรับเกษตรกรในชนบท”. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [5] กษา ภูมาตล และ สรวุฒิ มะโนชมภู. 2548. “การทดสอบเครื่องสกัดน้ำผึ้ง”. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [6] ความรู้เกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้า. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor5.htm>. (วันที่ 14 มีนาคม 2555)
- [7] มนูญ ชันธูรา, บุญเตียง สุดใจ, ประสิทธิ์ แซ่มรัมย์ และ ชาญชัย พลายชุม. 2551. “การออกแบบ และสร้างเครื่องกระเทาะสับดำ”. วิทยานิพนธ์ ปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [8] ความรู้เกี่ยวกับความร้อน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/nuch/introphysics/7.pdf>. (วันที่ 14 มีนาคม 2555)
- [9] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วันชัย ลีลาภวิวงศ์. “งานเชื่อมโลหะ”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.mtec.or.th/images/users/78/55FAQ_Arc_metal/01_Welding.pdf. (วันที่ 14 มีนาคม 2555)
- [10] กฤษณะ มีมาก, ธนวุฒิ นาคหวัง และ ปิยะพงษ์ นันทวงศ์. 2543. “เครื่องปอกมะพร้าว”. วิทยานิพนธ์ ปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [11] ความรู้เกี่ยวกับบอลเบริง และ โรลเลอร์เบริง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.eng.mut.ac.th/upload_file/project/537.pdf. (วันที่ 14 มีนาคม 2555)
- [12] สมยศ จันเกษม, ศิโยศักดิ์ ชิงะ. 2527. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. กรุงเทพฯ : ดวงกมล.
- [13] ความรู้เกี่ยวกับเหล็กกล้าไร้สนิม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://th.wikipedia.org/wiki/เหล็กกล้าและสแตนเลส>. (วันที่ 24 มีนาคม 2555)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบชิ้นส่วนเครื่องสลัดน้ำจากหนังปลา

ภาคผนวก ข
ผลการประชุมวิชาการระดับชาติ



การประชุมวิชาการ
การนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

“การวิจัยแบบบูรณาการเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นสู่สากล”

“Integrating Research for Developing Local Communities
to the International Standard”

วันที่ 8 – 9 พฤษภาคม 2556
ณ อาคารสำนักกิจการนักศึกษาชั้น 5
มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต



สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

21 ม.6 ถ.เทพกระษัตรี ต.จันทรา อ.เมืองภูเก็ต จ.ภูเก็ต 83000

โทรศัพท์ 0-7621-1959, 0-7624 -0474 ต่อ 7410 ,7400 ,7401

โทรสาร 0-7621-1778 โทรศัพท์มือถือ 088-4434139

Website : <http://seminarresearch.pkru.ac.th>



การพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตหนังปลาทอดสำหรับผลิตภัณฑ์โอท็อป
Development of the Efficiency of Fish Skin Manufacturing for the OTOP
Product

กฤษณ ชองสี และ ศิริชัย ชองสุภ
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปทุมธานี ๑๒๑๑๐
e-mail: skichai.to@enr.mut.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำจากหนังปลา โดยใช้หลักการทำงานของเครื่องซักผ้า มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือตัวถังปั่น และตัวให้ความร้อน จากนั้นจึงทดสอบเพื่อหาอัตราการผลิตและจุดคุ้มทุนที่ได้จากการผลิต ผลการดำเนินงานทดสอบเครื่องสกัดน้ำจากหนังปลาพบว่า ความเร็ว และอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการปั่นคือ ความเร็วที่ 600 รอบ/นาที ได้อัตราการผลิตที่ 20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิคือ 80 องศาเซลเซียส เมื่อปั่นแล้วมีค่าความชื้นเฉลี่ยต่ำสุด ดังนั้นการออกแบบ และสร้างเครื่องสกัดน้ำจากหนังปลาจึงสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี

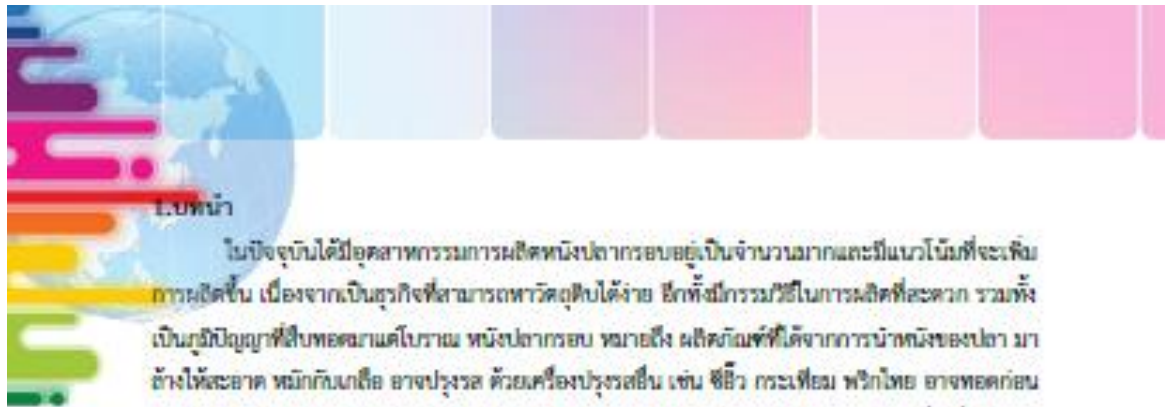
คำสำคัญ: หนังปลา, เครื่องซักผ้า, ออกแบบและสร้าง

Abstract

This research aims to design and construct the fishes' skin dehydration machine, which using the principle of the washing machine. This machine consist of two main components were the body spinning and the heater, then test the machine, in order to determine the production rate and brake-even point. The test result revealed of the fishes' skin dehydration machine that the maximum temperature for the spin speed at 600 r/min, at 20 kg per hour and the temperature of 80 degree, is lowest moisture content. Therefore, this research could improve the machine for fishes' skin dehydration.

Keywords: Fishes' skin, Washing machine, Design and Construct





1. บทนำ

ในปัจจุบันได้มีอุตสาหกรรมการผลิตหมักปลากรอบอยู่เป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มการใช้ขึ้น เนื่องจากเป็นธุรกิจที่สามารถหาวัตถุดิบได้ง่าย อีกทั้งยังมีกรรมวิธีในการผลิตที่สะดวก รวมทั้งเป็นภูมิปัญญาที่สืบทอดมาแต่โบราณ หมักปลากรอบ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำหมักของปลา มาล้างให้สะอาด หมักกับเกลือ อาจปรุงรส ด้วยเครื่องปรุงรสอื่น เช่น ซีอิ๊ว กระเทียม พริกไทย อาจทอดก่อนบรรจุหรือซุบแป้งก่อนนำไปทอด หรืออาจนำไปทำให้แห้งด้วยแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่น ซึ่งนับเป็นธุรกิจขนาดเล็ก ที่สามารถสร้างรายได้ให้กับชุมชนหรือสหกรณ์ที่ได้ทำการผลิต

จากการสำรวจอุตสาหกรรมหมักปลากรอบพบว่า ไม่มีเครื่องจักรในการผลิตซึ่งเมื่อเข้าสู่สู่กระบวนการผลิตหมักปลากรอบจะไม่สะดวก เพราะอากาศชื้นและไม่มีแสงแดดซึ่งใช้ในการตากหมักปลาให้แห้งได้ ทางอุตสาหกรรมการผลิตหมักปลากรอบ จึงนำหมักปลาเข้าไปปั่นกับเครื่องจักรน้ำเพื่อให้เกิดหมักแห้ง และได้ศึกษาตัวอย่างการสร้างเครื่องคั่ว ๆ ดังนี้ (1) งานค้นคว้าการออกแบบเครื่องสกัดน้ำผึ้ง (โชติพงษ์ กาจอุจนประโชติ, 2546, น.50) (2) งานสร้างออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันออกจากถั่วพุด (ประชา ชินองกุล, 2549, น.45) (3) งานวิจัยเรื่อง เครื่องสกัดน้ำมันในอาหารทอด (ธเนศ และ ประสิทธิ์, 2552, น.20) และ (4) งานพัฒนาเครื่องปั่นนุ่นเพื่อใช้สำหรับอุตสาหกรรมขนาคครอบคริวในชนบท (สุกัทธา ปิ่นมณฑ, 2535, น.61)

ดังนั้นนักวิจัยจึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำจากหมักปลา โดยใช้ฮีตเตอร์ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ นอกจากนี้ยังใช้เครื่องเป่าลมมาประกอบเข้ากับฮีตเตอร์ เพื่อนำความร้อนจากฮีตเตอร์เข้าสู่ตัวถังปั่น ทำให้หมักปลาแห้งโดยทั่วถึงกัน โดยตัวของถังปั่นหมักปลา ทำมาจากสแตนเลส AISI 304 เพราะหากใช้ถังปั่นที่ทำจากพลาสติก เมื่อมีการเป่าลมร้อนเข้าไปทำให้ตัวถังปั่นละลาย และอีกประการหนึ่ง คือหมักปลาที่นำมาใช้ในการผลิตนั้น มีทั้งปลาที่ได้จากปลาน้ำจืดและปลาที่ได้จากปลาน้ำเค็ม หากใช้ถังปั่นที่ทำจากเหล็กอื่นๆ ที่ไม่ใช่สแตนเลส อาจจะมีสนิมเกิดปนเปื้อนได้ง่าย นอกจากนี้ เครื่องสกัดน้ำจากหมักปลา ยังใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเข้ามาช่วยในการหมุนของตัวถังปั่น โดยมีการส่งกำลังผ่านสายพานและพูลเลย์ และได้ออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำจากหมักปลาให้สามารถใช้งานได้ จากนั้นจึงทดลองเครื่องโดยการนำหมักปลาไปปั่นในเครื่อง แล้วหาความเร็วที่ทำให้ความชื้นเฉลี่ยในหมักปลาต่ำที่สุดและหมักปลายังคงมีคุณภาพเมื่อได้ความเร็วที่เหมาะสมแล้ว จึงได้หาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ไม่ทำให้หมักปลาได้รับความชื้นใกล้เคียงกับที่ตากแดด โดยการเก็บผลการทดลอง คือ การนำหมักปลาที่ได้วัดค่าความชื้นและการวัดค่าความชื้นในอาหารแห้งให้ตรงตามมาตรฐานของอาหาร

2. วัตถุประสงค์

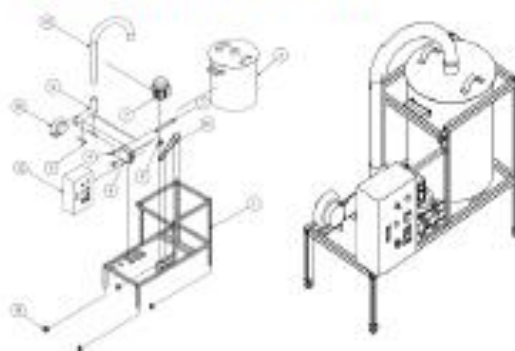
- 2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำจากหมักปลาโดยมีการควบคุมอุณหภูมิสำหรับไอทีอป
- 2.2 เพื่อหาอัตราการเกิดและประสิทธิภาพของเครื่องสกัดน้ำออกจากหมักปลา



3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบเครื่องสกัดน้ำจากหมักปลา

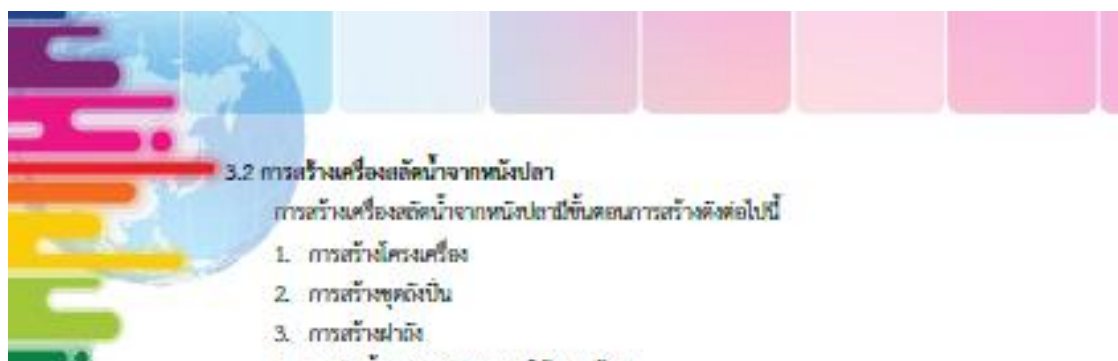
เริ่มจากการศึกษาระบบการทำงานของถังปั่นเครื่องจักร เพื่อออกแบบการทำงาน ชิ้นส่วนหลักที่ใช้ในการประกอบเป็นตู้เครื่อง ขนาดความจุของถังปั่นที่สามารถปั่นได้ใน 1 ครั้ง จากนั้นจึงทำการออกแบบและเขียนแบบเครื่องสกัดน้ำจากหมักปลา ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การออกแบบเครื่อง

ตารางที่ 1 แสดงชิ้นส่วนของเครื่อง

ชิ้นที่	รายการ	ขนาด	จำนวน
1	โครงเครื่อง	560x1175x880	1
2	ชุดถังปั่น	Ø600x602	1
3	เพลาขับเคลื่อนชุดโพรท	19x280x3	1
4	ตัวขับเคลื่อนเวอร์เตอร์	80x80x3	2
5	ขาข้อโพลีเอสเตอร์	25x130x3	2
6	ท่อโพลีเอสเตอร์	Ø3"x526x2	1
7	มอเตอร์ 3 เฟส	1 แรงม้า	1
8	อินเวอร์เตอร์	STD	1
9	ชุดเกียร์	1" ,2"	1,1
10	Blower	2"	1
11	สายพาน	STD	1
12	ชุดข้อโพรท	STD	1
13	ท่อระบาย	3"	1
	ล้อ	Ø50	4



3.2 การสร้างเครื่องผลิตน้ำจากหนังสือ

การสร้างเครื่องผลิตน้ำจากหนังสือมีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

1. การสร้างโครงเครื่อง
2. การสร้างชุดถังรับ
3. การสร้างฝาถัง
4. การติดตั้งชุดส่งกำลังและชุดให้ความร้อน
5. การติดตั้งชุดควบคุม



รูปที่ 2 เครื่องผลิตน้ำจากหนังสือ

หลังจากประกอบเครื่องผลิตน้ำจากหนังสือ ดังรูปที่ 2 แล้วได้ทดลองเดินเครื่องเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องต่อไป

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

1) เตรียมหนังสือ หนังสือที่เลือกใช้เป็นหนังสือที่ได้จากปารีสสก ซึ่งลักษณะพิเศษคือหนังสือมีความเหนียวและหาซื้อได้ง่าย โดยการนำหนังสือที่มีขนาดกะทัดรัดและอ้างค่าความสะอาด ดังรูปที่ 3





รูปที่ 3 ลักษณะของปลาสด และการขูดเกล็ดปลา

2) นำหนึบปลาที่ขูดเกล็ดใส่ในเครื่องสกัดน้ำจากหนึบปลา โดยกำหนด ความเร็ว อุณหภูมิ ที่ต่ำสุด ใช้เวลาในการปั่น 15 นาที แล้วจึงนำหนึบปลาที่ได้ใส่ทิ้งไว้ เป็นระยะเวลา 20 นาที เพื่อหาค่าที่ทำให้อัตกหนึบปลาที่มีความเข้มข้นที่สุด ดังรูปที่ 4 และรูปที่ 5



รูปที่ 4 การปั่นหนึบปลาโดยใช้เครื่องสกัดน้ำจากหนึบปลา





รูปที่ 5 หนังกาบที่ปิ้งแล้วครึ่งวงทิ้งไว้ 20 นาที

3) การวัดความชื้น นำหนังกาบผ่านการปิ้งมาทดสอบหาความชื้นด้วยเครื่อง "Chaus" รุ่น MB-45 ดังรูป ที่ 6 การวัดหาค่าความชื้นอิมพิท (a_w) โดยค่ามาตรฐานของอาหารแห้งจะมีค่า a_w น้อยกว่า 0.6



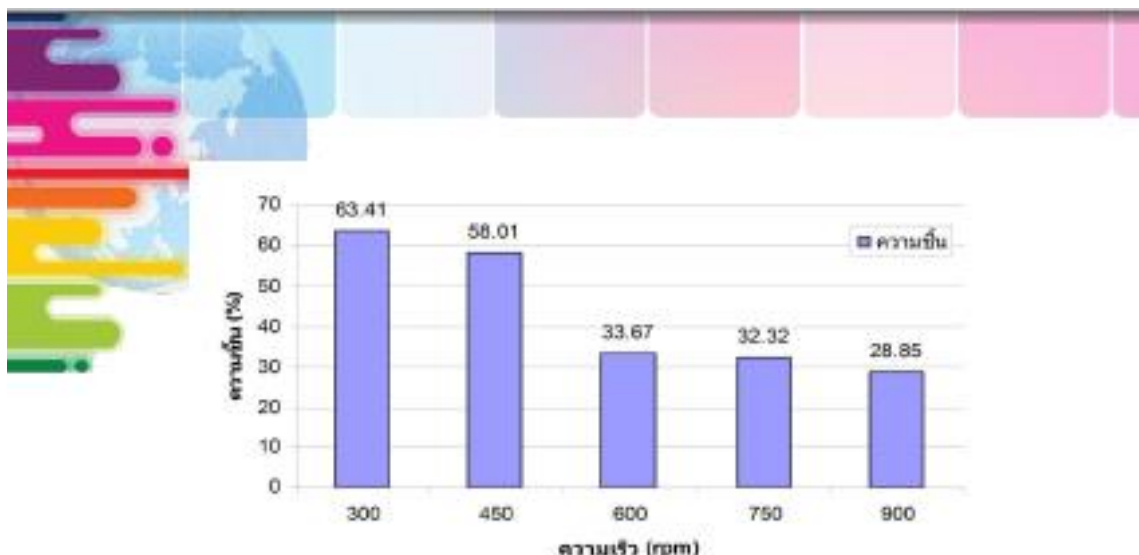
รูปที่ 6 แสดงเครื่องวัดความชื้น "Chaus" รุ่น MB-45

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 การวิเคราะห์ความเร็วที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นของหนังกาบต่ำสุดโดยไม่ใช้ฮีตเตอร์

จากการทดลองความเร็วที่เพิ่มขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลง โดยความเร็วที่ทำให้ความชื้นของหนังกาบลดลง โดยหนังกาบยังคงมีคุณภาพ และไม่ทำให้เครื่องจักรเกิดการชำรุด คือ ความเร็วที่ 600 รอบต่อนาที โดยค่าความชื้นเฉลี่ยหลังจากการปิ้งด้วยเครื่องอัตโนมัติจากหนังกาบ คือ 33.67 ดังรูปที่ 7

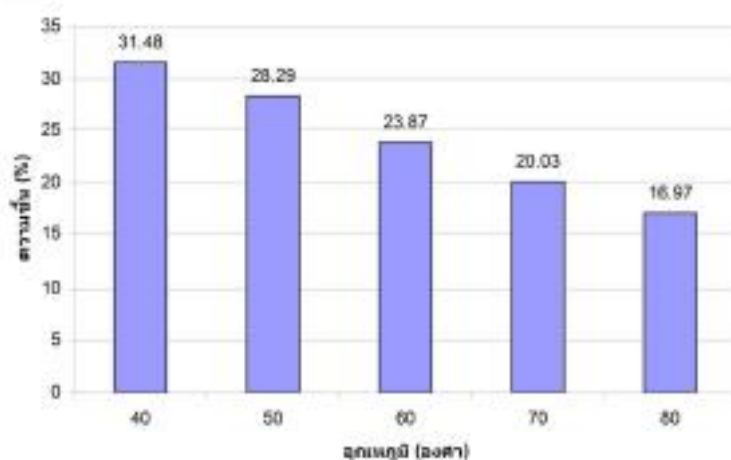




รูปที่ 7 ความเร็วที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความขรุขระของผนังปลาค่าสุดท้ายโดยไม่มีใช้ไฮดรอลิก

4.2 การวิเคราะห์อุณหภูมิที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความขรุขระต่ำสุด โดยใช้ความเร็วของอั้งป็นที่ความเร็ว 600 รอบ/นาที

จากการทดลองอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์ความขรุขระลดลง โดยอุณหภูมิที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความขรุขระต่ำสุดโดยใช้ความเร็วของอั้งป็นที่ความเร็ว 600 รอบ/นาที พบว่า อุณหภูมิที่ดีที่สุดที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความขรุขระในผนังปลาคงมากที่สุด คือ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความขรุขระเท่ากับ 16.97 โดยวัดเปอร์เซ็นต์ความขรุขระหลังจากเสร็จผนังปลาคงแล้ววางทิ้งไว้ 20 นาที ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 อุณหภูมิที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความขรุขระของผนังปลาค่าสุดท้ายที่อุณหภูมิต่างๆ

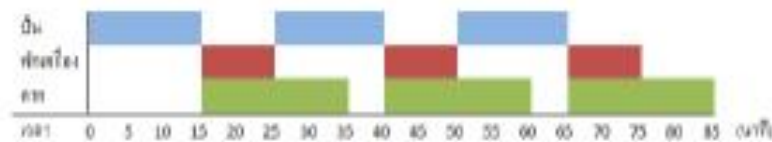


ผลการทดลองบ่มหมักปลา โดยการใช้เครื่องสกัดน้ำจากหมักปลา เทียบกับ วิธีการทำให้หมักปลาแห้งโดยการตากแดด ซึ่งพบว่าผลผลิตที่ได้มีความแตกต่างกัน ดังนี้

4.3 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

จากข้อมูลของกลุ่มผลิตและแปรรูปอาหารทะเลสาบสงขลา สถานที่ตั้ง หมู่ 4 ต.เกาะยอ อ.เมือง จ.สงขลา มีกำลังการผลิต 750 กิโลกรัม/เดือน โดยคิดเป็น 37.5 กิโลกรัม/วัน คิดเป็น 5,000 ถุง/เดือน (1 เดือน ทำงาน 20 วัน) โดยมีสมาชิกในการผลิต 15 คน ราคาในการจำหน่ายหมักปลาแห้งแผง 100 บาท/ถุง โดยมีน้ำหนัก 150 กรัม

จากการออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำจากหมักปลามูลค่าของเครื่อง คือ 64,000 บาท สามารถผลิตได้ 30 กิโลกรัม/85 นาที คิดเป็นหมักปลาสด 21.18 กิโลกรัม/ชั่วโมง ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 Gantt chart

โดยคิดเป็นหมักปลาแห้งจาก

%ความชื้น = $\frac{[(\text{น้ำหนักก่อนบ่ม} - \text{น้ำหนักหลังบ่ม}) / \text{น้ำหนักก่อนบ่ม}] \times 100}{}$

16.97 % = $\frac{[(21.18 - \text{น้ำหนักหลังบ่ม}) / 21.18] \times 100}{}$

น้ำหนักหลังบ่ม = 17.59 กิโลกรัม/ชั่วโมง

คิดเป็น 140.69 กิโลกรัม/8 ชั่วโมง/วัน

คิดเป็น $140.69 \times 20 = 2,813.72$ กิโลกรัม/เดือน

หากจำหน่ายในราคาเดียวกับกลุ่มผลิตและแปรรูปอาหารทะเลสาบสงขลา จะได้กำไรเพิ่มขึ้น โดย $2,813.72 \times 10^3 / 150 = 18,758$ ถุง/เดือน ซึ่งได้มากกว่ากลุ่มผลิตและแปรรูปอาหารทะเลสาบสงขลา $18,758 - 5,000 = 13,758$ ถุง/เดือน คิดเป็นเงิน $13,758 \times 100 = 1,375,800$ บาท

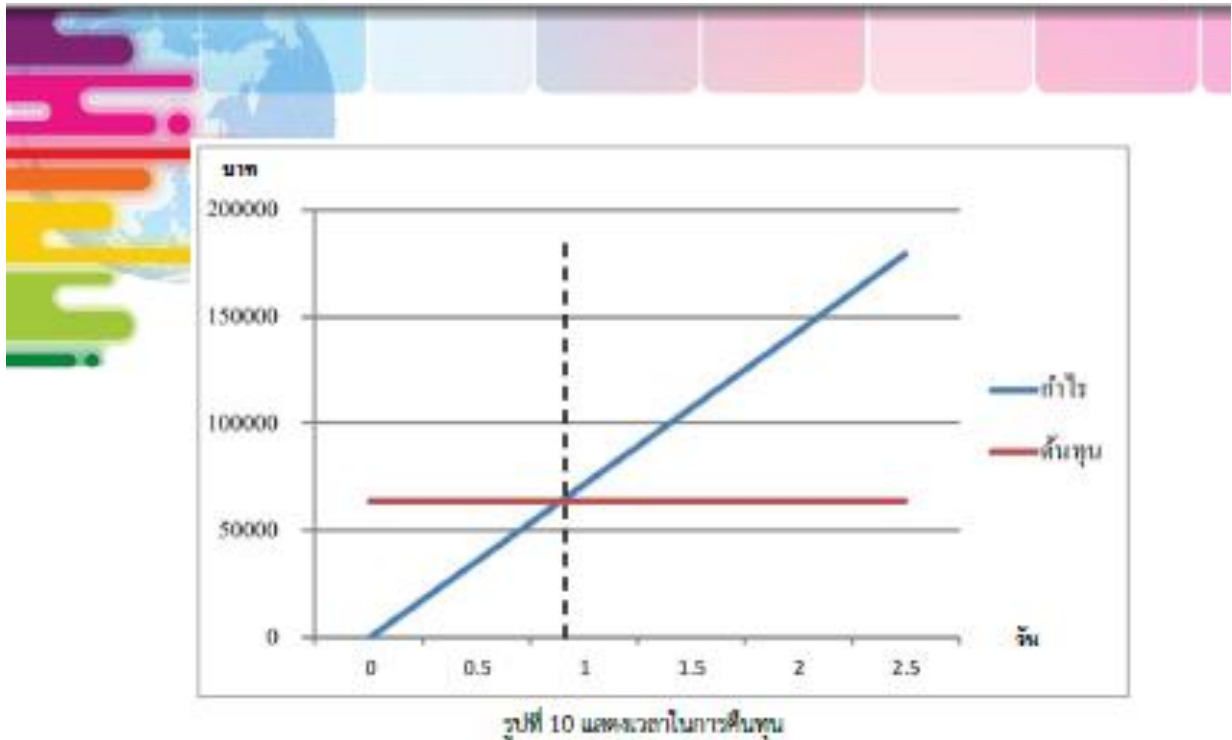
เพราะฉะนั้น จุดคุ้มทุนของการสร้างเครื่องสกัดน้ำจากหมักปลา คือ

จุดคุ้มทุน = ต้นทุน/กำไร

= $64000 / 1,375,800$

= 0.04652 เดือน (คิดเป็น 0.93 วัน)





5. ข้อเสนอแนะ

การที่เครื่องอัตโนมัติจากหมิงปลาไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาจเกิดจากการทำงานของอุปกรณ์บางอย่างต้องพัฒนาต่อไปดังต่อไปนี้

- 5.1 อุณหภูมิควรมีการออกแบบให้สามารถปรับอุณหภูมิได้มากกว่า 80 องศาเซลเซียส
- 5.2 ขนาดของ Blower ควรไม่ขนาดที่ใหญ่กว่า เพราะลมที่เป่าเข้าสู่ถังปั่นเบาเป็นไปมีผลทำให้หมิงปลาแห้งช้ากว่าที่ควร
- 5.3 ท่อลมร้อนควรทำจากวัสดุที่เป็นเหล็กหรือโลหะ และคิดคำนวณกับความร้อน
- 5.4 ควรมีระบบถ่วงน้ำหนักหรือระบบไต่ระดับ
- 5.5 ศึกษาการหมุนของถังปั่นในแนวนอน

6. การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

หลังจากปีโครงการวิจัยขั้นตอนต่อไปแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1. การยื่นขอจดอนุสิทธิบัตร และ 2. การเผยแพร่งานวิจัยให้แก่วิสาหกิจชุมชนผลิตหมิงปลาทอด จังหวัดสมุทรสงคราม และจังหวัดสมุทรสาครต่อไป

D:\work\viny\rajabhat\วิ



7. บทความวิชาการ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มทร.ธัญบุรี งบประมาณประจำปี 2555 และภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

8. เอกสารอ้างอิง

โชติพงษ์ กาญจนประโชติ. 2546. การออกแบบเครื่องตัดน้ำแข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.
 ธเนศ และ ประสิทธิ์ . 2552. เครื่องตัดน้ำแข็งในอาหารทอด. สำนักวิจัยและพัฒนาการ. ราชภัฏศึกษา. สุภัทธา ปิ่นมณฑล และ วิเชียร ปิ่นมณฑล. 2535. เครื่องปั่นบดสำหรับเกษตรกรในชนบท. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

