



เครื่องอัดแผ่นกระดาษอัดจากเปลือกสับประรดและเปลือกมะพร้าว



รัฐศักดิ์ พรหมมาศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตวังไกลกังวล

พ.ศ. 2550

บทคัดย่อ

โครงการปริญญาโทนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างเครื่องอัดแผ่นกระดาษอัดจากเปลือกมะพร้าวและเปลือกสับปะรดที่มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตแผ่นกระดาษอัดจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งช่วยลดการใช้ไม้ ลดการทำลายสิ่งแวดล้อมและเป็นวัสดุป้องกันความร้อน เหมาะสำหรับเป็นวัสดุอาคาร ซึ่งการศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างเครื่องอัดแผ่นกระดาษอัดนี้เพื่อให้ได้เครื่องจักรที่มีขนาดเล็กราคาถูก และลดการนำเข้าจากต่างประเทศ สร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชน

ในการศึกษานี้เป็นการออกแบบเครื่องอัดแผ่นกระดาษอัดแบบอัดร้อน สามารถผลิตแผ่นกระดาษอัดจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่เป็นเปลือกมะพร้าวและเปลือกสับปะรดที่มีขนาดแผ่นสูงสุด 120×240 ซม. ความหนา 10 มม. ไปใช้ โดยระบบอัดเป็นระบบไฮดรอลิกแบบดันขึ้น ระบบให้ความร้อนแก่วัสดุเป็นแบบน้ำมันร้อนวิ่งผ่านท่อฝังในแผ่นเรียบ ซึ่งระบบให้ความร้อนจะใช้น้ำมันร้อน (Thermic Oil) เป็นสารตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน โดยใช้ไฟฟ้าเป็นพลังงานหลัก

ซึ่งจากการศึกษาพบว่าเครื่องจักรสำหรับอัดแผ่นกระดาษอัดนี้มีราคา 548,980 บาท สามารถอัดแผ่นกระดาษอัดได้ 48 แผ่นต่อวัน ระยะเวลาคืนทุน 0.813 ปี คิดจากค่า IRR 26.17 % ซึ่งมีค่าสูงกว่า MARR 5.75 % ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมในการลงทุน



Abstract

The aims to study the possibility of compressing machine for producing board from pineapple and coconut peels are to help reduce agricultural refuse to produce heat-resistant board which could be used in construction industry and to decrease the quantity of imported machines which this study could produce cheaper machine to use in small domestic industry.

The machine could produce 120 x 240 x 1 cm. board from fraction of pineapple and coconut peels. In the process of production, the hydraulic pressing system is used to heat hot-oil which is inside the tube under flat iron plate. Electrical power is mainly used to supply the system.

The outcome of the study is a compressing machine which costs 550,000 baht and has a capacity of producing 48 board per 0.813 year from the current IRR of 26.17% and MARR of 5.75 %



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูปประกอบ	ช
สารบัญตาราง	ฉ
รายการสัญลักษณ์	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 เนื้อหาเหตุผลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ	2
1.5 สถานะของปัญหาและวิธีการศึกษา	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	2
บทที่ 2 วัสดุและกระบวนการผลิตแผ่นไม้กระดานอัด	3
2.1 วัสดุเหลือใช้	3
2.1.1 ไม้ (Wood)	3
2.1.2 ชิ้นไม้ (Particles)	4
2.2 วัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรประเภทให้เส้นใย	5
2.2.1 หญ้าแฝก	5
2.2.2 ชานอ้อย	6
2.2.3 มะพร้าวและสับปะรด	7
2.3 วัสดุที่นำมาผลิตกระดานอัดในปัจจุบัน	8
2.4 ชนิดของแผ่นปาร์ติเกิล	8
2.4.1 ลักษณะความหนาแน่นของแผ่น	8

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.2 ลักษณะของชิ้นไม้ที่ผลิต	9
2.4.3 กรรมวิธีการอัดแผ่น	9
2.4.4 ลักษณะโครงสร้างแผ่น	9
2.4.5 ลักษณะการใช้ประโยชน์	10
2.4.6 แบ่งตามชื่อทางการค้า	10
2.4.7 แบ่งตามลักษณะที่ปรากฏ	11
2.5 เครื่องอัดแผ่นกระดานอัด	11
2.5.1 เครื่องอัดแผ่นกระดานอัดที่ใช้โดยทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรม	11
2.5.2 เครื่องอัดแผ่นกระดานอัด (อัดร้อน)	11
2.6 การทำงานของเครื่องอัดแต่ละแบบ	14
2.6.1 เครื่องอัดแบบต่อเนื่อง	14
2.6.2 เครื่องอัดแบบอัดช่องเดียว	14
2.6.3 เครื่องอัดแบบหลายช่องอัด	14
บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	16
3.1 โครงสร้าง	16
3.1.1 คาน (Beams)	16
3.1.2 เสา (Column)	17
3.2 ระบบไฮดรอลิก (Hydraulic)	18
3.2.1 แรง น้ำหนัก และมวล (Force, weight and mass)	19
3.2.2 อัตราการไหลและความเร็วของเหลวในท่อทาง	21
3.2.3 อัตราการไหลและความเร็วของน้ำมันไฮดรอลิกในท่อทาง	22
3.2.4 ความเร็วของอุปกรณ์การทำงาน	22
3.2.5 อัตราจ่ายน้ำมันของปั๊มไฮดรอลิก	23
3.2.6 อัตราป้อนน้ำมันแก่กระบอกสูบ	23
3.2.7 อัตราป้อนน้ำมันแก่มอเตอร์ไฮดรอลิก	24
3.2.8 ถังพักน้ำมันไฮดรอลิก	25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 ปั๊มไฮดรอลิก (Pump classification)	25
3.3.1 แบบปรับค่าอัตราการไหลไม่ได้ (Fixed displacement)	26
3.3.2 แบบปรับค่าอัตราการไหลได้ (Variable displacement)	26
3.4 การกำหนดขีดความสามารถและการเลือกชนิดของปั๊ม	26
3.5 ความสามารถในการทำงานของปั๊มแต่ละประเภท	27
3.5.1 ความจุหรือปริมาตรจุ	27
3.5.2 ความดัน	27
3.5.3 ความเร็วขับเคลื่อน	28
3.6 การเลือกขนาดกระบอกสูบ	28
3.7 ความเร็วกระบอกสูบ	29
3.8 มอเตอร์ไฮดรอลิก (Hydraulic motors)	29
3.9 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)	30
3.9.1 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ	30
3.9.2 การนำความร้อนในผนังราบ (Plane Wall)	31
3.9.3 ความต้านทานสัมผัส (Contact Resistance)	33
3.9.4 ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity), k	34
บทที่ 4 การคำนวณและการออกแบบเครื่องอัดแผ่นไม้กระดานอัด	37
4.1 ระบบอัดแผ่นกระดานอัด (Pressing)	40
4.1.1 แผ่นอัดผิวแผ่นกระดานอัด	40
4.1.2 ระบบไฮดรอลิก	41
4.1.3 Pump	44
4.1.4 Motor	46
4.2 โครงสร้าง (Construction)	48
4.2.1 คาน (Beam)	48
4.2.2 เสา (Column)	49

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.3 การจับยึด	50
4.3 วัสดุที่ใช้ในการอัด	52
4.3.1 เปลือกสับปะรดและเปลือกมะพร้าว	52
4.3.2 คุณสมบัติของวัสดุ	52
4.4 ระบบทำความร้อน (Heating)	53
4.4.1 ระบบ Thermic Oil	53
4.4.2 ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน	54
4.4.3 เชื้อเพลิง (Gas)	55
4.4.4 สารนำความร้อน (Oil)	55
บทที่ 5 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	58
5.1 ทฤษฎีเบื้องต้นทางเศรษฐศาสตร์	58
5.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ของโครงการในทางเศรษฐศาสตร์	58
5.3 การลงทุน (Investment Requirements)	59
5.3.1 ราคาวัตถุดิบ (Wood Raw Material)	59
5.3.2 การคิดอัตราค่าไฟฟ้า	61
5.3.3 ราคาพลังงานไฟฟ้า (Electric Power)	62
5.4 อัตราผลตอบแทน	64
5.4.1 อัตราผลตอบแทนโดยวิธีมูลค่าปัจจุบัน	64
5.4.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (Net Present Value หรือ NPV)	65
5.4.3 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio หรือ B/C)	66
5.4.4 ค่าเสื่อมราคา	66
5.4.5 คำนวณหาอัตราผลตอบแทน	68
5.4.6 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)	70
5.5 การใช้ประโยชน์และการตลาด	71
5.5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการตลาด	71

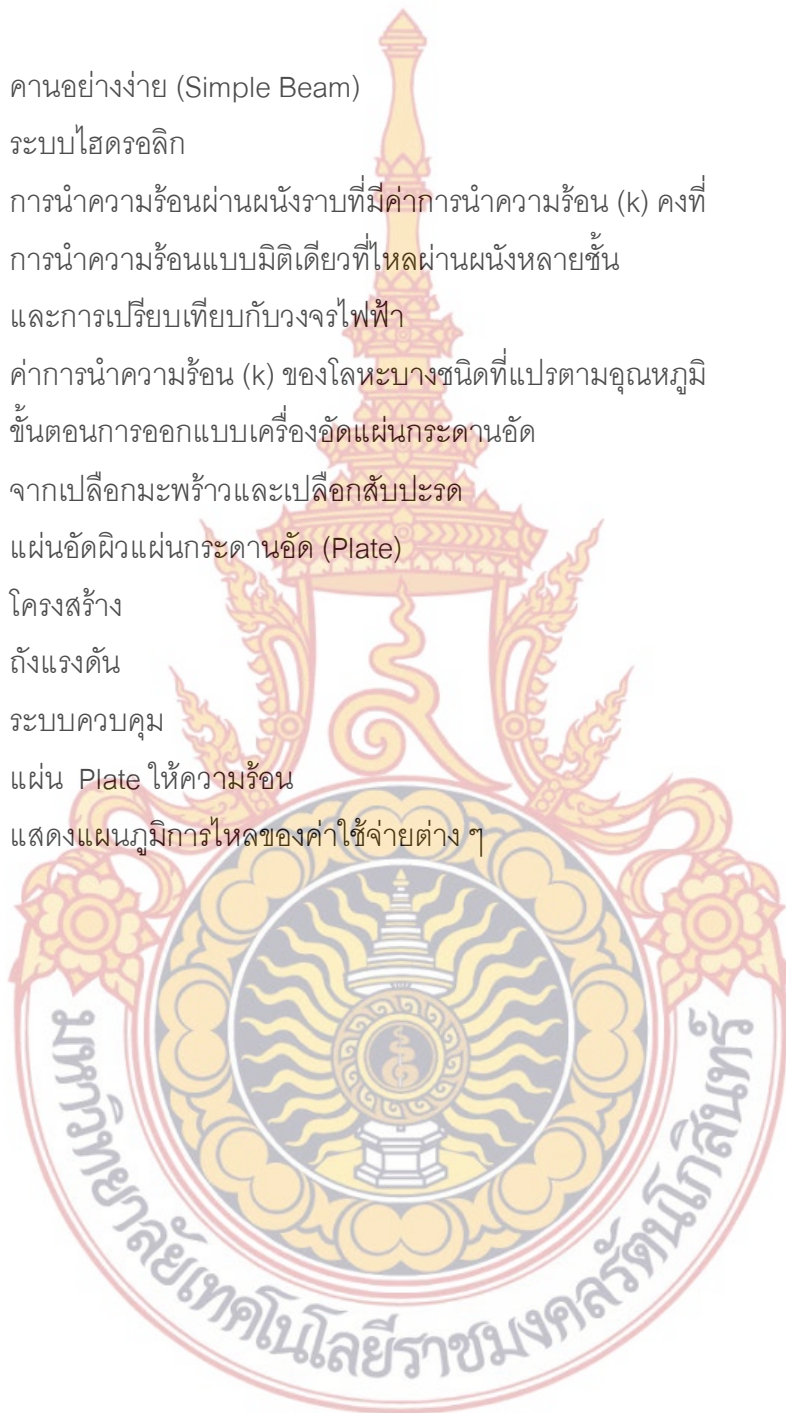
สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.6 การวิจัยและแนวทางในการพัฒนา	71
5.6.1 การวิจัยและการพัฒนาการด้านวัตถุดิบ (Raw Materials)	71
5.6.2 ด้านกรรมวิธีการผลิตและเครื่องมือเครื่องจักร	72
5.6.3 ด้านคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์	72
5.6.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์และการวิจัยตลาด	73
บทที่ 6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	74
6.1 สรุปผล	74
6.2 ข้อเสนอแนะในการทำโครงการ	75
6.3 แนวทางการพัฒนา	76
เอกสารอ้างอิง	77



สารบัญรูปภาพประกอบ

รูปที่	หน้า
3.1 คานอย่างง่าย (Simple Beam)	16
3.2 ระบบไฮดรอลิก	18
3.3 การนำความร้อนผ่านผนังราบที่มีค่าการนำความร้อน (k) คงที่	31
3.4 การนำความร้อนแบบมิติเดียวที่ไหลผ่านผนังหลายชั้น และการเปรียบเทียบกับวงจรไฟฟ้า	32
3.5 ค่าการนำความร้อน (k) ของโลหะบางชนิดที่แปรตามอุณหภูมิ	36
4.1 ขั้นตอนการออกแบบเครื่องอัดแผ่นกระดานอัด จากเปลือกมะพร้าวและเปลือกสับปะรด	39
4.2 แผ่นอัดผิวแผ่นกระดานอัด (Plate)	40
4.3 โครงสร้าง	48
4.4 ถังแรงดัน	53
4.5 ระบบควบคุม	54
4.6 แผ่น Plate ให้ความร้อน	54
5.1 แสดงแผนภูมิการไหลของค่าใช้จ่ายต่าง ๆ	70



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การปลูกมะพร้าวปี	7
2.2	การปลูกสับปะรด	8
2.3	ความหนาแน่นของวัสดุ	9
3.1	ตัวอย่างเปรียบเทียบการทำงานของปั๊มประเภทต่าง ๆ	27
3.2	ค่าการนำความร้อน (k) ของโลหะ, อโลหะ, ของแข็ง, ของเหลว และแก๊สบางชนิด	35
5.1	แสดงค่าใช้จ่ายและผลตอบแทน	68



รายการสัญลักษณ์

m	มวลของแผ่นอัดผิวของแผ่นกระดานอัด (Plate)
V	ปริมาตรของแผ่นอัดผิวของแผ่นกระดานอัด (Plate)
ρ	ค่าความหนาแน่น
D	ขนาดของกระบอกสูบ
P	ความดันที่ใช้งาน
gpm	อัตราไหลของปั๊ม
A	พื้นที่ลูกสูบ
V	ความเร็วก้านสูบที่กำหนด
H.P.	แรงม้า
P	แรงดันที่ใช้งาน
Q	อัตราการไหล
σ_c	ความเค้นอัดของวัสดุ
F	แรงที่ถูกระทำ
m	มวลของวัตถุ
g	สัมประสิทธิ์ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก
h	ความสูง
q_k	อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ หรือการนำความร้อน
T	อุณหภูมิ
X	ระยะทางการเคลื่อนที่ของความร้อน

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการใช้เทคโนโลยีในการผลิตวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ และเนื่องจากจังหวัดประจวบคีรีขันธ์เป็นจังหวัดที่ทำเกษตรกรรม การปลูกมะพร้าวและสับปะรดเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีผลผลิตทางการเกษตรที่มีแนวโน้มสูงขึ้นในแต่ละปี ส่งผลให้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มีจำนวนมากขึ้นเป็นเงาตามตัว จึงเกิดแนวคิดที่จะนำวัสดุเหลือใช้จำพวกเปลือกผลไม้ที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ เช่น เปลือกมะพร้าวและเปลือกสับปะรด มาผลิตเป็นแผ่นกระดานอัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ สำหรับใช้เป็นวัสดุภายในอาคารเพื่อลดความร้อนภายในอาคาร นอกจากนี้การใช้วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนต่ำเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน เช่น ความสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้าเนื่องจากเครื่องปรับอากาศ ดังนั้น การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเปลือกมะพร้าวและสับปะรดมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดที่มีค่าการนำความร้อนต่ำหรือเพิ่มความเป็นฉนวนให้กับวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอาคาร จะช่วยลดอุณหภูมิภายในอาคารได้เป็นอย่างดี เป็นการช่วยประหยัดพลังงานได้ทางหนึ่ง

ทั้งนี้จากการศึกษาวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรนั้นยังมีคุณค่าในการนำมาผลิตเป็นแผ่นกระดานอัดได้เป็นอย่างดีแต่เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตแผ่นกระดานอัดนั้นมีราคาแพงพอสมควรและส่วนใหญ่เป็นเครื่องจักรที่นำเข้าจากต่างประเทศเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นกระดานอัดขนาดใหญ่ ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะศึกษารวมวิธีที่ใช้ในการผลิตแผ่นกระดานอัดที่มีกระบวนการขนาดใหญ่ มาออกแบบให้มีขนาดเล็กลงและมีราคาถูกสามารถนำมาทำการผลิตในอุตสาหกรรมขนาดย่อมได้ โดยใช้เปลือกมะพร้าวและเปลือกสับปะรดที่เหลือใช้แล้ว

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอัดแผ่นกระดานอัดแบบอัดร้อนจากเปลือกมะพร้าวและเปลือกสับปะรด
- 1.2.2 เพื่อผลิตแผ่นกระดานอัดจากเปลือกมะพร้าวและเปลือกสับปะรด ซึ่งเป็นวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรที่มีมากในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์สำหรับเป็นวัสดุอาคาร
- 1.2.3 เพื่อลดการนำเข้าเครื่องจักรจากต่างประเทศที่มีราคาแพง
- 1.2.4 เพื่อให้ชุมชนมีความเข้มแข็งทางอาชีพและรายได้

1.3. ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 ออกแบบและสร้างเครื่องอัดแผ่นกระดานอัดจากเปลือกสับประคและเปลือกมะพร้าวแบบอัตโนมัติ
- 1.3.2 เป็นเครื่องอัดแผ่นกระดานอัดขนาดเล็กสามารถผลิตแผ่นกระดานอัดได้ 50 แผ่น/วัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและ

- 1.4.1 สามารถผลิตแผ่นกระดานอัดจากเปลือกสับประคและเปลือกมะพร้าวซึ่งวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้
- 1.4.2 สามารถผลิตแผ่นกระดานอัดได้ตามขนาดที่ต้องการ
- 1.4.3 เหมาะสำหรับผลิตแผ่นฝ้าเพดาน หรือแผ่นผนังกันห้อง
- 1.4.4 สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการอัดแผ่นกระดานอัดโดยใช้วัสดุอย่างอื่นได้
- 1.4.5 มีกระบวนการในการผลิตแผ่นกระดานอัดที่ไม่ยุ่งยาก



บทที่ 2

วัสดุและกระบวนการผลิตแผ่นกระดานอัด

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเกิล มีความเจริญเติบโตไปอย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ของการเกิดอุตสาหกรรมนี้ จากโรงงานเล็ก ๆ ที่กำลังผลิตต่ำใช้แรงงานมาก ซึ่งโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลภายในประเทศมีผู้ผลิตหลายราย เกิดการแข่งขันด้านการตลาดกันอย่างมากระนั้น พื้นที่บางพื้นที่ซึ่งมีวัตถุดิบอันไม่เป็นที่ต้องการของท้องตลาดเช่น จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งเป็นอีกจังหวัดหนึ่งที่ได้มีการทำการเพาะปลูกพืชทางเศรษฐกิจที่สำคัญเพื่อป้อนเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรมซึ่งได้แก่ มะพร้าว สับปะรด โดยเมื่อนำเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ก็จะเหลือเปลือกสับปะรดและ เปลือกของมะพร้าวที่ไม่เป็นที่ต้องการของท้องตลาด ดังนั้นจึงได้ทำเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการทำแผ่นกระดานอัดที่มีต้นทุนต่ำซึ่งทำให้วัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นทำให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้นและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่าเดิม

วัตถุดิบของแผ่นกระดานอัด คือ ไม้ หรือวัสดุเศษเหลือที่ให้เส้นใย กาว และสารเคลือบกันชื้น แผ่นกระดานอัด ที่มีคุณภาพดีนอกจากจะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบเกี่ยวกับไม้หรือวัสดุเศษเหลือที่ให้เส้นใย ที่จะต้องปรับปรุงให้เหมาะสมในขบวนการผลิตแล้ว ทั้งกาว และสารเคลือบกันชื้นที่มีคุณภาพดีก็เป็นปัจจัยสำคัญอย่างมากที่ไม่ควรละเลยในการทำแผ่นกระดานอัด

2.1 วัสดุเหลือใช้ทั่วไป

2.1.1 ไม้ (Wood) วัสดุไม้ที่ใช้สำหรับการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด แบ่งได้เป็น 5 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้

- ผลิตผลป่าไม้ที่ยังไม่แปรรูป (Unprocessed forest products) เช่น ไม้ขนาดเล็กที่ได้จากการตัดสายขยายระยะ (Thinning) และกิ่งก้านที่หนา หรือใหญ่ (Thick branches)
- เศษไม้ขนาดใหญ่ ที่เหลือจากอุตสาหกรรม (Coarse industrial residues) เช่น ปีกไม้ (Slabs) ขอบไม้ (Edgings) เศษไม้ที่ตัดทิ้งจากโรงเลื่อย (Off-cuts from sawmills) ไล่ไม้ที่เหลือจากการลอก (Peeler cores) และส่วนเสียที่ถูกตัดทิ้งจากการผลิตไม้บาง (Rejects from veneer)
- เศษเหลือขนาดเล็ก จากอุตสาหกรรม (Fine industrial residues) โดยเฉพาะ ชีบกบ (Planer mill shavings) และขี้เลื่อย (sawdust)
- ชิปไม้ หรือ ชิ้นไม้สับ (Wood chips) จากการตัดไม้ด้วยเครื่องตัดชิ้นไม้

- เศษเหลือ เช่น แผ่นไม้ ขอบไม้ หรือเศษไม้ระแนง และส่วนอื่น ๆ ที่ถูกตัดทิ้งจากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ และอุตสาหกรรมอบไม้

เห็นได้ว่าวัสดุเกือบทุกชนิดที่มีลักษณะรูปร่างลักษณะแตกต่างกันตั้งแต่ ไม้ทุง จนถึงซี่เลื่อย สามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลได้ แม้แต่ไม้เก่าจากการทำลังหีบ และการรื้อถอนจากบ้านเก่า ก็ยังมีความพยายามนำมาใช้ผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลใหม่ขึ้นได้อีก เช่น ในประเทศญี่ปุ่น สาเหตุจากความหลากหลายในวัสดุไม้ที่นำมาใช้ผลิตเป็นชิ้นไม้นั้น ทำให้รูปร่างลักษณะของชิ้นไม้ที่ผลิตได้แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับวัสดุไม้เริ่มต้น แต่บางชนิด เช่น ซีกบ และเศษไม้บางเล็ก ๆ สามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลได้เลยโดยตรง ชนิดของชิ้นไม้และค่าใช้จ่ายในการทำชิ้นไม้ให้ได้ลักษณะความต้องการ นับเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญปัจจัยหนึ่งของต้นทุนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด นอกจากนี้หากคำนึงถึงคุณภาพของแผ่นที่ผลิตได้ การผลิตชิ้นไม้แต่ละชนิด รูปทรงของชิ้นไม้ และการผสมชิ้นไม้หลาย ๆ ชนิดเข้าด้วยกัน เป็นปัจจัยที่มีผลกระทบอย่างมากต่อคุณภาพของแผ่นปาร์ติเกิล

2.1.2 **ชิ้นไม้ (Particles)** ที่นำมาใช้ผลิตนั้น มีลักษณะต่าง ๆ กัน และถูกย่อยด้วยเครื่องจักรต่างกันด้วย ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

- ชิป (Chips) หรือชิ้นไม้ดับ หมายถึง ชิ้นไม้ขนาดสม่ำเสมอกัน ซึ่งได้จากการผ่าด้วยอาการคล้ายสับด้วยขวาน ในเครื่องตัดชิ้นไม้ที่เรียกว่า ชิปปเปอร์ (Chipper) คล้ายกับของอุตสาหกรรมกระดาษ หรือผลิตโดยเครื่องย่อยชิ้นไม้อย่างหยาบที่เรียกว่า Hog หรือผลิตโดยเครื่อง (Hammer mills) เป็นต้น

- เกล็ด (Flake) หมายถึง ชิ้นไม้ที่ผลิตขึ้นเป็นพิเศษที่มีลักษณะบาง เรียบ มีทิศทางของเส้นใยไม้ขนานกับผิว ได้จากการใช้ใบมีดตัดในทิศทางขวางเส้นใย ซึ่งอาจเป็นด้านรัศมีด้านสัมผัส หรือทำมุมกันระหว่างด้านทั้งสอง การตัดลักษณะนี้ทำให้ได้ชิ้นไม้ที่มีความหนาสม่ำเสมอ

- เกล็ดใหญ่ (Wafer) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความกว้าง และความหนามากกว่า

- แถบ (Strand) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความยาวมาก เมื่อเทียบกับความกว้าง และมีความหนาสม่ำเสมอตลอดความยาวของแถบ

- ซีกบ (Planer shaving) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็ก มีความหนาไม่เท่ากัน คือ หนาที่ปลายด้านหนึ่งส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะบาง และมีลักษณะเป็นแฉกขนนก และมักจะโค้งงอด้วย ซึ่งได้จากการไสไม้จากเครื่องไสไม้ชนิดหัวตัดหมุน (Rotary cutterhead)

- แท่ง (Splinter or sliver) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าเมื่อมองทางหน้าตัด และมีความยาวตามแนวเส้นใยไม่น้อยกว่า 4 เท่าของความหนา

- เม็ด (Granule) หมายถึง ชี้นไม้ที่มีลักษณะขี้เลื่อย ซึ่งมีความกว้าง ความยาว และความหนาเกือบเท่ากัน
- ฝอยไม้ (Wood wool or excelsior) หมายถึง ชี้นไม้ลักษณะแถบ แต่มีความยาวกว่า และโค้งงอต้องใช้เครื่องชูดเป็นพิเศษ ใช้สำหรับเป็นองค์ประกอบรวมสำหรับแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดบางประเภท

2.2 วัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรประเภทให้เส้นใย

2.2.1 หญ้าแฝก ชนิดพันธุ์หญ้าแฝกที่พบในประเทศไทย มีเพียง 2 ชนิด คือ แฝกลุ่ม (Vetiveria zizaniodes Nash) ซึ่งสามารถเจริญเติบโตได้ดีในที่ลุ่ม และอีกชนิดคือ แฝกดอน (Vetiveria nemoralis A. Camus) ซึ่งสามารถเจริญเติบโตได้ดีในที่ดอน หญ้าแฝกทั้งสองชนิดดังกล่าว กรมพัฒนาที่ดิน ได้จำแนกออกเป็น 28 สายพันธุ์ โดยแยกเป็นแฝกลุ่ม จำนวน 11 สายพันธุ์ และแฝกดอน จำนวน 17 สายพันธุ์ [5] แต่สำหรับพันธุ์ที่ได้มีการทดลอง และคัดเลือกแล้ว ว่าเป็นพันธุ์ที่เหมาะสม สำหรับส่งเสริมให้ราษฎรปลูก เนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี มีความทนทานต่อโรค แมลง ให้ผลผลิตสูง สามารถอนุรักษ์ดินและน้ำได้ดี และมีความเหมาะสมกับลักษณะสภาพพื้นที่ของเกษตรกร มีเพียง 12 สายพันธุ์ คือ กลุ่มพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับปลูกในที่ลุ่ม จำนวน 6 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์มอนโต้ , พันธุ์กำแพงเพชร 2 , พันธุ์สุราษฎร์ธานี , พันธุ์ศรีลังกา , พันธุ์สงขลา 3 , และพันธุ์พระราชทาน สำหรับกลุ่มพันธุ์ที่เหมาะสมที่จะปลูกในที่พื้นที่ดอน มีจำนวน 6 สายพันธุ์เช่นกัน คือ สายพันธุ์ร้อยเอ็ด , สายพันธุ์นครสวรรค์ , สายพันธุ์กำแพงเพชร 1 , สายพันธุ์ราชบุรี , สายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และสายพันธุ์เลย

การพัฒนาหญ้าแฝกเป็นแผ่นประกอบ ชนิดแผ่นขึ้นแฝกอัด โดยใช้หญ้าแฝกดอน สายพันธุ์ราชบุรี ได้มีการศึกษา โดยพบว่าแผ่นประกอบจากชี้นหญ้าแฝกดอนสามารถนำมาผลิตทำเป็นเครื่องเรือน และเครื่องไม้ใช้สอยต่าง ๆ ในครัวเรือน เพื่อทดแทนไม้จริงได้เป็นอย่างดี เมื่อเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นขึ้นแฝกอัดของ JIS A 5908 (1994) พบว่าแผ่นประกอบจากใบหญ้าแฝกดอน สายพันธุ์ราชบุรี ดังกล่าว มีคุณภาพของแผ่นอยู่ในเกณฑ์สูงสุดของมาตรฐานกำหนด (18 type) ยกเว้นการพองตัวทางความหนาหลังแช่น้ำ ซึ่งต้องมีการปรับปรุงพัฒนาต่อไป และได้มีการนำแผ่นขึ้นแฝกอัดดังกล่าว ไปทำการทดลองความทนทานกับปลวก โดยนักวิจัยของกรมป่าไม้ ซึ่งกำลังดำเนินการทดลองอยู่ สำหรับการศึกษารผลิตแผ่นขึ้นแฝกอัดจากสายพันธุ์อื่น ๆ ยังไม่มีการศึกษาแต่อย่างใด

2.2.2 ชานอ้อย อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจทางการเกษตรที่สำคัญ เพื่อสกัดน้ำหวานออกจากลำต้นผลิตเป็นน้ำตาลใช้บริโภคภายในประเทศและส่งออกสามารถทำรายได้จากการส่งออกน้ำตาลให้แก่ประเทศปีละไม่ต่ำกว่า 3000 ล้านบาท เกษตรกรมีการปลูกอ้อยเป็นปริมาณมากขึ้นทุกปี

ดั่งสถิติผลผลิตอ้อยตั้งแต่ปี พ.ศ.2519-2533 ทำให้เหลือกากอ้อยหรือชานอ้อย จากการหีบอ้อย เพื่อผลิตน้ำตาลในปีหนึ่งๆ ไม่ต่ำกว่า 8 ล้านตัน การหีบอ้อย 1 ตัน สามารถให้กากอ้อยประมาณ 250 กิโลกรัม หรืออาจกล่าวได้ว่า การผลิตน้ำตาลจากอ้อยจะได้กากอ้อยประมาณร้อยละ 25 ของอ้อยที่ใช้ในการผลิต

ในจำนวนกากอ้อยที่เหลือแต่ละปี ประมาณร้อยละ 30 จะถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงสร้างพลังงานความร้อนในโรงงานน้ำตาลเอง อีกประมาณร้อยละ 15 ได้ถูกนำมาเป็นวัตถุดิบที่ให้เส้นใยทดแทนไม้ธรรมชาติที่ใช้ผลิตเยื่อกระดาษ ทำให้ยังเหลือกากอ้อยถึงประมาณร้อยละ 55 หรือไม่ต่ำกว่า 4.5 ล้านตัน นับเป็นจำนวนมหาศาลในแต่ละปี ถึงแม้ว่าปัจจุบันจะได้มีการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นไม้ประกอบและแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดแล้วก็ตาม แต่ก็มีการใช้กากอ้อยเพียงประมาณ 4 แสนตัน หรือร้อยละ 5 ของกากอ้อยทั้งหมดนับเป็นปริมาณการใช้ประโยชน์จากกากอ้อยทั้งหมด

ชานอ้อย หรือกากอ้อย เป็นกากใยของอ้อยที่ผ่านการหีบสกัดเอาน้ำหวานออกจากต้นอ้อยแล้ว ส่วนประกอบของชานอ้อยจะแปรเปลี่ยนตามชนิดของพันธุ์อ้อย ระยะเวลาการเติบโต วิธีการเก็บเกี่ยวและประสิทธิภาพของโรงหีบในโรงงานน้ำตาล

ส่วนประกอบของชานอ้อยเมื่อหีบแล้วจะประกอบด้วย

- ความชื้น ประมาณ 46-52 %
- กากอ้อยที่ให้เส้นใย ประมาณ 43-52 %
- น้ำตาลตกค้างและสิ่งเจือปนอื่น ประมาณ 2-6 %

โครงสร้างทางกายภาพของชานอ้อย ประกอบด้วย

- เนื้อเยื่อไฟเบอร์ 55 %
- ท่อเวสเซล 20 %
- พืท(Pith) 20 %
- อื่น ๆ 5 %

2.2.3 มะพร้าวและสับปะรด ปัจจุบันจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งเป็นอีกจังหวัดหนึ่งที่ได้มีการทำการเพาะปลูกพืชทางเศรษฐกิจที่สำคัญ เพื่อป้อนเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งได้แก่ มะพร้าว และสับปะรด เป็นต้น โดยเมื่อนำเข้าโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ก็จะเหลือเปลือกสับปะรด และเปลือกของมะพร้าวจะที่ไม่ต้องการของท้องตลาด ดังนั้นจึงได้นำเอาวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นนำมาทำให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้นและสามารถให้ประโยชน์ได้มากกว่าเดิม

ตารางที่ 2.1 การปลูกมะพร้าวปี 2545 (ข้อมูล ณ วันที่ 31 ตุลาคม 2545) [7]

อำเภอ / กิ่งอำเภอ	พื้นที่ปลูก (ไร่)			ผลผลิต		มูลค่า การผลิต
	ให้ผล	ไม่ให้ผล	รวม	ผลผลิต เฉลี่ย (ก.ก./ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)	
เมืองประจวบ ฯ	45,405.00	1,910.00	47,315.00	881.25	39,215.63	152.94
บางสะพาน	183,500.00	4,701.00	188,201.00	937.50	170,859.38	666.35
หัวหิน	463.00	120.00	583.00	2,000.00	670.00	2.61
กุยบุรี	11,025.00	1,100.00	12,125.00	562.50	5,658.75	22.07
ปราณบุรี	3,360.00	200.00	3,560.00	9,37.50	3,000.00	11.70
ทับสะแก	152,380.00	1,826.00	154,206.00	1,200.00	182,400.00	711.36
บางสะพานน้อย	68,758.00	7,710.00	76,468.00	3,750.00	254,805.00	993.74
กิ่ง อ.สามร้อยยอด	4,100.00	300.00	4,400.00	375.00	1,387.50	5.41
รวมทั้งสิ้น	468,991.00	17,867.00	486,858.00	1,413.64	662,986.38	2,566.2

ตารางที่ 2.2 การปลูกสับปะรด ปี 2544 / 2545 (ข้อมูลตั้งแต่เดือนตุลาคม 2544 ถึงเดือนกันยายน 2545) [7]

อำเภอ / กิ่งอำเภอ	พื้นที่ปลูก (ไร่)	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย ต่อ พื้นที่เก็บเกี่ยว (ก.ก./ไร่)	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	มูลค่าการ ผลิต (ล้านบาท)
เมืองประจวบ ฯ	71,302.00	30,060.00	4,490.85	134,995.00	607.47
บางสะพาน	42,598.00	19,635.00	4,348.00	85,373.05	384.18
หัวหิน	185,158.00	55,000.00	9,677.73	532,275.00	2,395.23
กุยบุรี	79,205.00	27,429.00	3,053.26	83,748.00	376.87
ปราณบุรี	122,568.00	64,820.00	4,092.48	265,274.40	1,193.73
ทับสะแก	6,270.00	-	-	-	-
บางสะพานน้อย	15,680.00	5,200.00	2,288.46	11,900.00	53.55
กิ่ง อ.สามร้อยยอด	156,320.00	115,000.00	2,237.04	257,260.00	1,157.67
รวมทั้งสิ้น	679,101.00	317,144.00	4,322.41	1,370,825.45	6,168.70

2.3 วัสดุที่นำมาผลิตแผ่นกระดานอัดในปัจจุบัน

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมแผ่นกระดานอัดมีการใช้เกล็ดไม้ (Flakes) ชีบกบ (Shavings) และใยไม้ (Fibers) เป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญที่สุด แต่มีการใช้ขนาดต่างกันมาก

รูปร่างและขนาดของชิ้นไม้ (Particle geometry) หรือชนิดของชิ้นไม้ (Particle type) เป็นหนึ่งในปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการพิจารณาถึงคุณสมบัติและคุณลักษณะของแผ่นกระดานอัด ตามด้วยปัจจัยทางด้านชนิดของไม้ (Wood species) ชนิดและปริมาณของตัวประสานสารเติมแต่งอื่นๆ และโครงสร้างของแผ่นซึ่งโครงสร้างของแผ่นขึ้นอยู่กับกรรมวิธีเตรียมแผ่นการเรียงชั้นและสภาวะในการอัด

2.4 ชนิดของแผ่นปาร์ติเกิล

แผ่นปาร์ติเกิลแบ่งออกได้หลายชนิดและถูกเรียกชื่อแตกต่างกันไป [5] ตามลักษณะชนิดที่แบ่งนั้น ๆ ซึ่งสามารถสรุปหลักเกณฑ์การแบ่งชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดโดยทั่วไปเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

2.4.1 ลักษณะความหนาแน่นของแผ่น เป็นหลักเกณฑ์ที่ยึดถือเพื่อใช้จำแนกของแผ่นปาร์ติเกิลในทางวิชาการ

ตารางที่ 2.3 ความหนาแน่นของวัสดุ

Type of Particleboard	Density (kg./m ³)		
	FAO	CS	มอก.
	1957	236-66	876-2532
Low-density (Insulating type)	250-400	< 690	-
Medium-density	400-800	590-800	500-800
High-density (Hardboard type)	810-1200	> 800	-

2.4.2 ลักษณะของชิ้นไม้ที่ผลิต ชิ้นไม้ที่นำมาใช้ผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด มีลักษณะต่างๆ กัน และถูกย่อยด้วยเครื่องจักรต่างกันด้วย เช่น ชิปหรือชิ้นไม้สับ (Chips), เกล็ด (Flake), เกล็ดใหญ่ (Wafer), แถบ (Strand), ชี้กบ (Planer shaving), แท่ง (Splinter or sliver), ฝอยไม้ (Wood wool or excelsior), เป็นต้น แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดผลิตจากชิ้นไม้ลักษณะใดลักษณะหนึ่ง มักจะถูกเรียกเป็นแผ่นชิ้นไม้ลักษณะนั้นๆ เช่น Chipboard, Flake board, Wafer board, Strand board และ Shaving board เป็นต้น

2.4.3 กรรมวิธีการอัดแผ่น โดยอัดแผ่นกระดานอัดที่ผสมตัวประสานและสารเติมแต่งอื่นแล้ว จะถูกนำไปทำเป็นแผ่นเตรียมอัด (Form mat) เพื่อทำการอัดร้อนต่อไป แรงอัดที่ใช้ในการอัดร้อน มีใช้กันอยู่ 2 ทิศทาง หากใช้แรงอัดให้มีทิศทางตั้งฉากกับระนาบของแผ่นซึ่งอาจทำเป็น

แผ่นๆ หรือ ทำต่อเนื่อง เรียกแผ่นปาร์ติเกิลแบบนี้ว่า Flat-Platen Pressed Particleboard เป็นแผ่นปาร์ติเกิลที่ผลิตกันอยู่ในปัจจุบัน หากให้ทิศทางแรงอัดขนานกับระนาบของแผ่นไปตามความยาวของแผ่น เรียกแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดแบบนี้ว่า Extruded Particleboard เช่น แผ่น Kreibaum Process ซึ่งผลิตโดย Otto Kreibaum ในเยอรมัน แผ่นชนิดนี้จะอัดออกมาตามแบบ แผ่นที่หนา มักจะใช้ที่ร้อนกลางแผ่นช่วยให้กาบแข็งตัวเร็วขึ้น จึงมีรูปกลมยาวกลางแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด และมีการผลิตกันน้อย

2.4.4 ลักษณะโครงสร้างแผ่นเป็นการแบ่งตามการกระจายตัวของขนาดชั้นทางด้านความหนา มีอยู่ 3 ชนิด ได้แก่

- แผ่นปาร์ติเกิลชั้นเดียว (Single layer or Homogeneous particleboard) หมายถึง แผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาดเหมือนกัน มีส่วนผสมของกาบและสารเติมแต่งอย่างเดียวกัน ตลอดความหนาของแผ่นปาร์ติเกิล

- แผ่นปาร์ติเกิล 3 ชั้น (Three layers particleboard) หมายถึง แผ่นปาร์ติเกิลที่แบ่ง ตามลักษณะของชิ้นไม้ ออกเป็น 3 ชั้น ตลอดความหนาของแผ่น ในแต่ละชั้นประกอบด้วยชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาด ตลอดจนส่วนผสมของกาบเหมือนกัน ปกติใช้ชิ้นไม้ขนาดเล็กและบาง เป็นผิวหน้าและหลัง ส่วนชั้นไส้ใช้ชิ้นไม้หยาบและใหญ่กว่า ไม้ที่ใช้เป็นชั้นไส้อาจเป็นชนิดที่ต่างกับที่ใช้ทำชั้นผิวหน้าและหลังก็ได้ ปริมาณกาบที่ใช้ผสมในชั้นผิวทั้ง 2 หน้า มักมีมากกว่าชั้นไส้ เพื่อให้เกิดโครงสร้างที่สมดุลกันมีผิวแข็งและแน่นขึ้น

- แผ่นปาร์ติเกิลขนาดลดหลั่น (Graduated particleboard) หมายถึง แผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีขนาดและลักษณะต่างกัน โดยโครงสร้างของแผ่นประกอบด้วยชิ้นไม้ขนาดใหญ่ และหยาบกว่า อยู่ตรงแนวกลางแผ่นตลอดความหนาจากแนวกลางแผ่น ชิ้นไม้จะมีขนาดลดหลั่นเล็กไปหาผิวทั้งสองข้าง โดยไม่มีการแบ่งชั้นแน่นอน

2.4.5 ลักษณะการใช้ประโยชน์ การเรียกชื่อจะถูกเรียกตามลักษณะการใช้ประโยชน์นั้น ได้แก่

- แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดเพื่อใช้งานภายในอาคาร (Interior Particleboard) เป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีการผลิตเป็นส่วนใหญ่การใช้กาบยูเรีย และยูเรีย-เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสานชิ้นไม้ ใช้งานในที่ ๆ มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมปานกลาง เช่น ใช้เป็นฝ้าเพดาน ผนังห้องหรือชิ้นส่วนของเฟอร์นิเจอร์

- แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดเพื่อการใช้งานภายนอกอาคาร (Exterior Particleboard) ผลิตเพื่อใช้งานในที่ที่มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมสูง ทนแดดและฝนได้ดี ใช้กาบฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ กาบเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์และกาบ PMDI เป็นตัวประสานชิ้นไม้

- แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดสำหรับปูรองพื้น (Particleboard Floor Underlayment) หรือใช้สำหรับทำชั้นดาดฟ้าของบ้านเคลื่อนที่เป็นผลิตภัณฑ์ปาร์ติเกิลบอร์ด ที่ผลิตเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมและขัดกระดาษทรายให้ได้ความหนาสม่ำเสมอ เพื่อสามารถกับวัสดุอื่นปูพื้นได้ระดับและเรียบสม่ำเสมอ

- แผ่นปาร์ติเกิลสำหรับเก็บเสียง (Acoustical Particleboard) เป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้กรุผนังหรือเพดาน เพื่อลดการสะท้อนเสียงในห้องลง โดยทำการปรูหรือเจาะร่องเป็นแบบต่างๆ

2.4.6 แบ่งตามชื่อทางการค้า ซึ่งโรงงานผู้ผลิตตั้งขึ้นเพื่อจัดจำหน่ายที่ไม่ซ้ำกัน ป้องกันผู้บริโภคเกิดความสับสน

2.4.7 แบ่งตามลักษณะที่ปรากฏ ของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผู้ผู้นำไปบริโภคต่อ ซึ่งจะสะดวกในการเรียก เช่น แผ่นปาร์ติเกิลเปลือยผิว แผ่นปาร์ติเกิลปิดผิว และแผ่นปาร์ติเกิลเคลือบผิว เป็นต้น

2.5 เครื่องอัดแผ่นกระดานอัด

2.5.1 เครื่องอัดแผ่นกระดานอัดที่ใช้โดยทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรม โรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลเก่า ๆ ส่วนใหญ่นิยมใช้การอัดร้อนแบบหลายช่องอัด (Multiple opening hot presses) ซึ่งจะผลิตแผ่นปาร์ติเกิลหนึ่งแผ่นต่อหนึ่งช่องอัด ต่อหนึ่งวงจรอัด (Press cycle) โดยมีแท่นป้อนรับแผ่นเตรียมอัดและแผ่นหลังอัด (Press loader unloaded) เป็นพื้นที่คอยรับและป้อนแผ่นเตรียมอัด (Form mats) ทั้งสองด้านของเครื่องอัด ซึ่งจำเป็นต้องมีแท่นรับ-ป้อนนี้ เป็นจำนวนเท่ากับช่องอัดของเครื่องอัดทั้งสองด้าน เมื่อแท่นป้อนแผ่นเตรียมอัดเข้าไปในช่อง การป้อนก็จะป้อนแผ่นพร้อมกันทุกแผ่นไปยังเครื่องอัดเมื่อแผ่นถูกทำการอัดร้อนแล้วจากวงจรอัดที่กำหนดแล้วก็จะถูกเคลื่อนที่ออกจากเครื่องอัดมายังเครื่องรับแผ่นหลังอัด (Press unloaded) อีกด้านหนึ่ง ดังนั้นสายการเตรียมแผ่นก่อนอัด จึงต้องทำการโรยเส้นใยของมะพร้าวและสับปะรดเป็นแผ่นในอัตราความเร็วที่เหมาะสมที่สามารถผลิตแผ่นก่อนอัดได้เพียงพอต่อแท่นป้อน ซึ่งก็ทำการป้อนแผ่นเตรียมอัดทันทีที่เครื่องอัดเปิดขั้นตอนการอัดนี้เป็นขั้นตอนที่ควบคุมกำลังผลิตจากโรงงาน ที่จะสามารถผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดได้ปริมาณมากน้อยตามความต้องการการทำงานควรเป็นไปในลักษณะต่อเนื่องจึงไม่ควรเปิดเครื่องอัดเพื่อรอแผ่นเตรียมอัดไว้นานเพราะจะทำให้กำลังการผลิตลดลงไป ด้วยเหตุนี้โรงงานทั่วไปจึงต้องทำการออกแบบให้สายการเตรียมแผ่นก่อนอัด (Forming lines) มีความเร็วที่สอดคล้องกับวงจรการอัดร้อนด้วย

2.5.2 เครื่องอัดแผ่นกระดานอัด (อัดร้อน)

การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลหรือแผ่นเส้นใยของมะพร้าวและสับปะรดอัด (Particleboard) นั้น นอกจากวัตถุดิบอัน ได้แก่ เส้นใยของมะพร้าวและสับปะรด กาว และสารเติมแต่ง จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการผลิตเพื่อผสมวัตถุดิบทั้งหมดเข้าด้วยกันแล้วก่อตัวเป็นรูปร่างลักษณะแผ่น (Boards) ที่มีความแข็งแรงคงสภาพเป็นแผ่นให้ใช้งานได้เป็นเวลานาน ๆ กระบวนการผลิตจึงเป็นหัวใจหลักที่สำคัญที่สุดในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล คุณภาพและการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่าย่อมได้จากเทคโนโลยีกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพกว่า

การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลมี 2 ระบบ คือ ระบบอัดแบบกระทุ้ง (Extrusion) และการอัดแบบราบ (Flat-plate) การอัดแบบกระทุ้งมีข้อมากมาย เช่น ต้องเลือกวัตถุดิบเส้นใยของมะพร้าวและสับปะรดที่มีคุณสมบัติง่ายต่อการสันไหลของแผ่นงาน ดังนั้นจึงใช้ในการอัดแบบแนวราบ (Flat-plate) โดยใช้เครื่องจักรแบบอัดร้อน (Hot presses) เข้ามาประยุกต์ใช้ในการอัด

กรรมวิธีอัดเป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างมากและขึ้นอยู่กับขบวนการผลิตต่างๆที่ผ่านมาแล้วอย่างสูง หากแผ่นเตรียมอัดที่ทำขึ้นคุณภาพไม่ดี (Poor mat) เมื่อนำไปอัดจะได้แผ่นกระดานอัดสุดท้ายจะมีคุณภาพไม่ดีเช่นกัน (Poor particleboard) ในทำนองเดียวกันหากเส้นใยของมะพร้าวและสับปะรดที่ทำการผสมกับกาวแต่ได้รับกาวในปริมาณน้อยไม่เพียงพอต่อการเชื่อมยึดเหนี่ยวกับชิ้นไม้ ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการผสมที่ไม่ดี หรือในกรณีที่ขั้นตอนการอบที่ไม่ดีพอ เส้นใยของมะพร้าวและสับปะรดไม่มีความชื้นมากเกินไป แผ่นเตรียมอัดซึ่งเตรียมขึ้นจากเส้นใยของมะพร้าวและสับปะรดที่มีปัญหาเหล่านี้ หากนำไปเข้าขั้นตอนการอัดต่อไป ย่อมได้แผ่นกระดานอัดสุดท้ายที่มีคุณภาพต่ำ ขั้นตอนการอัดเป็นขั้นตอนที่ใช้เครื่องมือที่แพงที่สุดในการตั้งโรงงานผลิตปาร์ติเกิล และเป็นขั้นตอนที่ควบคุมกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่ออกจากโรงงาน โดยพิจารณาจากระยะเวลาในการอัด สภาพะในการอัดที่เหมาะสมมีประสิทธิภาพและใช้ระยะเวลาในการอัดที่สั้นที่สุด เร็วที่สุด ย่อมส่งผลดีต่อโรงงานเป็นการเพิ่มกำลังผลิตให้แก่โรงงานได้ นอกจากนี้คุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทางกล และสมบัติที่ดียิ่งขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการอัดอีกด้วย ดังนั้น สภาพะในการอัดที่ศึกษาและพัฒนาจนดีแล้วเป็นสิ่งที่จะต้องทำความเข้าใจและใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ในขั้นตอนการอัดนี้ มีหลายปัจจัยด้วยกันที่เกี่ยวข้องและต้องนำมาพิจารณาเพื่อหาสภาพะที่เหมาะสมที่สุดในการอัดเพื่อให้ได้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีคุณภาพ ขณะเดียวกันก็ต้องเป็นสภาพะที่ให้การผลิตของโรงงานเกิดประสิทธิภาพสูงสุด เช่น ใช้ระยะเวลาในการอัดที่สั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่ ชนิดของคะตะลิสต์ และกาว (Type of catalyst and resin) อุณหภูมิในการอัด (Press temperatures) ชนิดเส้นใยของมะพร้าวและสับปะรด และรูปร่างของเส้นใยของมะพร้าวและสับปะรด ระดับความชื้นและการกระจายความชื้นของแผ่นเตรียมอัด (Mat

moisture level and distribution) การถ่ายเทความร้อนภายในแผ่นระหว่างการอัด ระยะเวลาในการอัด (Press closing time) แรงดันในอัด (Pressure) และลักษณะการกระจายความหนาแน่นของแผ่นทางด้านหน้าตัด (Board density profile) และการแข็งตัวก่อนหรือหลังการอัดของกาว (Procure and post cure of the resins)

กรรมวิธีการอัด (Pressing operation) เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ทำให้แผ่นเตรียมอัดแข็งตัวขึ้น และเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันของกาวเพื่อผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ซึ่งจะอยู่ในขั้นตอนของการอัดร้อน โดยใช้เครื่องอัดร้อน (Hot presses) ซึ่งมีอยู่ 2 แบบใหญ่ๆ คือ แบบแท่น (Platen presses) และแบบต่อเนื่อง (Continuous presses) สำหรับเครื่องอัดร้อนแบบแท่น มีใช้กันอยู่ 2 แบบ คือ เครื่องอัดแบบช่องอัดหลายชั้น (Multiple-opening) และแบบช่องอัดเดี่ยว (Single-opening)

- เครื่องอัดร้อน (Hot press)

เครื่องอัดร้อนเป็นเครื่องจักรกลที่มีหน้าที่สำคัญที่สุดซับซ้อนที่สุดและราคาแพงที่สุดในสายการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลทั้งหมดเครื่องอัดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบใหญ่ๆ ได้แก่แบบแท่น (Platen press) และแบบต่อเนื่อง (Continuous press) สำหรับเครื่องอัดแบบแท่นที่ใช้กันอยู่ มี 2 ชนิด คือเครื่องอัดแบบช่องอัดหลายชั้น (Multiple-opening) และแบบช่องอัดเดี่ยว (Single-opening) การพิจารณาใช้เครื่องอัดแบบใดควรต้องทราบถึงการทำงานของเครื่องจักรแต่ละแบบเสียก่อน เนื่องจากแต่ละแบบมีข้อดีและข้อเสียที่ไม่เหมือนกัน

ปัจจัยสำคัญอื่นที่นำมาประกอบการพิจารณาในการประเมินคุณและโทษของแต่ละสายการอัดของการอัดร้อน คือ

1. คุณภาพของแผ่นกระดานอัดที่ได้รับ
2. วัตถุดิบที่ใช้เส้นใยของมะพร้าวและเปลือกสับปะรด ซึ่งมีความสำคัญกับปริมาณของแผ่นกระดานอัดที่จะได้รับ
3. ระยะเวลาที่ต้องการซ่อมบำรุงการเปลี่ยนตัวหยุด (Stops) หรืออุปกรณ์ควบคุมความหนา การทำความสะอาด และระยะเวลาการใช้งานจริง

การควบคุมความหนาของแผ่น มักนิยมใช้แท่งโลหะขนาดความหนาที่ต้องการกำหนด (Stops or gauge bars) วางไว้ที่ขอบสองด้านของช่องอัดแต่ละช่องโดยให้แท่นอัดขณะที่ยังอยู่สัมผัสแท่งโลหะพอดี จึงหยุดการอัด อีกวิธีหนึ่งที่นิยมคือ การใช้ระบบไฮดรอลิกควบคุมความหนา (Hydraulic thickness control system) โดยใช้วาล์วกำหนดตำแหน่งควบคุมความดันของไฮดรอลิกในกระบอก (Cylinders) ที่ยึดติดกับแท่นอัด ในการควบคุมความกว้างของช่องอัดแต่ละช่อง

2.6 การทำงานของเครื่องอัดแต่ละแบบ

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องอัดแบบใหม่ๆ ออกมาเพื่อลดปัญหาที่เกิดจากการอัดแบบเก่า ทั้งยังเพิ่มผลผลิตในโรงงานจากการใช้เวลาอัดที่สั้นขึ้น และลดการสูญเสียเศษเส้นใยของมะพร้าว และสับปะรดที่ถูกตัดออกตามขอบ เช่น เครื่องอัดแบบช่องอัดเดี่ยว (Single opening presses)

2.6.1 เครื่องอัดแบบต่อเนื่อง (Continuous presses) และเครื่องอัดแบบพ่นไอน้ำ (Strem-injection presses) ร่วมกับการใช้ระบบควบคุมการอัดด้วยคอมพิวเตอร์ทำให้วงจรการอัดมีประสิทธิภาพและเที่ยงตรงมาก

2.6.2 เครื่องอัดแบบอัดช่องเดี่ยว จะช่วยลดพื้นที่ในการป้อน-รับแผ่นอัด (Boarding-unloading area) ที่ต้องใช้กับเครื่องอัดแบบหลายช่องอัดลงได้ และยังได้มีการพัฒนาให้สามารถอัดแผ่นปาร์ติเกิลที่มีขนาดใหญ่ออกมาได้ยาวถึง 52 เมตร กว้าง 2.5 เมตร และหนา 12-28 มม. ต่อการอัดแต่ละครั้ง แล้วจึงนำออกมาตัดให้ได้ขนาดมาตรฐานที่ต้องการได้หลายแผ่น เช่น หากต้องการขนาดแผ่นมาตรฐานที่กว้าง 1.2 เมตร ยาว 2.4 เมตร (4x8 ฟุต) จะสามารถตัดได้ถึง 42 แผ่น การอัดแผ่นปาร์ติเกิลที่มีขนาดใหญ่จะช่วยลดปริมาณความสูญเสียขอบขอบแผ่นที่ต้องถูกตัดออกได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง พบว่าการอัดให้ได้แผ่นมาตรฐาน (1.2x2.4 เมตร) หนึ่งแผ่นต่อการอัดแบบเดิมแต่ละครั้ง จะต้องทำการตัดริมขอบออกราว 50 มม. ทำให้สูญเสียไม้ไปถึง 11.4 %

2.6.3 เครื่องอัดแบบหลายช่องอัด ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด จะทำการอัดพร้อมกัน คือ ช่องอัดทุกช่องอัดจะปิดพร้อมกัน ที่อัตราการปิดเดียวกันในวงจรการอัดร้อนเดียวกัน ในสมัยก่อนการอัดจะต้องอัดจากด้านล่างก่อนแผ่นเตรียมอัดที่อยู่แผ่นล่างสุด จึงใช้เวลาในการอัดร้อนนานกว่าแผ่นที่อยู่ในช่องอัดด้านบนๆ ทำให้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทั้งหมดที่ผลิตได้ในวงจรการอัดร้อนเดียวกัน มีคุณสมบัติไม่เหมือนกันทุกแผ่น เนื่องจากระยะเวลาการอัดในช่องอัดแต่ละช่องต่างกัน การใช้การอัดร้อนแบบอัดพร้อมกันทุกช่องอัดจึงช่วยขจัดปัญหาดังกล่าวได้มาก

เครื่องอัดแบบต่อเนื่อง ในระยะแรกๆที่มีชื่อเสียง ได้แก่ เครื่องอัดแบบบาร์เทรฟ (Rartrev) และแบบเมนเด้ (Mende) ซึ่งเป็นการใช้อัดแผ่นปาร์ติเกิล และแผ่นเอ็มดีเอฟที่มีความหนาบางๆ แต่ปัจจุบันเครื่องอัดแบบต่อเนื่องได้ถูกพัฒนาขึ้นจนสามารถอัดแผ่นไม้ที่มีความหนามากขึ้นได้ และมีการใช้อย่างกว้างขวางทั้งการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด แผ่นเอ็มดีเอฟ แผ่นเกล็ดไม้อัดเรียงเสี้ยน (OSB) แผ่นไม้บางอัดประสาน (LVL) และแผ่นไม้อัดเรียงเสี้ยนเป็นต้น บริษัทที่พัฒนาเครื่องอัดแบบต่อเนื่องนี้จนสำเร็จ และมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน มีอยู่ 4 บริษัท ได้แก่ Kusters, Bison Werke (ในปัจจุบันได้รวมกับ Kvserner) บริษัท Siempelkamp และ Dieffenbacher โดยผลิตเครื่องอัดต่อเนื่องทั้งหมด 4 แบบด้วยกันได้แก่ Contipress ของ Kusters, Hydro-Dyn ของ Bison Werke, ContiRoll ของ Tiempeikamp และ ContiPower system ผลิตโดย Dieffenbacher

ข้อดีบางประการของการอัดแบบต่อเนื่องก็คือ

1. สามารถควบคุมความหนาของแผ่นได้อย่างใกล้ชิดและเที่ยงตรง
2. ไม่มีผิวหน้าที่เกิดการแข็งตัวก่อน (Procure)
3. ลดเวลาการผลิตที่ต้องสูญเสียเวลาไปขณะทำการป้อนและรับแผ่นเตรียมอัดที่พบในการอัด แบบหลายช่องอัดและแบบช่องอัดเดียว
4. สามารถเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของแผ่นที่ผลิตได้อย่างรวดเร็ว
5. ควบคุมความหนาแน่นลดหลั่นทางความหนา Thickness profile ของแผ่นได้ดีกว่า
6. แผ่นที่ผลิตได้ไม่ต้องทำการขัดผิวหน้ามากนักจึงช่วยประหยัดปริมาณการใช้ไม้ วัสดุดิบและกาวด้วย
7. ลดการสูญเสียเศษปลายแผ่นไม้ที่จะต้องตัดออกทุกครั้งจากการอัดแบบเดิม ๆ



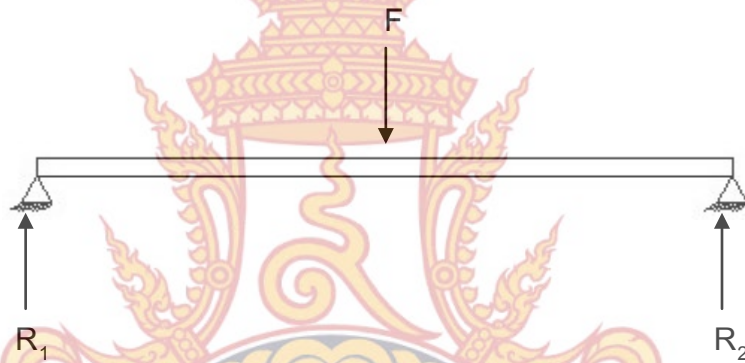
บทที่ 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 โครงสร้าง

ในการออกแบบโครงสร้างของเครื่องอัดแผ่นกระดาษอัดต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ ในการที่จะสร้างเครื่องอัดไม้กระดาษอัด [6] อันได้แก่

3.1.1 คาน (Beams) คานอย่างง่าย (Simple Beam) คือคานช่วงเดียวที่วางอยู่บนจุดรองรับคาน 2 ตัวมีลักษณะดังแสดงในภาพ



รูปที่ 3.1 คานอย่างง่าย (Simple Beam)

จากกล่าวได้ว่า คานจะสมดุลได้ด้วยแรงทั้งสองด้าน ที่มีขนาดเท่ากัน ซึ่งต่างก็ออกแรงเพื่อเชิอนคานในแนวตั้ง ดังนั้นเราสามารถให้ค่าจำกัดความของแรงเชิอนในคานได้ดังนี้

แรงเชิอนในคาน (Shear Force in Beam) คือผลรวมทางพีชคณิตของแรงในแนวตั้ง ณ จุดใดๆบนคาน ทั้งทางซ้ายมือและจุดขวามือของจุดนั้นต่างมีค่าเท่ากัน เขียนแทนด้วยอักษร F

ในทำนองเดียวกัน แรงปฏิกิริยา R_1 ทำให้เกิดโมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งโมเมนต์ทั้งสองต่างมีค่าเท่ากัน เนื่องจาก หน้าตัด อยู่ในสภาพสมดุล ดังนั้นเราสามารถให้ค่าจำกัดความของโมเมนต์ในคานได้ดังนี้

โมเมนต์ในคาน (Moment in Beam) คือผลรวมทางพีชคณิตที่เกิดจากแรงในแนวตั้ง ณ จุดใดๆ บนคานทั้งทางซ้ายมือและขวามือของจุดนั้นต่างมีค่าเท่ากันเขียนแทนด้วยอักษร M

ความเค้นดัดในคานหน้าตัดไม่สมมาตร (Stresses in Unsymmetrical Beams)

คานหน้าตัดไม่สมมาตร (Unsymmetrical Beams) คือคานที่มีค่าจุดศูนย์กลางถ่วง (Centroid) บนหน้าตัด ไม่อยู่กึ่งกลางของทั้งแนวแกน x และแนวแกน y เหมือนกับรูปสี่เหลี่ยม, รูปวงกลม, รูปตัว I สมมาตร เป็นต้น แต่จะได้แก่คานรูปตัว T คานรูปตัว U หรือคานรูปตัว C เป็นต้น

สำหรับการคำนวณหาค่าความเค้นหน้าตัดไม่สมมาตร สามารถทำได้ตามลำดับดังต่อไปนี้

1. หาค่าโมเมนต์ (M) จากสมการ หรือจากแผนภาพโมเมนต์
2. หาค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (I) ตามลำดับต่อไปนี้
 - หาจุดศูนย์กลางถ่วงของหน้าตัด
 - หาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ย่อยที่ถูกแบ่งเป็นรูปเรขาคณิตพื้นฐาน
 - ย้ายแกนของโมเมนต์ความเฉื่อย เพื่อหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนสะเทิน
3. คำนวณหาค่าความเค้นจากสมการ $\sigma = \frac{M_y}{I}$

3.1.2 **เสา (Column)** การวิเคราะห์ชิ้นส่วนของโครงสร้างที่รับแรงอัด (Compression Member) โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงสร้างที่เป็นเสา (Column) การที่เสาดันหนึ่งซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดคงที่ จะสามารถรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดได้ จะขึ้นอยู่กับความยาวของเสา ถ้าเสามีความยาวมาก เสาที่จะรับน้ำหนักบรรทุกได้น้อยลง เนื่องจากเกิดการโก่งตัวทางด้านข้าง (Buckling) มากขึ้นนั่นเอง

จากลักษณะที่เกิดขึ้นนี้ อาจเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของโครงสร้างที่ไม่ใช่เสาเพียงอย่างเดียว เช่น อาจเกิดขึ้นกับโครงสร้างที่เป็นคานที่มีลักษณะแคบมาก ซึ่งปราศจากการค้ำยันทางด้านข้าง ทำให้เกิดการแตกหักเนื่องจากน้ำหนักบรรทุก หรืออาจเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนโครงสร้างบางๆ ภายใต้น้ำหนักบรรทุกกระทำ ซึ่งอาจทำให้เกิดการแตกหักได้เช่นเดียวกัน

เสาสั้น (Short Column) เสาสั้นคือเสาที่สามารถรับน้ำหนักได้ตามความเค้นอัด (Compress Stress) ของวัสดุนั้นๆ ตามแนวยาวโดยไม่เกิดการเดาะหัก (Buckling) เนื่องจากการโก่งออกทางด้านข้าง (Lateral Deflection) มีค่าน้อยมาก

เมื่อมีน้ำหนัก (P) กระทำต่อเสาสั้นตามแนวยาว AB โดยไม่เกิดการโก่งออกหรือเกิดขึ้นน้อยมาก เสาสั้นก็จะสามารถรับน้ำหนักได้เต็มที่ เพราะฉะนั้นสมการที่ใช้หาน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาสั้นคือ

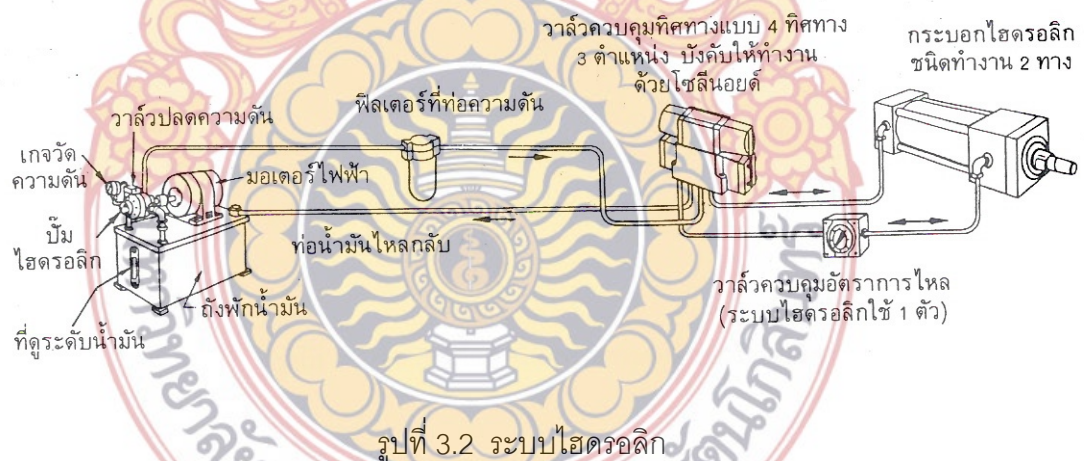
จากสมการความเค้นอัด $\sigma_c = \frac{P}{A}$
 ดังนั้น $P = \sigma_c \cdot A$ 3.1

เมื่อ

P น้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่เสาจะรับได้, N
 A พื้นที่หน้าตัดของเสา, m^2
 σ_c ความเค้นอัดของวัสดุที่ใช้ทำเสา, N/m^2

3.2 ระบบไฮดรอลิก (Hydraulic)

ปัจจุบันการระบบไฮดรอลิกเพื่อเป็นตัวกลางการถ่ายทอดกำลังงานในการเปลี่ยนแปลงกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกล คือ ทำให้กระบอกสูบไฮดรอลิกและมอเตอร์ไฮดรอลิกทำงาน ตัวอย่างงาน เช่น ระบบเบรกในรถยนต์ แม่แรงไฮดรอลิก เครื่องอัด เกียร์อัตโนมัติ เครื่องยกน้ำหนัก รถแทรกเตอร์ และเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ระบบไฮดรอลิกจะต้องมีอุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานดังนี้ [1]



- **อุปกรณ์ต้นกำลังไฮดรอลิก** ทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนปั้มน้ำมันไฮดรอลิกเพื่อส่งจ่ายให้แก่ระบบไฮดรอลิก ประกอบด้วยเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้า
- **อุปกรณ์เก็บและปรับปรุงคุณภาพน้ำมันไฮดรอลิก** ทำหน้าที่เป็นที่พักของน้ำมัน ขจัดสิ่งสกปรก ขจัดฟองอากาศ และระบายความร้อนของน้ำมันไฮดรอลิก ประกอบด้วยถังพักน้ำมันไฮดรอลิก ใต้กรองน้ำมันไฮดรอลิก และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ที่ใช้กับถังพักน้ำมัน
- **อุปกรณ์สร้างการไหล** ทำหน้าที่สร้างอัตราการไหล ประกอบด้วยปั้มน้ำมันไฮดรอลิกชนิดต่างๆ
- **อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน** หมายถึงวาล์วควบคุมชนิดต่างๆ ในระบบไฮดรอลิก เช่น วาล์วควบคุมทิศทางการไหลใช้ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของก้านสูบ วาล์วควบคุมอัตราการไหลใช้จำกัดปริมาณน้ำมันที่เข้าสู่สูบเพื่อควบคุมความเร็วของก้านสูบ วาล์วควบคุมความดันใช้ควบคุมความดันในระบบ
- **อุปกรณ์การทำงาน** ทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกล เช่น กระบอกลูกสูบไฮดรอลิกหรือมอเตอร์ไฮดรอลิก
- **อุปกรณ์ในระบบท่อทาง** ทำหน้าที่เป็นท่อทางการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกในระบบ ประกอบด้วยแป๊ป (Pipe) ท่อ (Tube) สายน้ำมันไฮดรอลิก (Hoses) ข้องอ (Bending) และข้อต่อชนิดต่างๆ (Fitting)

3.2.1 หลักการพื้นฐานของไฮดรอลิก

แรง หมายถึง การกระทำของวัตถุกับวัตถุอื่น หรือสาเหตุใดๆ ก็ตามทีกระทำกับวัตถุแล้วพยายามผลักดันให้วัตถุนั้นเกิดการเคลื่อนที่ สำหรับแรงที่ใช้ในวิชากำลังงานของไหลนั้น เกิดความดันของไหลที่กระทำกับพื้นที่หน้าตัด

ความสัมพันธ์ของแรง ความดันและพื้นที่หน้าตัดอาจเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$F = P \cdot A \quad 3.2$$

$$P = \frac{F}{A} \quad 3.3$$

$$A = \frac{F}{P} \quad 3.4$$

เมื่อ

F แรงที่กระทำบนพื้นที่, N

P ความดันของของไหล, N/m²

A พื้นที่หน้าตัดของภาชนะที่ถูกแรงกระทำ, m²

เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยในระบบ SI ได้ดังนี้

$$1N = 1Kg \cdot m / sec^2$$

$$1kgf = 9.81N$$

$$1Pa = 1N/m^2$$

$$1bar = 10^5 N/m^2 = 10^5 Pa$$

เนื่องจากหน่วยของความดันที่อ่านเป็นปาสคาล (Pa) เป็นหน่วยเล็กมาก ดังนั้นในการคำนวณทางวิชาไฮดรอลิกจึงนิยมใช้หน่วยที่ใหญ่กว่าคือใช้หน่วยเป็นบาร์ (bar)

น้ำหนัก วัตถุหรือสสารทุกชนิดจะต้องมีน้ำหนักซึ่งทั้งนี้เป็นผลมาจากแรงโน้มถ่วงของโลกหรือแรงดึงดูดที่มีต่อวัตถุ ในระบบไฮดรอลิกของไหลในถังพัก ในท่อทาง หรือใน ส่วนประกอบใดก็ตามจะมีน้ำหนักเสมอไม่ว่าของไหลนั้นจะเคลื่อนที่หรือไม่ก็ตาม

มวล นอกจากน้ำหนักแล้ว วัตถุหรือสสารทุกชนิดยังต้องมีมวล ซึ่งหมายถึง ปริมาณของวัตถุและแรงเฉื่อย (Inertia) ของสารนั้น หรือแรงต้านทานของสารที่มีต่อการเคลื่อนที่ มวลของวัตถุสามารถหาได้จากน้ำหนักของวัตถุเมื่ออยู่ในสภาพที่แรงโน้มถ่วง ส่วนแรงเฉื่อยหาได้จากปริมาณที่ใช้ในการทำให้วัตถุเคลื่อนที่ หยุด หรือเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ ดังนั้นถ้าวัตถุมี มวลมากก็ต้องใช้แรงที่จะให้เคลื่อนที่มาก

ความหนาแน่นของมวลของของไหลที่มีชื่อเรียกเฉพาะว่า **ความถ่วงจำเพาะ** (Specific gravity) ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบน้ำหนักของของไหลกับน้ำหนักของน้ำในปริมาณที่ เท่ากันและในอุณหภูมิเดียวกัน ตัวอย่างเช่น ความถ่วงจำเพาะของน้ำมีค่าเท่ากับ 1.0 ในขณะที่ ความถ่วง จำเพาะของน้ำมันไฮดรอลิกที่สังเคราะห์มีค่าเท่ากับ 1.42 เป็นต้น

เราสามารถหาค่าของน้ำหนักและมวลได้จากสมการต่อไปนี้

$$W = mg$$

$$m = \frac{W}{g}$$

3.5

3.6

เมื่อ

W น้ำหนักของสาร, N

m มวลของสาร, kg

g อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดที่มีต่อวัตถุ, m/sec^2

g มีค่าเป็น $32.24 ft/sec^2$ ในระบบอังกฤษ หรือ $9.81 m/sec^2$ ในระบบ SI

3.2.2 อัตราการไหลและความเร็วของเหลวในท่อทาง (Flow rate and fluid velocity in pipe) ปริมาตรของของเหลวที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่กำหนดในหนึ่งหน่วยเวลาเรียกว่า *อัตราการไหล* หน่วยของอัตราการไหลจึงเป็นหน่วยของปริมาตรต่อหน่วยของเวลา นิยมใช้ในลักษณะงานต่างกัน เช่น ลูกบาศก์นิ้วต่อวินาที (C.I.S) แกลลอนต่อนาที (G.P.M) ลิตรต่อนาที (L.P.M) สำหรับงานไฮดรอลิก และลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที (C.F.M) ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับงานนิวแมติก และใช้สัญลักษณ์แทนการไหลว่า Q

จากสมการ การไหลอย่างต่อเนื่องในกรณีที่เป็นของไหลที่ยุบตัวไม่ได้ (Incompressible fluid) ซึ่งหมายถึงของเหลวที่มีอัตราการไหลในท่อเท่ากับความเร็วของเหลวในท่อทางคูณกับพื้นที่หน้าตัดของลำของเหลวที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหล ซึ่งก็คือพื้นที่หน้าตัดของท่อนั้นเองตามสมการ

$$Q = AV \quad 3.7$$

$$V = \frac{Q}{A} \quad 3.8$$

เมื่อ

Q	อัตราการไหล, m^3/s
V	ความเร็วของของไหล, m/s
A	พื้นที่หน้าตัด, m^2

ส่วนความเร็วของเหลวในท่อทางจะเป็นความเร็วเฉลี่ยของของไหลที่ไหลผ่านจุดใดจุดหนึ่ง หรือวัดเป็นระยะทางที่ของไหลเคลื่อนที่ต่อเวลา ซึ่งจะวัดเป็นฟุตต่อนาที (ft/min) เมตรต่อนาที (m/min) เพราะเป็นการไหลของไหลจริง ของไหลชั้นที่ติดอยู่กับผนังจะมีความเร็วเป็นศูนย์เนื่องจากความฝืดที่ผนังท่อนั้นก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออยู่ห่างจากผนังออกไป

3.2.3 อัตราการไหลและความเร็วของน้ำมันไฮดรอลิกในท่อทางกับการเลือกใช้ขนาดท่อและท่อต่อสายไฮดรอลิก

ในการออกแบบระบบให้มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีสิ่งสำคัญก็คือการเลือกใช้ขนาดท่อ ท่อต่อและสายไฮดรอลิกให้เหมาะสมกับอัตราการไหลและความเร็วในท่อทางเพื่อช่วยลดความดันลดที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากแรงเสียดทาน เพราะถ้าอัตราการไหลสูงเกินไป ความดันลดในท่อทางจะเกิดขึ้นสูง อันจะมีผลทำให้เกิดการสูญเสียกำลังงานไฮดรอลิก และกำลังงานที่สูญเสียนี้ก็จะเปลี่ยนไปในรูปของความร้อนทำให้น้ำมันในระบบนี้มีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย

3.2.4 ความเร็วของอุปกรณ์การทำงาน (Speed of actuator)

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของลูกสูบในระบบไฮดรอลิกและความเร็วหมุนของเพลามอเตอร์ไฮดรอลิกขึ้นอยู่กับขนาดหรือปริมาตรความจุภายในของตัวมันและอัตราการไหลของน้ำมัน ซึ่งหมายถึงปริมาตรของน้ำมันที่จะป้อนให้แก่อุปกรณ์ทั้งสอง โดยความเร็วของอุปกรณ์ทั้งสองจะมีลักษณะต่างกัน คือ ความเร็วของลูกสูบเป็นความเร็วในแนวเส้นตรง ส่วนความเร็วของมอเตอร์ไฮดรอลิกเป็นความเร็วในแนวหมุน

ดังนั้นจึงสรุปความสัมพันธ์ของส่วนต่างๆ ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ความเร็วของลูกสูบในระบบไฮดรอลิก} &= \frac{\text{ปริมาตรป้อน/เวลา}}{\text{พื้นที่หน้าตัด}} \\ &= \frac{\text{อัตราป้อน}}{\text{พื้นที่หน้าตัด}} \end{aligned}$$

$$V_c = \frac{V_c / t}{A_c} = \frac{Q_c}{A_c} \quad 3.9$$

$$\text{ความเร็วรอบของมอเตอร์ไฮดรอลิก} = \frac{\text{อัตราป้อน} \times \text{ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร}}{\text{ปริมาตรป้อนต่อรอบ}}$$

$$Nm = \frac{Q_M \cdot \eta \cdot V_M}{V_M} \quad 3.10$$

3.2.5 อัตราจ่ายน้ำมันของปั๊มไฮดรอลิก (Flow rate from pump)

อัตราการจ่ายน้ำมันของปั๊มไฮดรอลิกในทางทฤษฎีนั้นคำนวณได้จากขนาดความจุของปั๊มต่อรอบคูณกับความเร็วยรอบที่ปั๊มหมุน ดังสมการ

$$Q_P \text{ ทฤษฎี} = V_P N \quad 3.11$$

ขนาดความจุของปั๊มก็คือ ปริมาตรจ่ายของปั๊ม (V_p) นั่นเอง เพราะปั๊มไฮดรอลิกเป็นปั๊มชนิดดูด-อัด คือ ดูดมากเท่าไรก็จะส่งออกไปเท่านั้น แต่ในทางปฏิบัติจริง อัตราจ่ายน้ำมันของปั๊มไม่สามารถดูดและจ่ายได้ 100 เปอร์เซ็นต์ จะเกิดการสูญเสียเนื่องจากระยะเบียดระหว่างส่วนประกอบต่างๆ ภายในปั๊มฉะนั้นอัตราจ่ายจริงจึงต้องคิดประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (η_v) ด้วย โดยต้องเอา (η_v) ไปคูณกับอัตราจ่ายทางทฤษฎี เพราะอัตราจ่ายจริงมีค่าน้อยกว่าอัตราจ่ายทางทฤษฎี ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรนี้ไม่มีค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งานของปั๊มคือ การเลือกใช้ขนาดของปั๊มให้สัมพันธ์กับความดันใช้งานในระบบ เพราะความดันในระบบยิ่งสูงมากเท่าไร ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรก็ยิ่งลดลงเท่านั้น

$$Q_p = \frac{V_p \cdot N_p \cdot \eta_v}{\text{ค่าคงที่}} \quad 3.12$$

เมื่อ

Q_p อัตราจ่ายน้ำมันจริงของปั๊มไฮดรอลิก, m^3/s

V_p ปริมาตรจุหรือปริมาตรจ่ายของปั๊มต่อรอบ, m^3/rev

N_p ความเร็วรอบที่ปั๊มหมุน, rpm

η_v ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรที่ตัวปั๊ม, %

ค่าคงที่ ค่าคงที่ในการแปลงหน่วยเพื่อให้ได้หน่วย Q_p ตามต้องการ

3.2.6 อัตราป้อนน้ำมันแก่กระบอกสูบ (Flow rate for hydraulic cylinder)

อัตราการป้อนน้ำมันให้แก่กระบอกสูบเพื่อให้ได้ความเร็วตามต้องการ จะขึ้นกับพื้นที่ หน้าตัดของลูกสูบและความเร็วที่ต้องการ ประสิทธิภาพของกระบอกสูบอันเนื่องมาจากความฝืดของลูกสูบกับกระบอกสูบนั้นไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับอัตราการป้อน แต่จะมีผลกับความดันที่ต้องการในกระบอกสูบ ดังนั้นได้สมการเป็น

$$Q_c = \frac{A_c V_c}{\text{ค่าคงที่}} \quad 3.13$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{Q_c}{A_c} = \frac{V_{c/t}}{A_c} \\ &= \frac{A_c \cdot S_{c/t}}{A_c} = \frac{S_c}{t} \end{aligned} \quad 3.14$$

เมื่อ

Q_C	อัตราการป้อนน้ำมันให้แก่กระบอกสูบ, m^3/s
A_C	พื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบ, m^2
V_C	ความเร็วของก้านสูบที่ต้องการ, m/s
V_C	ปริมาตรความจุของกระบอกสูบ, m^3
S_C	ระยะชักของก้านสูบที่เคลื่อนที่, m
t	เวลาที่ก้านสูบใช้ในการเคลื่อนที่, sec
ค่าคงที่	ค่าคงที่ในการแปลงหน่วยเพื่อให้ได้หน่วย Q_C ตามต้องการ

3.2.7 อัตราป้อนน้ำมันแก่มอเตอร์ไฮดรอลิก (Flow rate for hydraulic cylinder)

อัตราป้อนน้ำมันแก่มอเตอร์ไฮดรอลิกเพื่อให้ได้ความเร็วรอบหมุนที่เพลตามต้องการ จะขึ้นกับปริมาตรจุหรือปริมาตรป้อนต่อรอบและความเร็วรอบที่ต้องการ เช่น สเป็คของมอเตอร์ไฮดรอลิกตัวหนึ่งบอกว่ามีปริมาตรต่อรอบเป็น 80 ลูกบาศก์นิ้วต่อรอบหมายความว่าต้องป้อนน้ำมัน ให้แก่มอเตอร์ตัวนี้จำนวน 80 ลูกบาศก์นิ้วจึงจะทำให้เพลหมุนได้ 1 รอบ แต่ในขณะที่ทำงานจะมีการรั่วซึมที่ระยะเบียดของส่วนประกอบภายใน ถ้าป้อนน้ำมันให้เท่ากับสเป็คก็อาจหมุนได้ไม่ครบรอบ ดังนั้นจึงเพิ่มอัตราการป้อนให้แก่มอเตอร์ไฮดรอลิกด้วยการเอาประสิทธิภาพเชิงปริมาตรไปหารประสิทธิภาพเชิงปริมาตรนี้ขึ้นกับสภาพของมอเตอร์ไฮดรอลิกและความดันใช้งาน

$$Q_M = \frac{V_M \cdot N_M}{\text{ค่าคงที่} \times \eta_{V_M}}$$

3.15

เมื่อ

Q_M	อัตราป้อนน้ำมันแก่มอเตอร์ไฮดรอลิก, m^3/s
V_M	ปริมาตรจุหรือปริมาตรป้อนต่อรอบ, m^3/rev
N_M	ความเร็วรอบหมุนที่เพล, rpm
η_{V_M}	ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรที่ตัวมอเตอร์ไฮดรอลิก
ค่าคงที่	ค่าคงที่ในการแปลงหน่วยเพื่อให้ได้หน่วย Q_M ตามต้องการ

3.2.8 ถังพักน้ำมันไฮดรอลิก (Fluid reservoir of hydraulic system)

ในระบบไฮดรอลิกไม่ว่าจะเป็นขนาดเล็กหรือขนาดกลาง ส่วนใหญ่ด้านบนของถังพักจะเป็นที่ติดตั้งของมอเตอร์ไฟฟ้า บั้มไฮดรอลิก หม้อกรอง วาล์วต่างๆ และอุปกรณ์อื่นๆ ในส่วนที่เกี่ยวกับพลังงานในระบบ แต่ถ้าเป็นระบบไฮดรอลิกขนาดใหญ่ก็มักจะติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้า และบั้มไฮดรอลิกแยกจากถังพักน้ำมัน โดยกำหนดให้ขนาดของถังพักที่มีขนาดเล็กที่สุดควรมีความจุน้ำมันเป็นแกลลอนได้ออย่างน้อย 3 เท่า ของอัตราที่บั้มจ่ายออกมาเป็นแกลลอนต่ออนาที

หน้าที่ของถังพักน้ำมัน ถังพักน้ำมันมีหน้าที่ต่างๆ ดังนี้คือ

- เป็นที่เก็บและพักน้ำมัน โดยจะต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะเก็บและสำรองจ่ายให้แก่ระบบทั้งหมด โดยรักษาความดันเท่ากับบรรยากาศ
- เป็นที่ขจัดสิ่งสกปรกต่างๆ และน้ำที่ปนมากับน้ำมัน
- เป็นที่ระบายความร้อนของน้ำมันในระบบ ความร้อนที่ทำให้ น้ำมันในระบบร้อนขึ้นในขณะที่ทำงาน
- เป็นที่ขจัดฟองอากาศ เมื่อน้ำมันไหลกลับสู่ถังพักจะเกิดฟองอากาศผสมกับน้ำมัน ฟองอากาศเหล่านี้จะถูกขจัดออกไปด้วยการแยกตัวกลับสู่บรรยากาศได้โดยภาพในถังพัก ต้องมีเนื้อที่สำหรับอากาศเหนือผิวน้ำมัน

3.3 บั้มไฮดรอลิก (Pump classification)

บั้มประเภทดูด-อัด (Positive displacement pump) เป็นบั้มที่มีหลักการทำงานในแบบที่เรียกว่า ไฮโดรสแตติก (Hydrostatic) ได้แก่บั้มแบบเฟือง, แบบสกรู, แบบเวน และแบบลูกสูบ บั้มแบบดูด-อัดนี้โครงสร้างภายในที่ทำงานมีการ ซีล แบบกลไกซึ่งเป็นชนิดโลหะสัมผัสซึ่งกันและกันกันไม่ให้ช่องทางเข้าและทางออกต่อถึงกันซึ่งช่วยลดปริมาณการรั่วซึมภายในได้ดีจึงเหมาะสำหรับ ใช้งานความดันสูงๆ แม้ว่าอัตราความดันภายในระบบไฮดรอลิกจะขึ้นหรือลงก็จะมีผลกระทบต่อการทำงานของบั้ม ดังนั้นบั้มประเภทนี้จึงนำมาใช้เป็นบั้มในระบบไฮดรอลิกซึ่งจะดูดและจ่ายปริมาณน้ำมันอย่างคงที่ในทุกๆ ระยะชักหรือทุกรอบของการหมุนของบั้ม

เมื่อบั้มดูด-อัดทำงานจะทำให้เกิดสุญญากาศขึ้นภายในท่อดูดของบั้ม ทำให้ความดันบรรยากาศปกติในถังพักช่วยดันน้ำมันไปสู่อุปกรณ์ดูดและไหลเข้าบั้ม จากนั้นน้ำมันก็จะถูกอัดให้มีความดันสูงจนสามารถส่งออกไปสู่ระบบได้ อัตราการไหลที่ส่งออกของบั้มแบบดูด-อัดจะขึ้นอยู่กับปริมาตรของการดูด (Capacity of displacement) และความดันที่สามารถกระทำได้ ปกติที่สเป็คของบั้มแต่ละตัวจะบอกอัตราส่งไว้ว่า บั้มตัวนี้สามารถส่งน้ำมันได้เป็นแกลลอนต่ออนาทีที่

ความเร็วรอบต่ออนาที และกำหนดความดันสูงสุดของปั๊มตัวนี้ไว้ด้วย ปั๊มประเภทดูด-อัดยังแบ่งได้ 2 แบบคือ

3.3.1 แบบปรับค่าอัตราการไหลไม่ได้ (Fixed displacement) เป็นปั๊มประเภทที่ไม่สามารถจะปรับโครงสร้างและส่วนประกอบของกลไกที่สร้างขึ้นในตัวปั๊มเพื่อเปลี่ยนแปลงปริมาตรความจุได้ ได้แก่ปั๊มแบบเฟืองฟันนอก ปั๊มแบบเฟืองฟันใน และปั๊มแบบสกรู ส่วนปั๊มแบบเวนและปั๊มแบบลูกสูบจะมีทั้งแบบปรับค่าไม่ได้และปรับค่าได้

3.3.2 แบบปรับค่าอัตราการไหลได้ (Variable displacement) เป็นปั๊มประเภทที่สามารถจะแก้ไขเพิ่มเติมและปรับส่วนประกอบของกลไกควบคุมที่สร้างขึ้นภายในตัวปั๊มเพื่อเปลี่ยนแปลงปริมาตรความจุได้ในกรณีที่ต้องการปรับค่าการไหลส่งออกจากปั๊ม ปั๊มแบบนี้มีโครงสร้างซับซ้อนกว่าปั๊มแบบปรับค่าไม่ได้จึงมีราคาแพงกว่าแต่ประสิทธิภาพภายในต่ำกว่า อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับทั้งระบบแล้วปั๊มแบบปรับค่าได้กลับมีประสิทธิภาพสูงกว่า ได้แก่ ปั๊มแบบเวนและปั๊มแบบลูกสูบชนิดปรับค่าได้ โดยมีหลักการปรับเปลี่ยนค่าการดูด-อัดได้ ดังนี้ ปั๊มแบบเวนกับแบบลูกสูบรัศมีจะปรับค่าโดยการเปลี่ยนค่าการเยื้องศูนย์กลางของลูกเบี้ยว (Camring) ปั๊มลูกสูบแบบแถวเรียงรอบแกนเพลลาจะปรับโดยการเปลี่ยนช่วงระยะชักของลูกสูบ ด้วยการดัดการปรับที่แผ่นเฉียงภายในปั๊ม

3.4 การกำหนดขีดความสามารถและการเลือกชนิดของปั๊ม

ดังที่ทราบแล้วว่า ปั๊มในระบบไฮดรอลิกจะมีหน้าที่หลักในการส่งถ่ายพลังงานจากแหล่งเก็บไปยังตัวอุปกรณ์การทำงาน ดังนั้นการเลือกปั๊มชนิดแบบและมีขีดความสามารถไม่เหมาะสมกับงานก็จะไม่สามารถส่งถ่ายพลังงานได้เต็มที่ โดยทั่วไปอัตราการไหลของระบบต่าง ๆ มีตั้งแต่ น้อยกว่า 1 แกลลอนต่ออนาทีจนกระทั่งถึง 600 แกลลอนต่ออนาที ความดันในการทำงานก็จะอยู่ในช่วง 500-5000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ดังแสดงในตารางที่ 3.1 นี้เป็นตัวอย่างเปรียบเทียบการทำงานของปั๊มประเภทต่าง ๆ ตารางที่ 3.1 นี้เป็นตัวอย่างเปรียบเทียบการทำงานของปั๊มประเภทต่าง ๆ

ชนิดของปั๊ม	ความจุ (gpm)	ความดัน (psi)	ความเร็ว (rpm)	ประสิทธิภาพ (%)
แบบเฟือง	150	2500	1800	90
แบบเวน	95	2000	1800	95
แบบลูกสูบ	140	5000	1800	98
แบบรัศมี	190	3000	1800	95

3.5 ความสามารถในการทำงานของปั๊มแต่ละประเภท

จะขึ้นอยู่กับลักษณะรูปร่างหรือส่วน ประกอบและลักษณะการทำงาน รวมทั้งราคาในการเลือกชนิดของปั๊มจะต้องพิจารณาจากองค์ประกอบต่าง ๆ ต่อไปนี้

3.5.1 ความจุหรือปริมาตรจุ คือ สิ่งที่แสดงถึงความสามารถในการทำงานของปั๊มในการดูด-อัดส่งน้ำมัน ซึ่งจะมีหน่วยเป็นลูกบาศก์นิ้วต่อรอบ ลูกบาศก์เมตรต่อรอบ หรืออาจเรียกว่า อัตราการส่งอัตราการไหล หรือปริมาตรส่งออก (Volumetric output) ก็ได้ แต่จะมีหน่วยเป็นแกลลอนต่อนาที ลิตรต่อนาที ลูกบาศก์นิ้วต่อนาที ลูกบาศก์เมตรต่อนาที การหาอัตราการไหลของปั๊มแต่ละตัวขึ้นกับการทดลองเดินปั๊มในสภาพแวดล้อมที่กำหนด เพื่อความรอบคอบให้เลือกขนาดปั๊มที่มีอัตราการไหลมากกว่าที่เราออกแบบไว้ในระบบ การกำหนดอัตราความจุของปั๊มโดยทั่วไปจะดูจากความดันบรรยากาศปกติในท่อทางดูดและความดันที่เปลี่ยนไปในท่อทางออกขณะทำงานรวมทั้งอุณหภูมิของน้ำมันในขณะที่ปั๊มทำงาน

3.5.2 ความดัน ความสามารถในการดูด-อัดส่งน้ำมันของปั๊มแต่ละตัวจะขึ้นอยู่กับความดันด้วยเช่น บริษัทผู้ผลิตกำหนดขีดความสามารถการทำงานของปั๊มตัวหนึ่งว่า สามารถส่งน้ำมันได้ 3 แกลลอนต่อนาทีที่ 1,200 ความเร็วรอบต่อนาที ความดันสูงสุดในการทำงาน 3000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เราก็ต้องเลือกใช้ปั๊มตัวนี้กับระบบที่มีความดันใช้งานที่ต่ำกว่า 3000 ปอนด์ต่อตารางนิ้วหรือที่เหมาะสมใกล้เคียงกัน ไม่เช่นนั้นปั๊มจะทำงานโอเวอร์โหลดจนไม่สามารถส่งน้ำมันได้ตามจำนวนที่ต้องการ ดังนั้นอัตราความดันของปั๊มจะพิจารณาได้จากความสามารถในการดูดและอัดน้ำมันได้ที่ค่าความดันหนึ่ง ๆ โดยไม่ทำให้เกิดการรั่วไหลขึ้นภายในปั๊ม เช่น รั่วระหว่างพื้นเฟืองที่ขบกันของปั๊มแบบเฟือง ความดันมากโอกาสรั่วก็มีมาก นอกจากการรั่วแล้วความดันต้องไม่ทำให้ชิ้นส่วนของปั๊มชำรุดเสียหาย อัตราความดันของปั๊มจึงกำหนดได้จาก ความเร็ว อุณหภูมิ ความดันในท่อทางดูดและความดันใช้งานในระบบ ถึงแม้ปั๊มแบบต่าง ๆ จะมีความดันอยู่ในช่วงกลาง 500-5,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้วก็ตาม แต่ส่วนใหญ่จะอยู่ในราว 2,000-4,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยทั่วไปปั๊มแบบพื้นเฟืองนอกมีความดัน 2,000-3,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีบางกรณีถึง 4,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ปั๊มแบบพื้นเฟืองในจะมีความดันต่ำกว่าคืออยู่ในช่วง 1,500-2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ส่วนปั๊มแบบลูกสูบสามารถอัดได้ถึง 3,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

3.5.3 ความเร็วขับเคลื่อน ความเร็วขับเคลื่อนของปั๊มจะเทียบได้กับความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้าทั่ว ๆ ไปคือประมาณ 1,200-1,800 รอบต่อนาที นอกจากนี้ปั๊มไฮดรอลิกในเครื่องจักรอุตสาหกรรมบางอย่างอาจมีความเร็วถึง 4,000 รอบต่อนาที สำการหมุนของปั๊มความเร็วสูงสุด

ต้องถูกจำกัดโดยความสามารถในการป้องกันการเกิดคาวิตีชันและความดันสูงที่ท่อทางออก
อย่างไรก็ตามปั๊มส่วนใหญ่ยังต้องมีอัตราความเร็วต่ำสุดด้วย

3.6 การเลือกขนาดกระบอกสูบ

การเลือกใช้กระบอกสูบให้มีขนาดพอเหมาะกับงานในระบบไฮดรอลิก มีองค์ประกอบในการพิจารณามากมาย เช่นเมื่อต้องการเปลี่ยนกระบอกสูบในระบบสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงก็คือ ขนาดของปั๊มและท่อทางที่พอเหมาะกับอัตราการไหลที่จะป้อนเข้าสู่กระบอกสูบหรือไม่

เพื่อความสะดวกในการเลือกใช้ขนาดกระบอกสูบที่เหมาะสมกับความดันที่ต้องใช้งาน หรือหาขนาดของแรงที่ได้จากลูกสูบที่ขนาดกระบอกสูบหรือความดันน้ำมันต่างๆกัน สามารถดูได้จากตารางภาคผนวกที่ ก.1 หรือใช้สูตรในการคำนวณหาขนาดกระบอกสูบที่ใช้งานดังนี้

$$\text{ขนาดกระบอกสูบที่ใช้งาน} \quad D = \sqrt{\frac{F/P}{0.7854}} \quad 3.16$$

เมื่อ

- D ขนาดของกระบอกสูบ, cm
- F แรงที่มากระทำบนพื้นที่หน้าตัด, N
- P ความดันของของไหล, N/m²

3.7 ความเร็วกระบอกสูบ

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของลูกสูบหรือก้านสูบในกระบอกสูบไฮดรอลิกจะเป็นไปอย่างแน่นอนขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญคือ อัตราการไหลของน้ำมันที่ป้อนให้แก่กระบอกสูบ โดยที่ไม่จำเป็นที่บอกขนาดของวาล์วและท่อใด ๆ ทั้งสิ้น ส่วนความเร็วของลูกสูบในกระบอกสูบลมจะไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่างแต่ที่สำคัญที่สุด 2 อย่างคือ กำลังลมมีมากพอกับโหลดที่กระทำหรือไม่ และความเร็วของลมที่ไหลผ่านท่อและวาล์วต่าง ๆ ไปยังกระบอกสูบ เพื่อให้ได้ความเร็วลูกสูบในกระบอกสูบตามต้องการ ลักษณะของวาล์วและการเดินท่อกลมจะต้องมีขนาดใหญ่กว่ารูต่อลมเข้ากระบอกสูบ แต่ถ้าต้องการให้ความเร็วสูงมากขึ้นไปอีก ก็ต้องเลือกท่อลมและรูของวาล์วต่าง ๆ ให้ใหญ่กว่าขึ้นไปอีก

ความเร็วของลูกสูบหรือก้านสูบในกระบอกสูบไฮดรอลิกหาได้จากความสัมพันธ์จากสูตรในสมการ ที่กล่าวไปแล้วคือ

$$\text{ความเร็วลูกสูบ} = \frac{\text{อัตราไหลที่ป้อนเข้ากระบอกสูบ}}{\text{พื้นที่หน้าตัดสุทธิของลูกสูบ}}$$

$$V_c = \frac{Q_c}{A_c} \quad 3.17$$

เมื่อ

V_c	ความเร็วของก้านสูบที่ต้องการ, m/s
Q_c	อัตราการป้อนน้ำมันให้แก่กระบอกสูบ, m ³ /s
A_c	พื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบ, m ²

3.8 มอเตอร์ไฮดรอลิก (Hydraulic motors)

มอเตอร์ไฮดรอลิกเป็นอุปกรณ์ทำงานอีกแบบหนึ่งที่รับน้ำมันไฮดรอลิกที่ส่งมาจากปั๊มและวาล์วควบคุมต่าง ๆ เพื่อทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานไฮดรอลิกให้เป็นกำลังงานกล โดยมีลักษณะการทำงานในแนวหมุนทำให้ได้แรงบิดที่เพลลาของมอเตอร์ไฮดรอลิกเป็นตัวชี้แรงบิดของมอเตอร์ อัตราการไหลที่ป้อนเข้าสู่มอเตอร์ไฮดรอลิกและปริมาตรความจุของมอเตอร์ก็จะเป็นตัวกำหนดความเร็วรอบของเพลลามอเตอร์

โครงสร้างโดยทั่วไปของมอเตอร์กับปั๊มไฮดรอลิกจะคล้ายคลึงกัน ในบางตัวอาจจะเหมือนกันดังนั้นมอเตอร์และปั๊มไฮดรอลิกที่ผลิตจากโรงงานเดียวกันจะประกอบขึ้นส่วนอุปกรณ์ที่เหมือนกันและสามารถนำมาสับเปลี่ยนกันได้ แต่ลักษณะการทำงานของมอเตอร์จะแตกต่างกับปั๊มกล่าวคือ ปั๊มทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานกลให้เป็นกำลังงานของไหล แล้วส่งน้ำมันไปยังมอเตอร์ เพื่อให้มอเตอร์ทำงาน ส่วนมอเตอร์จะทำงานในทางตรงกันข้ามกับปั๊มคือ รับน้ำมันที่ส่งมาจากปั๊มแล้วเปลี่ยนกำลังงานจากน้ำมันให้เป็นกำลังงานกลที่เพลลาหมุนขับโหลด

3.9 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนที่ได้นั้นจะต้องทราบถึงกลไกของการถ่ายเทความร้อน [4]

3.9.1 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (Conduction Heat Transfer) การถ่ายเทความร้อนโดยการนำหรือการนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนเพียงวิธีเดียวที่เกิดขึ้นในวัตถุที่เป็นตัวกลางที่บดแสงเมื่อมีความลาดชันของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในวัตถุก้อนนั้น อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำซึ่งใช้ q_k เป็นสัญลักษณ์นี้จะเป็นสัดส่วนกับ dT/dx ซึ่งเป็นค่าความลาดชัน

ของอุณหภูมิคูณกับพื้นที่ A ที่ความร้อนไหลผ่าน ถ้าหากเขียนเป็นสมการแล้วจะได้รูปสมการเป็น

$$q_k \propto A \cdot \frac{dT}{dx} \quad 3.18$$

เมื่อ

- q_k อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ หรือการนำความร้อน, W
 A พื้นที่ความร้อนไหลผ่าน
 T อุณหภูมิ, K
 X ระยะทางการเคลื่อนที่ของความร้อน, m

สำหรับอัตราการถ่ายเทความร้อนจริงนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าการนำความร้อน (Thermal conductivity) k ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของตัวกลางที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่าน ดังนั้นอัตราการนำความร้อนจึงมีค่าเป็น

$$q_k = -kA \frac{dT}{dx} \quad 3.19$$

3.9.2 การนำความร้อนในผนังราบ (Plane Wall)

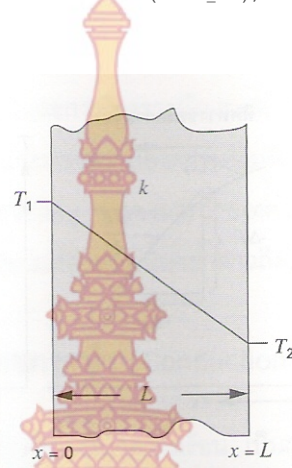
ให้พิจารณาการถ่ายเทความร้อนที่ไหลผ่านผนังราบเมื่อผิวมีอุณหภูมิคงที่ และมีขนาดสม่ำเสมอทั่วทั้งผิว ดังรูปที่ 3.3 เนื่องจากผิวทั้งสองมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีความร้อนไหลจากผิวที่มีอุณหภูมิสูงไปยังผิวที่มีอุณหภูมิต่ำ และถ้าหากค่าการนำความร้อน k ของผนังมีค่าคงที่แล้ว เมื่อแทนค่า k นี้ลงไปในสมการ (3.20) แล้วทำการอินทิเกรต ก็จะได้อัตราการนำความร้อนเป็น

$$q_k = -\frac{kA}{L}(T_2 - T_1) = \frac{kA}{L}(T_1 - T_2) \quad 3.20$$

เมื่อ

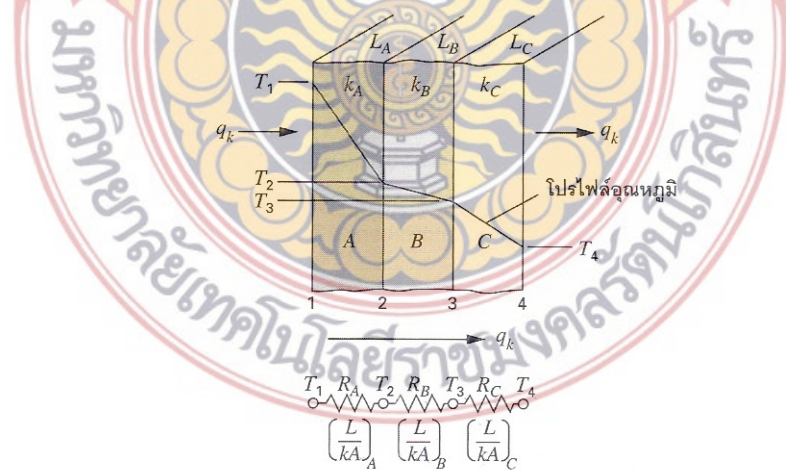
- q_k อัตราความร้อนที่ไหลผ่านผนัง, W
 k ค่าการนำความร้อนของผนัง, W/m .K
 A พื้นที่ของผนังที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของความร้อน, m^2

- L ความหนาของผนัง, m
- T_1 อุณหภูมิผิวทางด้านซ้าย (ที่ $x = 0$), K
- T_2 อุณหภูมิผิวทางด้านขวา (ที่ $x = L$), K



รูปที่ 3.3 การนำความร้อนผ่านผนังราบที่มีค่าการนำความร้อน (k) คงที่

การนำความร้อนในผนังราบที่เรียงซ้อนกันแบบอนุกรม (Plane Walls in Series)



รูปที่ 3.4 การนำความร้อนแบบมิติเดียวที่ไหลผ่านผนังหลายชั้น และการเปรียบเทียบกับวงจรไฟฟ้า

ถ้าหากความร้อนไหลผ่านผนังที่เรียงซ้อนกันหลายชั้นโดยการนำ เช่น ผนังของอาคารบ้านเรือนการวิเคราะห์เกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนก็จะยากยิ่งขึ้น ในกรณีที่มีสภาวะต่างๆ คงที่หรือไม่แปรไปตามเวลาแล้วนั้น อัตราความร้อนที่ไหลผ่านผนังแต่ละชั้นจะมีขนาดเท่าๆ กัน ทั้งนี้ที่ความลาดชันของอุณหภูมิในผนังแต่ละชั้นมีค่าแตกต่างกัน ในกรณีนี้อัตราความร้อนที่ไหลผ่านผนังแต่ละชั้นของรูปที่ 3.4 จะมีค่าเป็น

$$q_k = \left(\frac{kA}{L} \right)_A (T_1 - T_2) = \left(\frac{kA}{L} \right)_B (T_2 - T_3) = \left(\frac{kA}{L} \right)_C (T_3 - T_4) \quad 3.21$$

เมื่อกำจัด T_2 และ T_3 ออกจากสมการ (3.21) แล้วก็จะได้อัตราการถ่ายเทความร้อนเป็น

$$q_k = \frac{T_1 - T_4}{\left(\frac{L}{kA} \right)_A + \left(\frac{L}{kA} \right)_B + \left(\frac{L}{kA} \right)_C} \quad 3.22$$

สำหรับในกรณีที่ผนังเรียงซ้อนกันถึง n ชั้น และแต่ละชั้นสัมผัสกันเต็มพื้นที่แล้ว อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ไหลผ่านผนังจำนวน n ชั้นจะมีค่าเป็น

$$q_k = \frac{T_1 - T_{n+1}}{\left(\frac{L}{kA} \right)_1 + \sum_{i=2}^n \left(\frac{L}{kA} \right)_i} \quad 3.23$$

เมื่อ

T_1 อุณหภูมิที่ผนังชั้นแรก, K

T_{n+1} อุณหภูมิของชั้นที่ n , K

3.9.3 ความต้านทานสัมผัส (Contact Resistance)

เมื่อผิวของวัตถุที่มีค่าการนำความร้อนแตกต่างกันสัมผัสกันดังรูปที่ 3.4 แล้ว ก็จะเกิดความต้านทานขึ้นที่ผิวสัมผัสของวัตถุนั้น ความต้านทานที่ผิวสัมผัสซึ่งเรียกว่า **ความต้านทานสัมผัส** นี้เกิดขึ้นเมื่อวัตถุทั้งสองสัมผัสกันไม่สนิท และมีช่องไหลขึ้นบาง ๆ มาคั่นอยู่ในระหว่างผิวสัมผัสทั้งสอง และถ้าหากขยายภาพของส่วนที่ผิวทั้งสองสัมผัสกันแล้ว ก็จะเห็นได้ว่า

วัตถุทั้งสองจะสัมผัสกันเฉพาะส่วนที่ยื่นเลยออกมาจากผิวเท่านั้น สำหรับส่วนที่ต่ำลงไปนั้นจะถูกคั่นไว้ด้วยของไหล ซึ่งอาจจะเป็นอากาศ ของเหลวหรือเป็นสุญญากาศก็ได้

ความต้านทานสัมผัสนี้เป็นฟังก์ชันของความหยาบผิว แรงกดระหว่างผิวที่สัมผัสกันของไหลที่คั่นกลาง และอุณหภูมิที่ผิวสัมผัส กลไกการถ่ายเทความร้อนที่ผิวสัมผัสนี้ซับซ้อนมาก กล่าวคือ จะเกิดการนำความร้อนขึ้นที่จุดสัมผัสของวัตถุ ส่วนการพาความร้อนและการแผ่รังสี ความร้อนจะไหลผ่านของไหลที่อยู่ระหว่างผิวทั้งสอง

ถ้าหากฟลักซ์ความร้อน (Heat flux) ที่ไหลผ่านผิวสัมผัสเป็น q/A ส่วนความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวสัมผัสทั้งสองเป็น ΔT_i แล้ว ความต้านทานสัมผัสก็จะถูกนิยามว่ามีค่าเป็น

$$R_i = \frac{\Delta T_i}{q/A} \quad 3.24$$

ในกรณีที่ผิวทั้งสองมีการสัมผัสที่ดี (Perfect thermal contact) ความต้านทานสัมผัสก็จะมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ และอุณหภูมิของผิวสัมผัสทั้งสองก็จะมีขนาดเท่า ๆ กัน แต่ถ้าหากมีการสัมผัสที่ไม่ดี (Imperfect thermal contact) อุณหภูมิของผิวสัมผัสทั้งสองก็จะมีขนาดแตกต่างกัน

ปัญหาส่วนใหญ่ในทำยบทจะไม่พิจารณาถึงความต้านทานสัมผัสนี้เลย แม้ว่าตามข้อเท็จจริงนั้นจะมีความต้านทานสัมผัสเกิดขึ้นทุกครั้งที่ผิววัตถุสัมผัสกันก็ตาม ถ้าไม่คำนึงถึงข้อเท็จจริงดังกล่าวนี้จะสามารถตัดความต้านทานของผิวสัมผัสและความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวสัมผัสทั้งได้ แต่สำหรับในกรณีที่ผิวหยาบ และแรงที่ชักทำให้ผิวทั้งสองสัมผัสกันมีค่าน้อยแล้ว ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวสัมผัสทั้งสองก็จะมีค่ามาก และจะตัดความต้านทานสัมผัสนี้ทิ้งไม่ได้

ความต้านทานที่ผิวสัมผัสของวัตถุนั้นซับซ้อนมาก ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะใช้ทฤษฎีเพียงทฤษฎีเดียวหรือใช้ข้อมูลจากการทดสอบมาอธิบายความต้านทานที่ผิวสัมผัสในปัญหาทางด้านวิศวกรรมที่ถูกต้องจริง ๆ ได้

3.9.4 ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity), k

ค่าการนำความร้อนเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของวัตถุ ค่าการนำความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ ๆ ของแก๊สนั้นไม่สามารถหาได้จากทฤษฎี เพราะฉะนั้น ข้อมูลเกี่ยวกับการนำความร้อนส่วนใหญ่ของวัตถุจึงได้มาจากการวัดและทดสอบ โดยทั่วไปแล้วค่าการนำความร้อนของวัตถุ

จะแปรค่าไปตามอุณหภูมิ แต่การใช้งานส่วนใหญ่จะใช้ค่าการนำความร้อนคงที่ที่หาจาก
 อุณหภูมิเฉลี่ย ซึ่งก็ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ ตารางที่ 3.2 เป็นตัวอย่างค่าการนำความร้อนของโลหะ,
 อโลหะ ของเหลว และแก๊สบางชนิด

ตารางที่ 3.2 ค่าการนำความร้อน k ของโลหะ, อโลหะ, ของแข็ง, ของเหลว และแก๊สบางชนิด

ชนิดของวัสดุ	ค่าการนำความร้อนที่ 300 K ($W/m \cdot K$)
ทองแดง	386
อะลูมิเนียม	204
เหล็กคาร์บอน	54
แก้ว	0.75
พลาสติก	0.2 – 0.3
น้ำ	0.6
เอทิลไกลคอล (ethyl glycol)	0.2
น้ำมันเครื่อง	0.15
ฟร็อนเหลว	0.07
ไฮโดรเจน	0.18
อากาศ	0.026

ส่วนรูปที่ 3.5 นั้นเป็นค่าการนำความร้อน k ของโลหะและอโลหะที่เป็นของแข็งบางชนิด
 พลังงานความร้อนในวัตถุที่เป็นของแข็งนั้นจะถูกเคลื่อนย้ายโดยอิเล็กตรอนอิสระ และการสั่น
 สะเทือนภายในโครงสร้างโดยปกติแล้วการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระจะเป็นการเคลื่อนที่ที่มี
 บทบาทสำคัญ และเนื่องจากภายในตัวนำไฟฟ้าที่ดีนั้นจะมีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระเป็นจำนวน
 มากที่เคลื่อนที่ไปมาอยู่ภายในโครงสร้างของมัน ดังนั้นตัวนำไฟฟ้าที่ดี (เช่น ทองแดง และ
 อะลูมิเนียม) จึงเป็นตัวนำความร้อนที่ดีด้วย ในทำนองเดียวกันวัตถุที่เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี (เช่น
 แก้วและพลาสติก) ก็จะเป็นฉนวนความร้อนที่ดีด้วยเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามสมรรถนะในการ
 ป้องกันความร้อนของฉนวนจะดีหรือเลวเพียงไรนั้นจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการกักอากาศไว้
 ในรูพรุนของโครงสร้างของวัตถุเหล่านั้น การถ่ายเทความร้อนในวัตถุเหล่านั้นเกิดขึ้นได้หลายวิธี
 ด้วยกัน เช่น การนำความร้อนผ่านโครงสร้างแบบเส้นใยและโครงสร้างที่เป็นรูพรุน การนำและ

การพาความร้อนผ่านอากาศที่ถูกกักไว้ในโพรงว่างและการแผ่รังสีความร้อนในระหว่างโครงสร้างที่ที่บดตันต่าง ๆ ซึ่งมีบทบาทสำคัญสำหรับในกรณีที่มีอุณหภูมิสูง ๆ และในบริเวณที่เป็นสุญญากาศ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาฉนวนกันความร้อนแบบพิเศษไว้สำหรับการใช้งานในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำถึง 25 K ชั้นฉนวนพิเศษเหล่านี้ประกอบด้วยชั้นของวัสดุที่สามารถสะท้อนความร้อนได้ดีเป็นจำนวนหลาย ๆ ชั้น ฉนวนแต่ละชั้นจะถูกคั่นด้วยช่องว่างที่เป็นสุญญากาศเพื่อให้มีการนำและการพาความร้อนน้อยที่สุด ฉนวนพิเศษเหล่านี้จะให้ค่าการนำความร้อนที่ต่ำถึง $0.02 \text{ W/m} \cdot \text{K}$



รูปที่ 3.5 ค่าการนำความร้อน (k) ของโลหะบางชนิดที่แปรตามอุณหภูมิ

บทที่ 5

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

5.1 ทฤษฎีเบื้องต้นทางเศรษฐศาสตร์

อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นไม้ประดิษฐ์ (Wood Based Panels) เมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรมในการใช้ประโยชน์ไม้อื่นแล้ว มีปริมาณการผลิตประมาณ 5-10 % และคิดมูลค่าประมาณ 9% ของผลิตภัณฑ์จากไม้เท่านั้น แต่เป็นอุตสาหกรรมที่เสียหาย (Wood Wastes) น้อยที่สุด จึงเป็นอุตสาหกรรมที่สามารถประหยัดทรัพยากรไม้ได้มาก อุตสาหกรรมประเภทนี้จึงต้องใช้ทุนในการผลิตสูง เพราะเหตุนี้จึงได้มีการคิดค้นเครื่องจักรที่สามารถให้ผลผลิตที่เท่าเทียมกันและลดต้นทุนในการผลิตให้ต่ำลง

ในการผลิตสินค้านั้นจะต้องมีค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เกิดขึ้นซึ่งเรียกว่าเป็นต้นทุน (Costs) ในการผลิต ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์จำเป็นต้องนำตัวเลขของต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในการผลิตไปวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อเลือกโครงการที่เหมาะสมที่สุด ต้นทุนแบ่งได้หลายลักษณะขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการนำไปวิเคราะห์ในลักษณะไหน เช่น นำไปวิเคราะห์จุดคุ้มทุน นำไปวิเคราะห์ว่าจะดำเนินกิจการได้หรือไม่

5.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ของโครงการในทางเศรษฐศาสตร์

1. การกำหนดรูปแบบของปัญหาในโครงการ โดยจะต้องศึกษาข้อมูลขั้นต้นเสียก่อนว่าจะอะไรเป็นสิ่งที่กำหนดให้เป็นปัญหา อะไรเป็นผลลัพธ์ และอะไรเป็นสิ่งที่จะต้องตัดสินใจ เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องในโครงการเข้าใจตรงกัน
2. สร้างบรรทัดฐานในการประมาณค่าที่ใช้วัด การวิเคราะห์ทางเลือกหลาย ๆ ทางนั้นจะต้องสร้างเกณฑ์ในการวัด เช่น จะใช้ค่าใช้จ่าย กำไร และความสูญเสียเป็นเกณฑ์ในการวัด
3. สร้างทางเลือกหลาย ๆ ทางเลือกและไม่ควรด่วนสรุปก่อนที่จะมีการตัดสินใจอย่างรัดกุม
4. สร้างความเข้าใจกับเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ของทางเลือกนั้น ๆ เช่น การคำนวณเกี่ยวกับการออกแบบในการผลิต การศึกษารายละเอียด (Catalog) การคำนวณค่าแรง เป็นต้น
5. ทำการประมาณผลลัพธ์แต่ละทางเลือก โดยประเมินเป็นค่าใช้จ่าย ผลกำไรที่ได้ รายได้ อรรถประโยชน์ (Utility)
6. ตัดสินลงทุนโดยมีการแสดงผลสนับสนุนการลงทุนด้วย

5.3 การลงทุน (Investment Requirements)

การพิจารณาเรื่องการลงทุน เราจะต้องพิจารณาถึงราคาทุน (Capital Cost) ที่ประกอบกันขึ้นสำหรับใช้ในการดำเนินงาน (Working Capital) ของราคาปัจจัยต่างๆดังต่อไปนี้

5.3.1 ราคาวัตถุดิบ (Wood Raw Material)

- ราคาวัตถุดิบของเปลือกมะพร้าวและเปลือกสับปรดจากโรงงานจะมีความชื้นประมาณ 80% และซุยที่มีขนาดเล็ก (เล็กกว่า 1 mm) ผสมอยู่ด้วยประมาณ 47 % ซึ่งเป็นขนาดที่ต้องแยกทิ้ง

บริษัทและคณะ [7] พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนและค่าความหนาแน่นของวัตถุดิบที่ให้เส้นใย ที่มีความเหมาะสมจะนำไปผลิตวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ โดยสัมประสิทธิ์การนำความร้อนแสดงในตาราง จ.1

จากค่าความหนาแน่นของเปลือกสับปรดมีค่าความหนาแน่น = 660 kg/m^3

จากค่าความหนาแน่นของเปลือกมะพร้าวมีค่าความหนาแน่น = 330 kg/m^3

ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของเปลือกมะพร้าวและสับปรดรวมกัน = $\frac{660 + 330}{2}$
= 495 kg/m^3

หาปริมาตรของแผ่นเตรียมอัด 120×240 ซม. ความหนา 15 มม.

ปริมาตรของแผ่น Plate = กว้าง \times ยาว \times สูง
= $1.2 \text{ m} \times 2.4 \text{ m} \times 0.015 \text{ m}$
= 0.0432 m^3

คำนวณหามวลจากสูตร

$$m = V \cdot \rho$$

5.1

เมื่อ

m มวลของแผ่นอัดผิวของแผ่นกระดานอัด (Plate), kg

V ปริมาตรของแผ่นอัดผิวของแผ่นกระดานอัด (Plate), m^3

ρ ค่าความหนาแน่น, kg/m^3

แทนค่าลงในสูตร $m = V \cdot \rho$

$$= 0.0432 \text{ m}^3 \times 495 \text{ kg/m}^3$$

$$= 21.384 \text{ kg}$$

น้ำหนักของเปลือกมะพร้าวที่ 50% และเปลือกสับปะรดที่ 50% ใน 1 แผ่น = 21.384 kg

ราคาขุยมะพร้าวและเส้นใยสับปะรดจากโรงงานกิโลกรัมละ 1.50 บาท

ราคาขุยมะพร้าวและเส้นใยสับปะรดที่นำมาทำแผ่น = $21.384 \text{ kg} \times 1.50 = 32.076 \text{ บาท / แผ่น}$

จากอัตราการผลิตที่ผลิตได้ชั่วโมงละ 6 แผ่น โดยที่อัตราการทำงานของเครื่องอัดแผ่นกระอัดวันละ 8 ชั่วโมง

จะได้ผลผลิต $= 6 \times 8 \times 30$

$$= 1,440 \text{ แผ่น / เดือน}$$

ราคาของวัตถุดิบที่นำมาทำแผ่น $= 32.076 \times 1440$

$$= 46,189.44 \text{ บาท / เดือน}$$

$$= 554,273.28 \text{ บาท / ปี}$$

• ราคาข้าว 49 บาท / kg โดยใช้การ 12% ของน้ำหนักขุยมะพร้าวและเส้นใยสับปะรด

จะได้ปริมาณของข้าว $= 21.384 \text{ kg} \times 0.12$

$$= 2.566 \text{ kg / แผ่น}$$

∴ ราคาข้าว $= 49 \times 2.566 \text{ kg}$

$$= 125.734 \text{ บาท / แผ่น}$$

• ใช้ Hardener 90 มีราคา 75 บาท / kg ใช้ที่ 4% ของน้ำหนักข้าว

จะได้ปริมาณของ Hardener 90 $= 2.566 \text{ kg} \times 0.04$

$$= 0.1026 \text{ kg / แผ่น}$$

∴ ราคา Hardener 90 $= 75 \times 0.1026 \text{ kg}$

$$= 7.695 \text{ บาท / แผ่น}$$

• ใช้สารละลายป้องกันน้ำ (พาราฟิน) โดยใช้ที่ 3 % ของน้ำหนักขุยมะพร้าวและเส้นใยสับปะรด = $21,384 \times 0.03 = 641.52 \text{ g / แผ่น}$

$$\begin{aligned} \text{สารละลายพาราฟิน มีความถ่วงจำเพาะ} &= 0.81 \text{ cm}^3 \\ \text{จะใช้สารละลายพาราฟิน} &= \frac{641.52}{0.81} = 792 \text{ cm}^3 \\ \text{สารละลายพาราฟินราคา 50 บาท / 450 cm}^3 & \\ \text{จะได้ราคาสารละลายพาราฟินที่ใช้ต่อแผ่น} &= \frac{50 \times 792}{450} \\ &= 88 \text{ บาท / แผ่น} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{รวมราคาส่วนผสมการ} &= 125.734 + 7.695 + 88 \\ &= 221.429 \text{ บาท / แผ่น} \end{aligned}$$

จากอัตราการผลิตที่ผลิตได้ชั่วโมงละ 6 แผ่น โดยที่อัตราการทำงานของเครื่องอัดแผ่นกระอัดวันละ 8 ชั่วโมง

$$\begin{aligned} \text{ราคาการของกาวที่ใช้} &= 1440 \times 221.429 \\ &= 318,857.76 \text{ บาท / เดือน} \\ &= 3,826,293.12 \text{ บาท / ปี} \end{aligned}$$

5.3.2 การคิดอัตราค่าไฟฟ้า

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับบ้านอยู่อาศัย อุตสาหกรรม ส่วนราชการที่มีลักษณะเป็นอุตสาหกรรม รัฐวิสาหกิจ หรืออื่น ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว โดยสามารถคิดอัตราค่าไฟฟ้าโดยดูจากตารางที่ ค.1 และ ค.2

5.3.3 ราคาพลังงานไฟฟ้า (Electric Power)

- คัดค่าพลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์

ถ้าใช้ขนาดของมอเตอร์ ซึ่ง 1 H.P. = 746 Watt

$$1 \text{ H.P.} = 0.746 \text{ kW}$$

แต่ใช้ขนาดของมอเตอร์ที่ 5 H.P. = $5 \times 746 = 3730 \text{ Watt}$

เครื่องอัด ใช้ มอเตอร์ 5 H.P. รวมเป็น 3.73 kW ใช้เวลาอัด 8 นาที ต่อ 1 แผ่น
แต่ใน 1 ชั่วโมง สามารถผลิตโดยเฉลี่ยต่อแผ่น ตกประมาณแผ่นละ 10 นาที

จะได้ 1 ชั่วโมง = 6 แผ่น

จะได้

$$= 3,730 \times 8$$

$$= 29,840 \text{ Watt / แผ่น}$$

1 ชั่วโมง

$$= 29,840 \times 6$$

$$= 179,040 \text{ Watt / hr}$$

เมื่อได้วัตต์ที่ต้องการจึงนำไปคูณกับชั่วโมงและวัน ซึ่งแต่ละวันทำงานวันละ 8 ชั่วโมง

จะได้

$$= 179,040 \times 8 \times 30$$

$$= 42,969,600 \text{ Watt / เดือน}$$

ซึ่ง 1 หน่วยจะเท่ากับ 1,000 วัตต์ เมื่อต้องการหาหน่วยในการใช้กระแสไฟฟ้าของ
แต่ละเดือน

จะได้

$$= \frac{42,969,600}{1000}$$

$$= 42,969.60$$

$$= 42,969.60$$

หน่วย / เดือน

นำหน่วยที่ใช้ไปเปรียบเทียบกับการคิดค่าพลังงานไฟฟ้าในอัตราปกติในช่วงการใช้
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป จะได้เท่ากับ 2.9780 บาท / หน่วย

ดังนั้น อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าที่ต้องจ่ายต่อเดือน

$$= (42,969.60 \times 2.9780) + 40.90$$

$$= 128,323.47 \quad \text{บาท / เดือน}$$

$$= 1,539,881.64 \quad \text{บาท / ปี}$$

• **คิดค่าพลังงานไฟฟ้าของระบบให้ความร้อน**

ผิวด้านหนึ่งของแผ่น Plate ถูกควบคุมด้วยอุณหภูมิของน้ำมันร้อน 118°C โดยแผ่น Plate เป็นเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนปานกลาง $\approx 0.5\%$ $^{\circ}\text{C}$ โดยแผ่น Plate มีความหนา 2 cm และที่ผิวอีกด้านสัมผัสกับอุณหภูมิห้อง 25°C

การคำนวณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเหล็กแผ่นนี้ จากตารางภาคผนวก ก.3 ค่าสภาพการนำความร้อนของแผ่นเหล็กเท่ากับ $52 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ ที่อุณหภูมิ 200°C
อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ หรือการนำความร้อน $= 45.5 \text{ kW/m}^2$

จากการคำนวณหาหน้าหนึ่งของแผ่นอัดผิวแผ่นกระดานอัดเพื่อใช้ในการหาค่าพลังงานไฟฟ้า

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรของแผ่น Plate} &= \text{กว้าง} \times \text{ยาว} \times \text{สูง} \\ &= 1,200 \text{ mm} \times 2,400 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \\ &= 1.2 \times 2.4 \times 0.02 \\ &= 0.0576 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าไฟฟ้าของถังแรงดัน} &= 45.5 \text{ kW/m}^2 \times 0.0576 \text{ m}^2 \\ &= 2.6208 \text{ kW / แผ่น} \\ &= 2,620.8 \text{ W / แผ่น} \end{aligned}$$

ค่าพลังงานไฟฟ้าของถังแรงดันของเครื่องอัด ใช้เวลาอัด 8 นาที ต่อ 1 แผ่น แต่ใน 1 ชั่วโมง สามารถผลิตโดยเฉลี่ยต่อแผ่น ตกประมาณแผ่นละ 10 นาที

เครื่องอัดใช้อัตราในการอัด 48 แผ่น / วัน

จะได้ 1 ชั่วโมง = 6 แผ่น

$$\begin{aligned} \text{จะได้} &= 2,620.8 \times 8 \\ &= 20,966.4 \text{ W / แผ่น} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{1 ชั่วโมง} &= 20,966.4 \times 6 \\ &= 125,798.4 \text{ Watt / hr} \end{aligned}$$

เมื่อได้วัตต์ที่ต้องการจึงนำไปคูณกับชั่วโมงและวัน ซึ่งแต่ละวันทำงานวันละ 8 ชั่วโมง

$$\begin{aligned} \text{จะได้} &= 125,798.4 \times 8 \times 30 \\ &= 30,191,616 \text{ Watt / เดือน} \end{aligned}$$

ซึ่ง 1 หน่วยจะเท่ากับ 1,000 วัตต์ เมื่อต้องการหาหน่วยในการใช้กระแสไฟฟ้าของแต่ละเดือน

$$\begin{aligned} \text{จะได้} &= \frac{30,191,616}{1000} \\ &= 30,191.616 \quad \text{หน่วย / เดือน} \end{aligned}$$

นำหน่วยที่ใช้ไปเปรียบเทียบกับการคิดค่าพลังงานไฟฟ้าในอัตราปกติในช่วงการใช้เกิน 400 หน่วยขึ้นไป จะได้เท่ากับ 2.9780 บาท / หน่วย

$$\begin{aligned} \text{รวมค่าพลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์และถังแรงดัน} &= 42,969.60 + 30,191.616 \\ &= 73,161.216 \end{aligned}$$

ดังนั้น อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าที่ต้องจ่ายต่อเดือน

$$\begin{aligned} &= (73,161.216 \times 2.9780) + 40.90 \\ &= 217,915 \quad \text{บาท / เดือน} \\ &= 2,614,980 \quad \text{บาท / ปี} \end{aligned}$$

5.4 อัตราผลตอบแทน

5.4.1 อัตราผลตอบแทนโดยวิธีมูลค่าปัจจุบัน

ในการคำนวณหาอัตราผลตอบแทน [3] จะต้องทดลองกำหนดค่าของอัตราดอกเบี้ย i ของโครงการ แล้วหามูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (Disbursements; PW_D) เท่ากับมูลค่าปัจจุบันของรายรับ (Receipts; PW_R) จะพิจารณาสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} PW_D &= PW_R \\ 0 &= PW_D - PW_R \end{aligned} \quad 5.1$$

หรืออาจใช้มูลค่าเทียบเท่าจ่ายรายปี (Equivalent Uniform Annual Worth; EUAW) จะได้

$$\begin{aligned} EUAW_D &= EUAW_R \\ 0 &= EUAW_R - EUAW_D \end{aligned} \quad 5.2$$

ค่า i ที่คำนวณได้เรียกว่า อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return; IRR) หรือผลอัตรากำไรลงทุน (Return on Investment; ROI) เพื่อป้องกันการสับสนจึงใช้ i^*

สมการที่ใช้คำนวณดอกเบี้ยทบต้น

Sinking – Fund Factor (SFF)

$$(A/P, i\%, n) \text{ หรือ } \frac{i}{(1+i)^n - 1} \quad 5.3$$

Single Payment Present Worth Factor (SPPWF)

$$(P/F, i\%, n) \text{ หรือ } \frac{1}{(1+i)^n} \quad 5.4$$

5.4.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (Net Present Value หรือ NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการก็คือ มูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนสุทธิหรือกระแสเงินสดของโครงการ ซึ่งคำนวณได้ด้วยการทำส่วนลดกระแสผลตอบแทนสุทธิตลอดชั่วอายุของโครงการให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน หรืออาจคำนวณหา NPV จากความแตกต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนรวม และมูลค่าปัจจุบันของกระแสต้นทุนรวม จากสมการดังนี้

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \\ \text{หรือ} &= \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \end{aligned} \quad 5.5$$

เมื่อ

- B_t ผลตอบแทนในปี (t)
- C_t ต้นทุนในปี (t)
- R อัตราส่วนลดที่เหมาะสม
- N จำนวนปีทั้งสิ้นของโครงการ

5.4.3 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio หรือ B/C)

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนคือ อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนกับมูลค่าปัจจุบันของกระแสต้นทุน ซึ่งเขียนได้จากสมการดังนี้

$$B/C = \frac{PV \text{ of benefits}}{PV \text{ of costs}} \quad 5.6$$

$$= \frac{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

5.4.4 ค่าเสื่อมราคา

การคิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรงเป็นวิธีที่นิยมใช้กัน โดยการใช้มูลค่าของทรัพย์สินลบด้วยมูลค่าซาก แล้วหารด้วยอายุการใช้งาน ก็จะได้ค่าเสื่อมราคาในแต่ละปี

$$\text{ค่าเสื่อมราคาต่อปี} = \frac{P - L}{n} \quad 5.7$$

$$\text{อัตราค่าเสื่อมราคาต่อปี} = \left[\frac{1 - (L/P)}{n} \right] 100\% \quad 5.8$$

$$\text{มูลค่าราคาตามบัญชีเมื่อสิ้นปีที่ } X = P - \left[\frac{P - L}{n} \right] X \quad 5.9$$

เมื่อ

P ราคาต้นทุนของทรัพย์สิน

L ราคาหรือมูลค่าซากเมื่อหมดอายุการใช้งานของทรัพย์สิน

N จำนวนอายุการใช้งานของทรัพย์สิน

จากการลงทุนซื้อเครื่องจักรราคา 548,980 บาท มูลค่าซาก 170,000 บาท หลังจากใช้งานได้ 5 ปี คำนวณหา

- ก. ค่าเสื่อมราคาต่อเนื่องแบบเส้นตรง
- ข. อัตราค่าเสื่อมราคาต่อปี
- ค. ราคาตามบัญชีเมื่อสิ้นปีที่ 3

วิธีทำ

- ก. ค่าเสื่อมราคาต่อเนื่องแบบเส้นตรง

โดย $P = 548,980$ บาท

$L = 170,000$ บาท

$n = 5$ ปี

$$\begin{aligned} \therefore \text{ค่าเสื่อมราคาต่อปี} &= \frac{P - L}{n} \\ \text{แทนค่า} &= \frac{548,980 - 170,000}{5} \\ &= 75,796 \text{ บาท} \end{aligned}$$

- ข. อัตราค่าเสื่อมราคาต่อปี

$$\begin{aligned} \text{อัตราค่าเสื่อมราคาต่อปี} &= \left[\frac{1 - (L/P)}{n} \right] \times 100 \\ \text{แทนค่า} &= \left[\frac{1 - (170,000/548,980)}{5} \right] \times 100 \\ &= 13.8 \% \end{aligned}$$

- ค. ราคาตามบัญชีเมื่อสิ้นปีที่ 3

$$\begin{aligned} \text{มูลค่าตามบัญชีปีที่ 3} &= P - \left[\frac{P - L}{n} \right] \times 3 \\ \text{แทนค่า} &= 548,980 - \left[\frac{548,980 - 170,000}{5} \right] \times 3 \\ &= 299,992 \text{ บาท} \end{aligned}$$

5.4.5 คำนวณหาอัตราผลตอบแทน

จากอัตราการผลิตที่ผลิตได้ชั่วโมงละ 6 แผ่น ราคาแผ่นละ 350 บาท ในอัตราการขายส่ง โดยที่อัตราการทำงานของเครื่องอัดแผ่นกระดาษวันละ 8 ชั่วโมง

$$\begin{aligned} \text{จะได้ราคาค่าผลผลิต} &= 6 \times 350 \times 8 \times 30 \\ &= 504,000 \text{ บาท / เดือน} \\ &= 6,048,000 \text{ บาท / ปี} \end{aligned}$$

คิดจำนวนของเสียของแผ่นกระดาษอัดที่ 10% ต่อเดือน

$$\begin{aligned} \text{จะได้ผลผลิต} &= \frac{6 \times 8 \times 30}{100} \times 90 \\ &= 1,296 \text{ แผ่น / เดือน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้ราคาค่าผลผลิต} &= 1,296 \times 12 \times 350 \\ &= 5,443,200 \text{ บาท / ปี} \end{aligned}$$

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าใช้จ่ายและผลตอบแทน

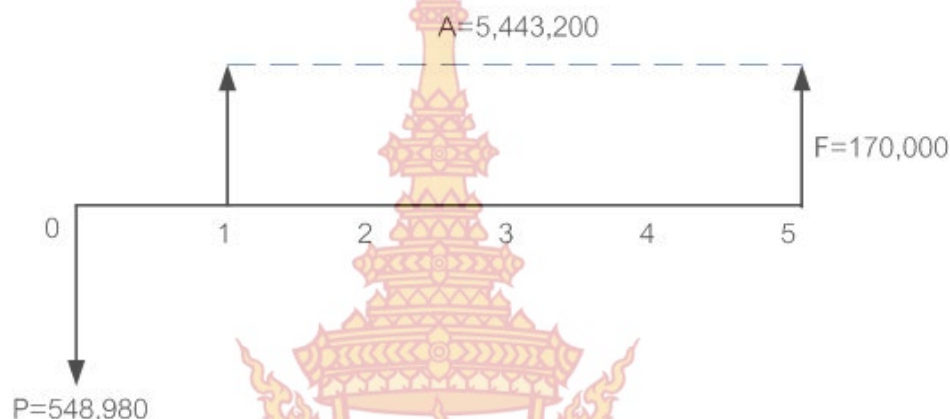
ราคาวัสดุและอุปกรณ์ในระบบ	548,980 บาท
ราคาค่าวัตถุดิบ - ราคาค่าเปลือกมะพร้าวและเปลือกสับประรด 554,273.28 บาท / ปี - ราคาค่าถ่าน 3,826,293.12 บาท / ปี	4,380,566.4 บาท / ปี
ค่าดูแลและซ่อมบำรุงต่อปี	2,500 บาท / ปี
ค่าเสื่อมราคาต่อปี	75,796 บาท / ปี
ค่าไฟฟ้า	2,614,980 บาท / ปี
ราคาค่าผลตอบแทนที่ได้จากผลผลิต	5,443,200 บาท / ปี

ลงทุนขั้นต่ำ 548,980 บาท ต้องเสียค่าใช้จ่ายต่อปี 2,614,980 บาท, เสียค่าวัตถุดิบต่อปี 4,380,566 บาท, ค่าเสื่อมราคาต่อปี 75,796 บาท, เสียค่าดูแลและซ่อมบำรุงต่อปี

5.4.6 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

ลงทุนค่าเครื่องจักร 548,980 บาท ใช้งานได้ 5 ปี มูลค่าซากประมาณ 170,000 บาท รายได้จากการผลิตแผ่นกระดานอัดจากเครื่องจักรดังกล่าวต่อปี 5,443,200 บาท คำนวณหา ระยะเวลาคืนทุน โดยอัตราดอกเบี้ย MARR 5.75 % ต่อปี

วิธีทำ



รูปที่ 5.1 แสดงแผนภูมิการไหลของค่าใช้จ่ายต่าง ๆ

ใช้วิธีมูลค่าปัจจุบัน

$$0 = -P + A (P/A, i\%, n) + F (P/F, i\%, n)$$

$$\text{แทนค่า} = -548,980 + 5,443,200 (P/A, 5.75\%, n) + 170,000 (P/F, 5.75\%, 5)$$

$$\text{หรือ} = -548,980 + 5,443,200 \left[\frac{(1.0575)^n - 1}{(0.0575)(1.0575)^n} \right] + 170,000 (0.7562)$$

กำหนดให้ $n = 0.813$

แทนค่า

$$0 \neq -548,980 + 5,443,200 \left[\frac{(1.0575)^{0.813} - 1}{(0.0575)(1.0575)^{0.813}} \right] + 170,000 (0.7562)$$

$$0 \neq -210.91 \text{ บาท}$$

แทนค่า n จนกว่าจะได้ค่าเท่ากับ 0 หรือใกล้เคียง 0

ถ้าแทน $n = 0.813$ ปี จะทำให้ค่าของสมการใกล้เคียง 0

\therefore ระยะเวลาคืนทุนคือ 0.813 ปี

5.5 การใช้ประโยชน์และการตลาด

แผ่นกระดานอัด (Particle board) ที่ผลิตจากวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรที่ให้เส้นใยของเปลือกมะพร้าวและเปลือกสับปะรด จัดได้ว่าเป็นสิ่งประดิษฐ์ประเภทไม้แปรรูปที่ค่อนข้างใหม่ในตลาด แต่การที่จำนวนป่าไม้ได้ลดลงอย่างรวดเร็วทำให้เกิดผลกระทบต่อการนำไม้ไปใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทำเครื่องตกแต่งบ้านเรือน หรือทำสิ่งก่อสร้างสมัยใหม่ เช่น ผนังกันห้อง หรือแผ่นฝ้าเพดาน ยิ่งเมื่อประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน การนำเปลือกมะพร้าวและเปลือกสับปะรดมาผลิตเป็นแผ่นฝ้ากันความร้อน จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่ง เพราะเป็นการนำเศษเหลือจากการเกษตรที่ให้เส้นใยของเปลือกมะพร้าวและเปลือกสับปะรดมาใช้ประโยชน์ ลดการใช้ไม้และทำให้เกิดความประหยัดพลังงานในการป้องกันความร้อนจากภายนอก อีกทั้งเปลือกมะพร้าวและเปลือกสับปะรดยังมีอยู่มากมายในท้องถิ่น จึงเป็นการเพิ่มคุณค่าให้แก่วัสดุและส่งเสริมการเกษตรกรรมของประเทศและเสริมรายได้ให้กับเกษตรกร

5.5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการตลาด ขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญดังต่อไปนี้

1. เพิ่มรายได้ให้แก่ประชากรต่อคนต่อปี
2. สถานะภาพของทรัพยากรป่าไม้
3. สถานะภาพของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากไม้
4. แนวโน้มด้านราคา
5. วัสดุที่นำมาใช้ทดแทน โดยเฉพาะเมื่อนำเปลือกมะพร้าวและเปลือกสับปะรดมาใช้ผลิต ควรสร้างความเชื่อถือต่อผู้บริโภคถึงคุณภาพและความแข็งแรง
6. ความอึดตัวของระดับรายได้ และรายจ่ายของประชากรของประเทศ

5.6 การวิจัยและแนวทางในการพัฒนา

การวิจัยและความจำเป็นต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมแผ่นกระดานอัดนี้ มีหัวข้อควรพิจารณาที่สำคัญๆ ดังต่อไปนี้คือ

5.6.1 การวิจัยและการพัฒนาการด้านวัตถุดิบ (Raw Materials)

วัตถุดิบของการผลิตอุตสาหกรรมแผ่นกระดานอัดย่อมมีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดมีลักษณะ ขนาดรูปร่าง และคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป ในปัจจุบันแนวโน้มในการใช้ไม้มาผลิตอุตสาหกรรมประเภทนี้มักมุ่งไปในการใช้ประโยชน์จำพวกไม้ขนาดเล็ก เช่น เศษไม้ที่เหลือจากการทำไม้ปา เศษไม้จากโรงงานอุตสาหกรรมป่าไม้ เศษเหลือจากการเกษตร ไม้ที่ได้จากการตัดถนนขยายระยะในสวนป่าหรือไม้ชั้นรองที่ไม่ค่อยนิยมกัน แต่ละชนิดย่อมมีลักษณะโครงสร้าง น้ำหนัก และคุณสมบัติ และคุณสมบัติการติดกาว และคุณสมบัติด้านเคมีแตกต่างกันออกไป การวิจัยค้นคว้าทดลองทำเท่านั้นจึงจะทำให้พิจารณานำมาปรับปรุงด้านการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้แล้วก็ยังรวมไปถึงวัสดุที่ให้เส้นใยประเภทต่างๆ เช่น เปลือก

มะพร้าว, เปลือกสับปะรด และชานอ้อยเป็นต้น เพื่อนำมาใช้ทดแทนวัตถุดิบประเภทไม้ และเพิ่มมูลค่าเสริมรายได้ให้กับเกษตรกร

5.6.2 ด้านกรรมวิธีการผลิตและเครื่องมือเครื่องจักร (Processes and equipment)

การวิจัยด้านนี้ก็เพื่อสามารถให้มีกรรมวิธีการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพให้ได้ ผลิตภัณฑ์มีมาตรฐานสูง และสามารถลดต้นทุนใช้ในการผลิตให้ถูกลงให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ หัวข้อพิจารณาคือ

1. หาวิธีปรับปรุงเครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตเพื่อใช้ในการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ หรือพยายามประดิษฐ์เครื่องมือที่ใช้ผลิตวัสดุให้มีขนาดเล็กที่สุด แต่นำไปผลิตให้มีคุณภาพสูงสุด เป็นต้น
2. ปรับปรุงคุณภาพของเครื่องผสมและเครื่องพ่นกาว (Resin blenders) เพราะเครื่องมือนี้จะแตกต่างกัน สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการและในโรงงาน
3. ปรับปรุงหาวิธีลดระยะเวลาที่ใช้ในการอัด (Pressing cycles)
4. หาวิธีใช้เศษไม้ที่เล็กละเอียด (Utilization equipments) ให้มากที่สุด
5. หาวิธีใช้ระบบปรับสภาพความชื้น (Conditioning equipments) ให้มีประสิทธิภาพ
6. หาวิธีปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตอื่นๆ เช่น กรรมวิธีแต่งผิวหน้าและปรับปรุงด้านความทนทานต่อน้ำ แผลง เห็ดรา หรือด้านความทนทานต่อการลุกไหม้ของไฟ เป็นต้น

5.6.3 ด้านคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ (Properties and uses) หัวข้อที่ควรพิจารณามีดังนี้

1. หาวิธีปรับปรุงวิธีการทดสอบด้านคุณสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัดให้ทันสมัย คือหาวิธีทดสอบเล็ก ๆ ในห้องทดลอง (Laboratory test) และหาวิธีสอบแผ่นใหญ่ (Service test) จริงๆ เป็นต้น
2. หาวิธีการทดสอบคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ใหม่ๆ เช่น ด้านทนทานต่อการดูดซึม การทนทานต่อแมลง เห็ดรา และความทนทานต่อไป หรือพวกสารเคมีอื่นๆ

5.6.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์และการวิจัยตลาด (Product development and market research) มีหัวข้อพิจารณาดังนี้

1. หาวิธีผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ๆ ให้แปลกตาอยู่เสมอ
2. หาวิธีให้มีคุณสมบัติแปลกๆ อยู่เสมอ

3. หาวิธีใช้ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ
4. การวิจัยด้านความต้องการของตลาดย่อมมีความสัมพันธ์ต่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เสมอ
5. การตั้งสมาคมเพื่อรวมกลุ่มกันย่อมทำให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมประเภทเดียวกันนั้น ทำงานการพัฒนาและวิจัยตลาดมีประสิทธิภาพสูงขึ้นด้วย



บทที่ 4

การคำนวณและการออกแบบเครื่องอัดแผ่นกระดาษอัด

โดยทฤษฎี ความหนาแน่นที่มีการกระจายไปทั่วเท่ากันตลอดทั้งแผ่น เป็นสิ่งที่พึงปรารถนาที่สุดในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด แต่การจะได้แผ่นบอร์ดที่ลักษณะเช่นนี้ต้องใช้ส่วนผสมต่าง ๆ รวมทั้งชิ้นไม้ที่เป็นแบบเดียวกันหมด ในทางปฏิบัติจริง แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตได้ จะมีการกระจายความหนาแน่นไม่เป็นลักษณะเดียวกันตลอดทั้งแผ่น เนื่องจากการเกิดเป็นชั้นของแผ่น เป็นชั้นผิวหน้าและชั้นไส้ ซึ่งเป็นผลมาจาก

- การโรยเส้นใยของมะพร้าวและสับปะรดขนาดต่าง ๆ กัน

- ปริมาณกาวและความชื้นแต่ละชั้น

- การได้รับความร้อนในระหว่างความหนา การขึ้นอัดร้อนที่เวลาต่างกัน ทำให้เกิดความลดหลั่นของความหนาแน่น (Density Profile) ทางความหนาขึ้น

โดยความหนาแน่นที่ชั้นผิวจะมีสูงลดหลั่นลงมายังชั้นไส้ แต่อย่างไรก็ตาม ควรหลีกเลี่ยงความแตกต่างของความหนาแน่นระหว่างชั้นผิวกับชั้นไส้ ที่มากเกินไป เพราะจะทำให้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทั้งแผ่นมีความแข็งแรงลดลง เนื่องจาก แรงยึดเหนี่ยวภายในของชั้นไส้ ที่ต่ำเกินไป

ผลที่เกิดจาก ขนาดเส้นใยของมะพร้าวและสับปะรด กาวและความชื้น ทำให้เกิดความลดหลั่นของความหนาแน่น ได้กล่าวถึงแล้วในตอนต้น ในหัวข้อนี้จึงขอกกล่าวถึง ผลกระทบจากการอัดร้อน ที่ทำให้เกิดความลดหลั่นของความหนาแน่น

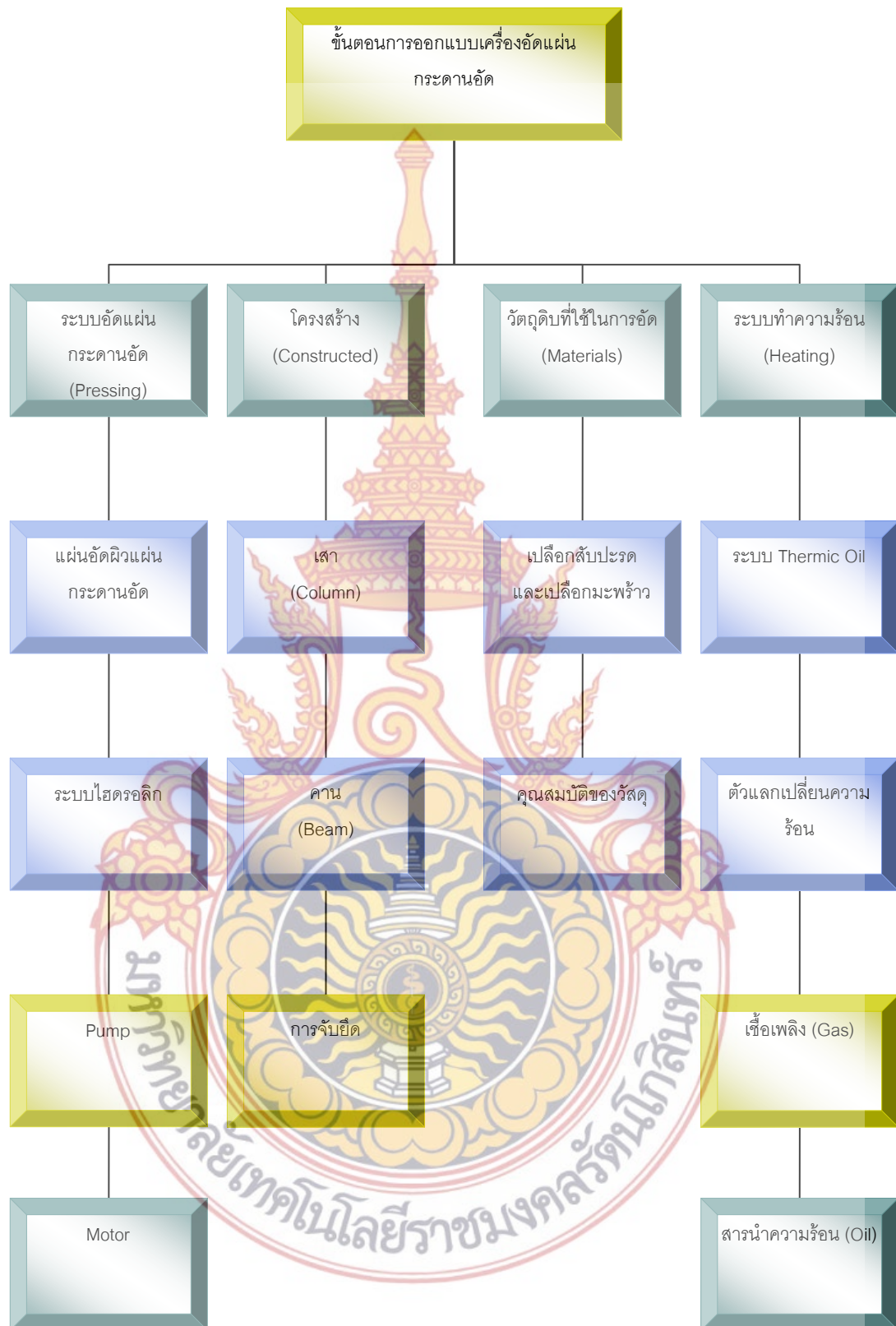
ในขณะที่ทำการอัดร้อน ระยะเวลาในการอัดทั้งหมด ประมาณ 10-30 % เป็นเวลาที่แท่นอัดกดทับแผ่นจนถึงความหนาที่กำหนดไว้ (Press Closing Time) เวลาที่เหลือเป็นเวลาที่อัดแผ่น ณ ระดับความหนาที่กำหนดด้วยแรงดันสูง เพื่อให้แผ่นแข็งตัวเป็นรูปทรง คงที่ได้ ผิวหน้าจึงได้รับความร้อนสูงจากแท่นอัดที่สัมผัสก่อนที่ ความชื้นที่ชั้นผิวจะกลายเป็นไอน้ำที่ ส่งให้ผิวหน้าเกิดการขึ้นรูปแข็งตัว และกระชับแน่นจน มีความหนาแน่นสูงก่อนแล้ว นอกจากนี้ปริมาณไอน้ำที่ชั้นผิวที่มากกว่ายังช่วยปรับปรุงความสามารถในการบีบอัดให้ดีขึ้นด้วย ความร้อนที่แทรกซึมผ่านลงไปถึงชั้นไส้พร้อมทั้งขนาดแรงดันที่กดทับไว้ให้ได้ ความหนาตามกำหนด ก่อให้ชั้นไส้ที่เหลือเนื้อไม้ไม่ยอลง แข็งตัวมีความหนาแน่นต่ำลง ดังนั้น การควบคุมการอัดร้อนโดยเฉพาะ ระยะเวลาแท่นอัดที่บีบแผ่นจนถึงความหนาที่กำหนด เป็นสิ่งที่สามารถเปลี่ยนแปลงความลดหลั่นของความหนาแน่นของแผ่นได้ ทำให้แรงยึดเหนี่ยวภายใน ความต้านแรงดัด และความแข็งแรงของแผ่นดีขึ้น

การใช้ระยะเวลาในการปิดแทนอัดที่ช้า (ระยะเวลาที่แทนอัดบีบแผ่นจนถึงความหนา กำหนด) สามารถปรับปรุงคุณสมบัติแรงยึดเหนี่ยวภายในให้สูงขึ้นได้และส่งผลให้ความหนาแน่นมีการกระจายตัวจากชั้นใต้ถึงชั้นผิวได้สม่ำเสมอว่า การใช้ระยะเวลาในการปิดแทนอัดที่เร็ว ทำให้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ได้มีคุณสมบัติด้านแรงดัด และความแข็งตึง สูงขึ้น แต่แรงยึดเหนี่ยวภายใน ต่ำ และ ปริมาณขอบตรงกลางอาจเกิดเป็นรูพรุนขึ้นได้ หากใช้ระยะเวลาในการปิดแทนอัดที่เร็ว ความใช้แรงดันที่สูงกว่าปกติ

การให้อุณหภูมิในการอัดที่สูงขึ้น จะช่วยเพิ่มความหนาแน่นในชั้นใต้และความหนาแน่นในชั้นผิวได้ เนื่องจากความร้อนจะเคลื่อนที่ไปยังชั้นใต้ได้เร็วขึ้น แต่ควรระมัดระวังการเกิดกาวแข็งตัวในชั้นนอกของผิวก่อน (Procure)

สำหรับการออกแบบเครื่องอัดแผ่นกระดานอัดจากเปลือกมะพร้าวและเปลือกสับประรด นั้นจะมีขั้นตอนและกระบวนการในการออกแบบอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.1





รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการออกแบบเครื่องอัดแผ่นกระดานอัด
จากเปลือกลมะพร้าวและเปลือกลูกปืน

4.1 ระบบอัดแผ่นกระดานอัด (Pressing) ในการออกแบบระบบที่ใช้ในการอัดได้ออกแบบให้ใช้ระบบอัดด้วยระบบไฮดรอลิก โดยที่สภาวะการอัดจะอยู่ในลักษณะอัดจากข้างล่างขึ้นข้างบน โดยมีกระบอกสูบติดตั้งอยู่ในแนวตั้งฉากกับฐานของโครงสร้างซึ่งอยู่ในลักษณะแนวตั้ง ที่มีรายละเอียดของแผ่นกระดานอัดดังนี้

แผ่นเตรียมอัดมีความหนา 15 มม. ใช้ระยะเวลาในการอัดร้อน 10-12 นาที หรือเท่ากับ 0.5-0.6 นาทีต่อความหนา 1 มม. อัตราการอัดของแผ่นกระดานอัด \approx 6แผ่น/ชั่วโมง โดยที่ขนาดของแผ่นกว้าง 1,200 มม. ยาว 2,400 มม. และเมื่อทำการหรือภายหลังจากการอัดแผ่นจะมีขนาดความหนาเท่ากับ 10 มม.

4.1.1 แผ่นอัดผิวแผ่นกระดานอัด ลักษณะของแผ่นอัดผิวของแผ่นกระดานอัด โดยได้ออกแบบลักษณะของแผ่นอัดผิว เป็นแบบปะกบเข้าหากัน โดยใช้แผ่นเหล็กซึ่งกำหนดให้มีขนาดกว้าง 1,200 mm ยาว 2,400 mm และหนา 20 mm ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แผ่นอัดผิวแผ่นกระดานอัด (Plate)

การคำนวณหาปริมาตรของแผ่นอัดผิวแผ่นกระดานอัดเพื่อใช้ในการหาขนาดของกระบอกสูบไฮดรอลิกและการออกแบบโครงสร้างมีดังต่อไปนี้

ปริมาตรของแผ่น Plate

$$\begin{aligned}
 &= \text{กว้าง} \times \text{ยาว} \times \text{สูง} \\
 &= 1,200 \text{ mm} \times 2,400 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \\
 &= 1.2 \times 2.4 \times 0.02 \times 10^3 \\
 &= 57.6 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

คำนวณหามวลจากสูตร

$$m = V \cdot \rho$$

4.1

เมื่อ

M มวลของแผ่นอัดผิวของแผ่นกระดานอัด (Plate), kg

V ปริมาตรของแผ่นอัดผิวของแผ่นกระดานอัด (Plate), cm³ ρ ค่าความหนาแน่น, kg/cm³

แทนค่าลงในสูตร

$$m = V \cdot \rho$$

$$= 57.6 \text{ cm}^3 \times 7.85 \text{ kg/cm}^3$$

$$= 452.6 \text{ kg}$$

น้ำหนักต่อ Plate 1 แผ่น = 452.16 kg

Plate 1 คู่หนัก $452.16 \times 2 = 904.32 \text{ kg}$

4.1.2 ระบบไฮดรอลิกจะเป็นตัวกลางการถ่ายทอดกำลังงานในการเปลี่ยนแปลงกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกล คือ ทำให้กระบอกสูบไฮดรอลิกและมอเตอร์ไฮดรอลิกทำงาน ซึ่งการหาขนาดของกระบอกสูบและขนาดของก้านสูบ ต้องขึ้นอยู่กับแรงดันที่ใช้ในการอัดและน้ำหนักของแผ่นอัดผิวแผ่นกระดานอัด ดังนั้นการคำนวณหาขนาดของกระบอกสูบและขนาดของก้านสูบมีดังต่อไปนี้

- การหาขนาดของกระบอกสูบ โดยออกแบบให้ใช้กระบอกสูบไฮดรอลิก 6 ตัวด้วยกัน น้ำหนัก Plate โดยเฉลี่ย ต่อกระบอกสูบ 1 ตัว = $\frac{904.32}{6} \approx 150 \text{ kg}$ การหาขนาดของกระบอกสูบที่ใช้งานสำหรับไหลหนัก 150 kg โดยระบบมีความดันใช้งาน 400 psi $\approx 27.6 \text{ bar}$

จากสูตร

$$D = \sqrt{\frac{F/P}{0.7854}} \quad 4.2$$

เมื่อ

D ขนาดของกระบอกสูบ, cm

F น้ำหนักโดยเฉลี่ยของแผ่นอัดผิวของแผ่นกระดานอัด, kg

P ความดันที่ใช้งาน, kg/cm³จาก 1 bar = 1.02 kg/cm²

$$\begin{aligned}
 27.6 \text{ bar} &= 1.02 \times 27.6 \\
 &= 28.152 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{แทนค่าในสมการ D} &= \sqrt{\frac{150/28.152}{0.7854}} \\
 &= 2.6045 \text{ cm.} \\
 &= 26.045 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

แต่ขนาดที่ได้ไม่มีจำหน่ายจะต้องเลือกใช้นากระบอกสูบ $2\frac{1}{2}$ "

จากตารางภาคผนวก ก.1

เลือกใช้นากระบอกสูบที่ $2\frac{1}{2}$ "

$$\begin{aligned}
 \text{พื้นที่ของกระบอกสูบ } 2\frac{1}{2} \text{ in} &= \frac{\pi \times 2\frac{1}{2}^2}{4} \\
 &= 4.909 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

- **การหาขนาดก้านสูบ** เนื่องจากความเร็ว จะมีค่าประมาณ 2 เท่าของความเร็วตอนเลื่อนออก ดังนั้นพื้นที่สุทธิของกระบอกสูบ ด้านที่มีก้านสูบจะต้องเป็น 1/2 ของพื้นที่ลูกสูบ และเนื่องจากพื้นที่ลูกสูบ เท่ากับผลรวมของพื้นที่ก้านสูบกับพื้นที่สุทธิของกระบอกสูบด้านที่มีก้านสูบ

$$\text{พื้นที่สุทธิก้านสูบ (rod area)} = \frac{1}{2} \times 4.909 \text{ in}^2$$

$$\text{พื้นที่ก้านสูบ} \approx 2.4545 \text{ in}^2$$

$$D_{\text{Rod}} = \sqrt{\frac{A_{\text{Rod}}}{0.7854}}$$

$$\begin{aligned}
 \therefore D_{\text{Rod}} &= \sqrt{\frac{2.4545}{0.7854}} \\
 &= 1.767 \text{ in}
 \end{aligned}$$

แต่ก้านสูบขนาด 1.767 in เป็นขนาดที่ไม่มีใช้โดยดูได้จาก ตารางภาคผนวก ก.2 จึงเลือกใช้ก้านสูบขนาด = 1-3/4 in

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ของก้านสูบขนาด 1-3/4 in} &= \frac{\pi \times 2^2}{4} \\ &= 2.405 \text{ in}^2 \\ \therefore \text{พื้นที่สุทธิของกระบอกสูบด้านมีก้านสูบ} &= 4.909 - 2.405 \\ &= 2.504 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

ดังนั้นกระบอกสูบที่เลือกใช้สำหรับงานนี้มีรายละเอียดดังนี้

1. กระบอกขนาด $2\frac{1}{2}$ in
2. ขนาดช่องต่อ
 - เกลียว NPT ขนาด 1/2 in
 - เกลียวตรง ขนาด 3/4 in
3. ขนาดก้านสูบ 1-3/4 in (HVY)
4. พื้นที่ลูกสูบ 4.909 in^2
5. พื้นที่สุทธิด้านก้านสูบ 2.504 in^2
6. พื้นที่ก้านสูบ 2.405 in^2
7. อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ลูกสูบกับพื้นที่สุทธิด้านก้านสูบเป็น 1.96 : 1
8. แรงที่ได้จากกระบอกมากที่สุดที่ความดัน 500 psi
 - แรงผลึก = 2,455 lbs
 - แรงดึง = 1,252 lbs

กำหนดให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออกไปอัดขึ้นงานด้วยความเร็ว 60 in/min และเคลื่อนกลับด้วยความเร็วประมาณ 120 in/min ควบคุมการทำงานด้วยมือ
คำนวณหาอัตราไหลสำหรับความเร็วที่กำหนดไว้

$$\text{อัตราไหล} = \frac{A \times V}{231}$$

4.3

เมื่อ

- A พื้นที่หน้าตัดลูกสูบ, in^2
V ความเร็วก้านสูบที่กำหนด, in/min

$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร อัตราไหล} &= \frac{A \times V}{231} \\
 \text{แทนค่าลงในสมการ} &= \frac{4.909 \times 60}{231} \\
 &= 1.275 \text{ gpm}
 \end{aligned}$$

เปิดหาค่าจากแผนภูมิ ข.1 อ่านค่าอัตราการไหลที่ป้อนให้แก่กระบอกสูบที่สเกล ณ จุดที่เส้นตรงลากต่อระหว่างค่า 4.909 in² กับ 60 in/min ลากผ่านมาตัดสเกลจะได้ค่าอัตราการไหล (gpm) = 1.275 gpm เช่นกัน

4.1.3 Pump การหาขนาดของปั๊มที่จะใช้ เนื่องจากใช้กระบอกสูบ 6 ตัว ดังนั้น จึงต้องใช้ อัตราการไหล = $1.275 \times 6 = 7.65$ gpm

เนื่องจากปั๊มขนาด 7.65 gpm เป็นขนาดที่ไม่มีใช้กัน ดังนั้นจึงต้องพิจารณา เลือกใช้ปั๊มที่มีขนาด 5 gpm , 10 gpm หรือ 12 gpm แต่อัตราการไหลของปั๊มโดยทั่วไปจะ กำหนดอัตราการไหลเป็น U.S.gpm ที่ความเร็วรอบ 1200 rpm

มอเตอร์ไฟฟ้าโดยทั่วไปไม่ว่าจะขนาดกี่แรงม้าจะหมุนด้วยความเร็วรอบ 1450 rpm

$$\begin{aligned}
 \text{ปั๊มขนาด 5 gpm จะได้อัตราการไหล} &= \frac{5 \times 1450}{1200} \\
 &= 6.04 \text{ U.S.gallon/min}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ปั๊มขนาด 10 gpm จะได้อัตราการไหล} &= \frac{10 \times 1450}{1200} \\
 &= 12.08 \text{ U.S.gallon/min}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ปั๊มขนาด 12 gpm จะได้อัตราการไหล} &= \frac{12 \times 1450}{1200} \\
 &= 14.5 \text{ U.S.gallon/min}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นเราสมควรเลือกใช้ปั๊มขนาด 10 gpm ที่ได้อัตราการไหล 12.08 U.S.gallon/min เมื่อถูกขับด้วยความเร็วรอบ 1,450 rpm และเมื่อเกิดการสูญเสีย เนื่องจากประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของปั๊มในขณะทำงานก็จะได้อัตราการไหลขนาดพอเหมาะกะกับที่ กระบอกสูบต้องการ สำหรับความเร็วที่กำหนดใช้ ถ้าเลือกขนาด 5 gpm จะได้ค่าน้อยเกินไป และถ้าเลือกขนาด 12 gpm ก็จะมีมากเกินไป สำหรับปั๊มที่ใช้อาจเป็นปั๊มแบบเวน

หรือแบบเฟืองก็ได้ เพราะมีราคาถูกและเหมาะสมกับความดันที่ใช้งานที่กำหนด โดยทั่วไปปั๊มแบบเวนและแบบเฟืองจะมีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรประมาณ 90% ดังนั้นจึงมีการสูญเสียในปั๊มประมาณ 10% ทำให้ขนาดของปั๊มที่เลือกใช้เหมาะสมพอดี เพราะได้เพิ่มอัตราการไหลให้แล้ว

∴ อัตราการไหลของปั๊มขนาด 10 gpm ที่ 1200 rpm เมื่อใช้งานที่หมุนช้าด้วยความเร็ว 1450 rpm และมีประสิทธิภาพเชิงปริมาตร 90% จะส่งอัตราการไหลให้กระบอกลูกสูบได้

$$\begin{aligned} \text{อัตราการไหลของปั๊มที่ส่งให้แก่กระบอกลูกสูบ} &= \frac{10 \times 1450}{1200} \times 0.9 \\ &= 10.875 \text{ U.S.gallon/min} \end{aligned}$$

การหาความเร็วของก้านสูบ จะต้องทราบขนาดของพื้นที่ของลูกสูบ และอัตราการไหลของปั๊มที่ส่งให้แก่กระบอกลูกสูบ โดยขนาดของพื้นที่ลูกสูบเท่ากับ 4.909 in^2 และอัตราการไหลของปั๊มมีอัตราการไหลส่งเท่ากับ $10.875 \text{ U.S.gallon/min}$

$$\text{จากสูตร} \quad V = \frac{231 \times G.P.M.}{A} \quad 4.4$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} V & \text{ ความเร็วของก้านสูบ, in/min} \\ G.P.M. & \text{ อัตราการไหลของปั๊ม} \\ A & \text{ พื้นที่หน้าตัดลูกสูบ, in}^2 \end{aligned}$$

$$\text{แทนค่าลงในสมการ} \quad V = \frac{231 \times G.P.M.}{A}$$

$$\therefore \text{ความเร็วของก้านสูบตอนเลื่อนออก } V_{out} = \frac{Q_c}{A_c}$$

$$= \frac{231 \times 10.875}{4.909 \times 6}$$

$$= 85.28 \text{ in/min}$$

ความเร็วของก้านสูบตอนเคลื่อนเข้า $V_{in} = \frac{Q_c}{A_{Ring}}$

$$= \frac{231 \times 10.875}{2.504 \times 6}$$

$$= 167.2 \text{ in/min}$$

- **การหาขนาดของถังพัก** จากข้อกำหนดเกี่ยวกับการออกแบบถังพัก กำหนดให้ ถังพักที่มีขนาดเล็กที่สุดควรมีความจุน้ำมันแกลลอนได้ 3 เท่า ของอัตราที่ปั๊มจ่ายออกมาเป็น gpm ในกรณีนี้ปั๊มจ่ายอัตราไหล 10.875 gpm ให้แก่วงจร

$$\text{จะต้องเลือกใช้ถังพักขนาด} = 10.875 \times 3$$

$$= 32.625 \text{ gallon}$$

∴ เลือกใช้ถังพักขนาดความจุ ≈ 40 gallon

4.1.4 **Motor** การหาขนาดมอเตอร์ไฟฟ้าที่จะใช้ในการขับเคลื่อนปั๊มนั้น จะต้องทราบ อัตราการไหลของปั๊มที่ส่งให้แก่ระบบสูบ และแรงดันที่ใช้งาน โดยแรงดันใช้งานที่ต้องการอยู่ที่ 400 psi แต่เนื่องจากขนาดของระบบสูบที่ 400 psi ไม่มีจำหน่ายจึงต้องเลือกใช้ที่แรงดันเพิ่มขึ้นไปอีกที่แรงดัน 500 psi ดังนั้นในการคำนวณจึงคิดที่ 500 psi โดยการหาขนาดของ มอเตอร์ไฟฟ้าใช้สูตรได้ดังนี้

$$\text{ขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้าที่จะใช้} = \frac{\text{กำลังงานกลที่ใช้เคลื่อนปั๊ม}}{\text{ประสิทธิภาพการส่งกำลัง} \times \text{ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้า}}$$

$$\text{แรงม้าไฮดรอลิก} \quad \text{H.P.} = 0.000583 \times P \times Q \quad 4.5$$

$$\text{หรือ} = \frac{P \times Q}{1714} \quad 4.6$$

เมื่อ

H.P. กำลังแรงม้าไฮดรอลิก

P แรงดันที่ใช้งาน, lb/in²

Q อัตราการไหล, gpm

จากสูตรแรงม้าไฮดรอลิก H.P. = 0.000583 × P × Q

แต่เนื่องจากประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า ส่วนใหญ่คิดที่ 80% และ
ถ้าการส่งกำลังเป็น 90%

$$\begin{aligned} \therefore \text{ขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้า} &= \frac{Q_p \cdot P_p}{\eta_p \times \eta_t \times \eta_E} \times \text{ค่าคงที่} & 4.7 \\ &= \frac{10.875 \text{ gpm} \times 500 \text{ psi} \times 0.000583}{0.9 \times 0.9 \times 0.8} \\ &= 4.89 \text{ H.P.} \end{aligned}$$

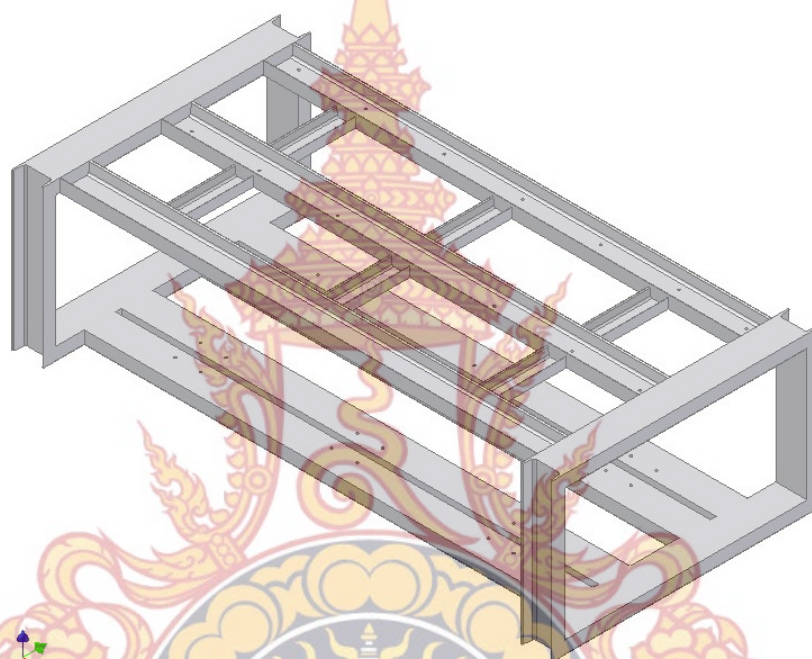
เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 4.89 H.P. ไม่มีจำหน่ายจึงต้องเลือกขนาดให้
แรงม้ามากขึ้นอีกเบอร์เลือกใช้ที่ 5 H.P.



4.2 โครงสร้าง (Construction)

ในการอัดแผ่นกระดานอัด โดยข้อกำหนดในการอัดแผ่นกระดานอัด ซึ่งแรงที่ใช้ในการอัดแผ่นกระดานอัดในการอัดร้อนเพื่อผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ความหนาแน่นปานกลาง ($0.40-0.80 \text{ g/cm}^3$) มีการใช้กันในช่วง $1.5-3.5 \text{ N/mm}^2$ อุณหภูมิในการอัดร้อนประมาณ $150^\circ-220^\circ \text{ C}$ ที่ความหนาของแผ่นกระดานอัด 10 mm

โดยที่แผ่นอัดผิวแผ่นกระดานอัดมีขนาด $1200 \times 2400 \times 20 \text{ mm}$



รูปที่ 4.3 โครงสร้าง

4.2.1 คาน (Beam)

คานซึ่งลักษณะของคานด้านบนจะส่งน้ำหนักคานโดยต่อเสาเฉลี่ยทั้ง 4 เสา โดยออกแบบให้ใช้เหล็กตัว U160 DIN1026-St37-2 และเหล็กตัว U100 DIN1026-St37-2 โดยมีความเค้นดึง 370 N/mm^2 [2] เพื่อใช้สำหรับคานด้านบน และคานสำหรับเสริมความแข็งแรงให้กับคานด้านบน เพื่อป้องกันการโก่งของคาน ดังรูปที่ 4.3 จากนั้นหาน้ำหนักของคานโดยรวมเพื่อใช้ในการพิสูจน์เสาดังต่อไปนี้

คานบน เหล็กตัว U 160 DIN 1026-St37-2

เหล็กตัว U สูง 160 mm ความเค้นดึง 370 N/mm² มวล 18.8 kg

ทั้งหมด 3 ชั้น ความยาวรวม 2440 × 3 = 7320 mm

$$= 7.32 \text{ m}$$

$$m_t = 18.8 \text{ kg/m} \times 7.32 \text{ m}$$

$$= 137.61 \text{ kg}$$

คานชอยเหล็กตัว U 100 DIN 1026-St37-2

เหล็กตัว U สูง 100 mm ความเค้นดึง 370 N/mm² มวล 10.6 kg

ทั้งหมด 6 ชั้นความยาวรอบ = 380 × 6 = 2280 mm

$$= 2.28 \text{ m}$$

$$m_t = 10.6 \text{ kg/m} \times 2.28 \text{ m}$$

$$= 24.168 \text{ kg}$$

$$\therefore \text{น้ำหนักคานโดยรวม} = 137.61 \text{ kg} + 24.168 \text{ kg}$$

$$= 161.778 \text{ kg}$$

4.2.2 เสา (Column)

เสาจะรับน้ำหนักของคานโดยเฉลี่ยทั้ง 4 เสา โดยได้ออกแบบให้ใช้เหล็กตัว U160 DIN1026-St37-2 โดยมีความเค้นดึง 370 N/mm² เพื่อใช้ในการทำเสา ดังรูปที่ 4.3 และพิสูจน์ความแข็งแรงต่อสภาวะความเค้นอัด

เสา เหล็กตัว U 160 DIN 1026-St37-2

พื้นที่หน้าตัดเสา $A = 24 \text{ cm}^2$

สามารถรับแรงเค้นอัดสูงสุด $\sigma_c = 370 \text{ N/mm}^2$

แต่ $1 \text{ N} = 0.102 \text{ kg}$

$$370 \text{ N} = 0.102 \times 370$$

$$= 37.74 \text{ kg/mm}^2$$

$$= 377.4 \text{ kg/cm}^2$$

จากสมการความเค้นอัด

$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$

4.8

เมื่อ

- P น้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่เสาจะรับได้, kg/cm^2
 A พื้นที่หน้าตัดของเสา, cm^2
 σ_c ความเค้นอัดของวัสดุที่ใช้ทำเสา, kg

จากสมการ $P = \sigma_c \times A$
 $= 377.4 \times 24$
 $= 9057.6 \text{ kg}$

\therefore เสาต้นนี้รับน้ำหนักบรรทุกได้เท่ากับ 9057.6 kg

4.2.3 การจับยึด ในการจับยึด ได้ออกแบบให้มีการจับยึดด้วยการเชื่อมต่อ โดยใช้ลวดเชื่อมที่มีขนาดความโตลวดเชื่อม 5.6 มม. เชื่อมต่อระหว่างคานและเสา ดังนั้นในการคำนวณความแข็งแรงของโครงสร้างในการจับยึดมีดังต่อไปนี้

- การคำนวณความแข็งแรงของแนวเชื่อมของโครงสร้างที่กระทำต่อเสา

$$\begin{aligned} \text{มวลของคาน} &= (137.61 \text{ kg}) + (24.168 \text{ kg}) \\ &= 161.778 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{น้ำหนักของแผ่น Plate} = 904.32 \text{ kg}$$

สูตร

$$F = mgh$$

4.9

เมื่อ

- F แรงที่ถูกกระทำ, N
 m มวลของวัตถุ, kg
 g สัมประสิทธิ์ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก
 h ความสูง, m

เพราะฉะนั้นคานที่มีสภาวะถ่วงจากสูตร $F = mgh$
 $= (m_1 + m_2) (g)(h)$

$$= (161.778+904.32)(9.81)(1.5)$$

$$= 15.687 \text{ kN}$$

- การคำนวณความแข็งแรงของโครงสร้าง เมื่อแนวเชื่อมรับแรงดึง ในการคำนวณความแข็งแรงของแนวเชื่อม เราจะกล่าวถึงกรณีที่ได้รับแรงกระทำตรงกลางชิ้นงานไม่มีโมเมนต์มาเกี่ยวข้องเพราะฉะนั้นความแข็งแรงที่เกิดขึ้นในชิ้นงาน จะมีค่าเท่ากับแรงที่กระทำหารด้วยพื้นที่รอยเชื่อมถูกตัดเฉือน

ความแข็งแรงของแนวเชื่อม
$$\sigma = \frac{F}{A} \leq \sigma_{all} \quad 4.10$$

เมื่อ

F แรงที่กระทำ, N

A พื้นที่รอยเชื่อมที่ถูกตัดเฉือน, mm^2

A $L_c \times a$

L_c $L - 2a$ ค่าความยาวที่เผื่อ safety เอาไว้

σ ความเค้นแรงดึงที่เกิดขึ้นในแนวเชื่อม, N/mm^2

σ_{all} ค่าความเค้นแรงดึงที่ยอมให้

$$F = 15.687 \text{ kN}$$

$$L = 160 \text{ mm}$$

$$a = 5.6 \text{ mm}$$

$$\sigma_{all} = 370 \text{ N/mm}^2$$

แทนค่าลงในสูตรสูตร

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{F}{Lc.a} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_c &= L-2a \\
 &= 160 - 2(5.6) \\
 &= 148.8 \text{ mm} \\
 \sigma_{\text{working}} &= \frac{15.687 \times 1000}{148.8 \times 5.6} \\
 &= 18.82 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

ตรวจสอบ $\therefore \sigma_{\text{all}} = 370 \text{ N/mm}^2$, σ_{working} มีค่าน้อยกว่า แสดงว่าใช้ได้

4.3 วัตถุดิบที่ใช้ในการอัด

วัตถุดิบของแผ่นปาร์ติเกิล คือ ไม้ หรือวัสดุเศษเหลือที่ให้เส้นใย กาว และสารเคลือบกันชื้น แผ่นไม้ปาร์ติเกิล ที่มีคุณภาพดีนอกจากจะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบเกี่ยวกับไม้หรือวัสดุเศษเหลือที่ให้เส้นใย ที่จะต้องปรับปรุงให้เหมาะสมในขบวนการผลิตแล้ว ทั้งกาว และสารเคลือบกันชื้นที่มีคุณภาพดีก็เป็นปัจจัยสำคัญอย่างมากที่ไม่ควรละเลยในการทำแผ่นปาร์ติเกิล

วัสดุที่นำมาผลิตกระดานอัด ในปัจจุบันอุตสาหกรรมแผ่นกระดานอัดมีการใช้เกล็ดไม้ (Flakes), ชีบกบ (Shavings) และใยไม้ (Fibers) เป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญที่สุด แต่มีการใช้ขนาดต่างกันมาก

4.3.1 เปลือกสับปะรดและเปลือกมะพร้าว

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นไม้กระดานอัด เป็นวัสดุที่ใช้ทดแทนไม้ธรรมชาติ โดยนำมาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ให้เส้นใยที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ ซึ่งเป็นวัตถุดิบอีกอย่างหนึ่งที่น่าสนใจ และเนื่องจากจังหวัดประจวบคีรีขันธ์เป็นจังหวัดที่ทำเกษตรกรรมการปลูกมะพร้าวและสับปะรดเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีผลผลิตทางการเกษตรที่มีแนวโน้มสูงขึ้นในแต่ละปี ส่งผลให้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีจำนวนมากขึ้นเป็นเงาตามตัว จึงเหมาะแก่การเลือกที่จะนำมาใช้อย่างยิ่ง ดังนั้นจึงได้นำเอาวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นนำมาทำให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้นและสามารถใช้ประโยชน์ได้มากกว่าเดิม

4.3.2 คุณสมบัติของวัสดุ

คุณสมบัติของวัสดุอันได้แก่ เปลือกสับปะรดและเปลือกมะพร้าว ที่ใช้ในการผลิตแผ่นไม้ปาร์ติเกิล ที่มีคุณภาพดีนอกจากจะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ให้เส้นใยที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ จะเห็นว่าแผ่นกระดานอัดที่ทำจากเปลือกมะพร้าวและเปลือกสับปะรด จะมีคุณสมบัติของวัสดุดังต่อไปนี้

- ความหนาแน่น 371 kg / m^3
- ความสามารถรับแรงดัดมากกว่า 13.3 kgf

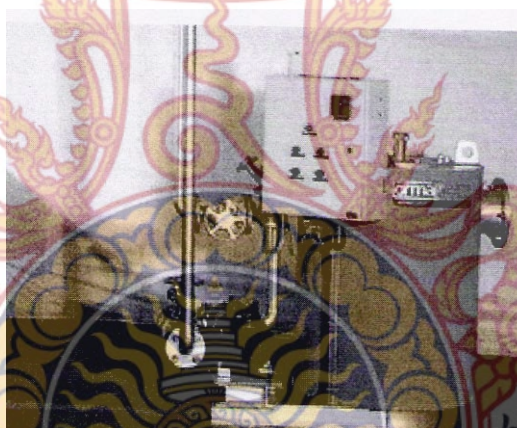
- ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนก็มากกว่าด้วย 0.0853 w/mk

ซึ่งสรุปได้ว่าแผ่นกระดานอัดที่ทำจากเปลือกมะพร้าวและเปลือกสับปะรด จะให้คุณสมบัติความแข็งแรงกว่าแผ่นกระดานอัดที่ทำจากขาน้อยที่จำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด แต่เป็นฉนวนกันความร้อนที่เร็วกว่าแผ่นขาน้อย

4.4 ระบบทำความร้อน (Heating)

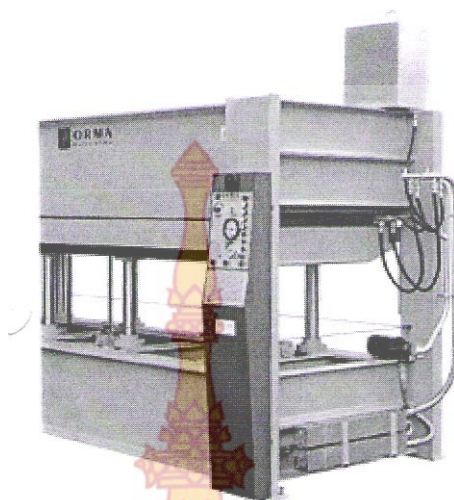
การให้ความร้อนภายในระบบที่ใช้ในการอัดแผ่นกระดานอัดเพื่อให้ความร้อนในการไล่ความชื้น จะได้รับความร้อนจากน้ำมันโดยผ่านเครื่องทำความร้อนที่ใช้ระบบ Thermic Oil เป็นตัวทำความร้อนซึ่งจะอยู่ภายในถังแรงดัน ดังรูปที่ 4.4 และจะต่อเข้ากับระบบควบคุมเพื่อควบคุมระบบการทำงานของเครื่องอัดแผ่นกระดานอัด ดังรูปที่ 4.5

4.4.1 ระบบ Thermic Oil



รูปที่ 4.4 ถังแรงดัน

จากรูปที่ 4.4 ถังแรงดันซึ่งมีระบบ Thermic Oil โดยใช้สำหรับทำน้ำมันให้ร้อนโดยความสามารถได้สูงสุด 250 °C ใช้หัวจุดระเบิด (Burner Exclude) โดยจะต่อเข้ากับระบบควบคุมจะควบคุมระบบการทำความร้อนด้วยไฟฟ้า ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ระบบควบคุม

4.4.2 ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน

Fabricated Platen พิมพ์กดอัดขึ้นได้จำกัดความสามารถสูงสุดได้ถึง $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ ให้แรงดัน $3/4\text{ Kg/cm}^2$ ด้วยแรงดันขณะร้อน



รูปที่ 4.6 แผ่น Plate ให้ความร้อน

ส่วนประกอบ

- A. อะลูมิเนียมสำหรับพื้นผิวที่ดี และแผ่รังสีความร้อนได้ดี
- B. แผ่นเหล็ก (Sheet)
- C. Coil ของท่อที่ใช้ส่งน้ำหรือน้ำมันที่ร้อน

- D. Reinforcement Piping ท่อส่งกำลัง
- E. แผ่นเหล็ก (Metal Sheet) สำหรับประกบกับตัวพิมพ์กดอัด
- F. Insulating Material วัสดุที่เป็นฉนวน

4.4.3 เชื้อเพลิง (Gas)

ถังแรงดันจะใช้แก๊ส (Gas oil) หรือก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง โดยใช้สำหรับทำน้ำมันให้ร้อน

4.4.4 สารนำความร้อน (Oil)

สารนำความร้อนที่ใช้ในการอัดแผ่นกระดานอัด จะใช้น้ำมัน (Oil) เป็นตัวให้ความร้อน ซึ่งน้ำมันที่จะนำมาใช้ต้องเป็นน้ำมันที่ทนความร้อนสูง โดยมีระบบ Thermic Oil สำหรับทำน้ำมันให้ร้อน ซึ่งความร้อนที่ใช้ในการอัดแผ่นกระดานอัดอยู่ที่ 118 °C ถึง 200 °C

การคำนวณการถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อนโดยการนำหรือการนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนเพียงวิธีเดียวที่เกิดขึ้นในวัตถุที่เป็นตัวกลางที่บีบแฉงเมื่อมีความลาดชันของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในวัตถุก่อนนั้น อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำซึ่งใช้ q_k เป็นสัดส่วนกับ dT/dx ซึ่งเป็นค่าความลาดชันของอุณหภูมิคูณกับพื้นที่ A ที่ความร้อนไหลผ่าน ถ้าหากเขียนเป็นสมการแล้วจะได้รูปสมการเป็น

$$q_k \propto A \cdot \frac{dT}{dx}$$

4.11

เมื่อ

- q_k อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ หรือการนำความร้อน, W
- A พื้นที่ความร้อนไหลผ่าน, m^2
- T อุณหภูมิ, K
- x ระยะทางการเคลื่อนที่ของความร้อน, m

สำหรับอัตราการถ่ายเทความร้อนจริงนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าการนำความร้อน (Thermal conductivity) k ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของตัวกลางที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่าน ดังนั้นอัตราการนำความร้อนจึงมีค่าเป็น

$$q_k = -k \frac{dT}{dx} \quad 4.12$$

เมื่อ

- q_k อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ หรือการนำความร้อน, W
 k ค่าการนำความร้อนของผนัง, W/m.K
 T อุณหภูมิ, K
 x ระยะทางการเคลื่อนที่ของความร้อน, m

การนำความร้อนผ่านแผ่น Plate

ผิวด้านหนึ่งของแผ่น Plate ถูกควบคุมด้วยอุณหภูมิของน้ำมันร้อน 118°C โดยแผ่น Plate เป็นเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนปานกลาง $\approx 0.5\%$ $^{\circ}\text{C}$ โดยแผ่น Plate มีความหนา 2 cm และที่ผิวอีกด้านสัมผัสกับอุณหภูมิห้อง 25°C

การคำนวณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเหล็กแผ่นนี้ จากตารางภาคผนวก ก.3 ค่าสภาพการนำความร้อนของแผ่นเหล็กเท่ากับ $52 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ ที่อุณหภูมิ 200°C

จากกฎของฟูเรียร์

$$\frac{q}{A} = -k \frac{dT}{dx}$$

4.13

เมื่อ

- q_k อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ หรือการนำความร้อน, W
 k ค่าการนำความร้อนของผนัง, W/m.K
 T อุณหภูมิ, K
 x ระยะทางการเคลื่อนที่ของความร้อน, m

แทนค่าลงในสูตร

$$\frac{q}{A} = -k \frac{dT}{dx}$$

จากการอินทิเกรตจะได้

$$\frac{q}{A} = -k \frac{dT}{dx}$$

$$= \frac{-(52)(25 - 200)}{2 \times 10^{-2}}$$

$$= 45.5 \text{ kW} / \text{m}^2$$



บทที่ 6

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเกิล มีความเจริญเติบโตไปอย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ของการเกิดอุตสาหกรรมนี้ จากโรงงานเล็ก ๆ ที่ กำลังผลิตต่ำๆใช้แรงงานมาก ซึ่งโรงงานผลิตแผ่นปาร์ติเกิลภายในประเทศมีผู้ผลิตมากมาย เกิดการแข่งขันด้านการตลาดกันอย่างมากระนั้นพื้นที่บางพื้นที่ซึ่งมีวัตถุดิบอันไม่เป็นที่ต้องการของท้องตลาดเช่น จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งเป็นอีกจังหวัดหนึ่งที่ได้มีการทำการเพาะปลูกพืชทางเศรษฐกิจที่สำคัญเพื่อป้อนเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งได้แก่ มะพร้าว สับปะรด โดยเมื่อนำเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ก็จะเหลือกากสับปะรดและเปลือกของมะพร้าวที่ไม่เป็นที่ต้องการของท้องตลาด ดังนั้นจึงได้ทำเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการทำแผ่นกระดานอัดที่มีต้นทุนต่ำซึ่งทำให้วัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นทำให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้นและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่าเดิม

6.1 สรุปผล

จากการวิจัยการสร้างเครื่องอัดแผ่นกระดานอัด อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นไม้ประดิษฐ์ (Wood Based Panels) เมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรมในการใช้ประโยชน์ไม้อื่นแล้ว มีปริมาณการผลิตประมาณ 5-10 % และคิดมูลค่าประมาณ 9% ของผลิตภัณฑ์จากไม้เท่านั้น แต่เป็นอุตสาหกรรมที่เศษเสี้ยว (Wood Wastes) น้อยที่สุด จึงเป็นอุตสาหกรรมที่สามารถประหยัดทรัพยากรไม้ได้มาก อุตสาหกรรมประเภทนี้จึงต้องใช้ทุนในการผลิตสูง เพราะเหตุนี้จึงได้มีการคิดค้นเครื่องจักรที่สามารถให้ผลผลิตที่เท่าเทียมกันและลดต้นทุนในการผลิตให้ต่ำลง

ในการผลิตสินค้านั้นจะต้องมีค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เกิดขึ้นซึ่งเรียกว่าเป็นต้นทุน (Costs) ในการผลิต ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์จำเป็นต้องนำตัวเลขของต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในการผลิตไปวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อความเหมาะสมที่สุด และเพื่อผลตอบแทนหรือผลประโยชน์สูงสุด

ดังนั้นจากการวิเคราะห์ของต้นทุนที่ใช้ในการสร้างเครื่องอัดแผ่นไม้กระดานอัด ในบทที่ 5 ซึ่งเปรียบเทียบในระยะเวลาคืนทุน โดยสามารถที่จะคืนทุนได้โดยที่ระยะเวลาคืนทุนน้อยมาก คือ 0.813 ปี ทั้งยังให้ผลกำไรที่อยู่ในเกณฑ์ที่สูง โดยวัดจากระดับ IRR 26.17 % ซึ่งมีค่าสูงกว่า MARR 5.75 % กล่าวคือในอัตราดอกเบี้ยทบต้น 5.75 % จึงสามารถกล่าวได้ว่าเหมาะแก่การลงทุน

6.2 ข้อเสนอแนะในการทำโครงการ

1. ในการสร้างเครื่องอัดแผ่นกระดานอัด ควรมีแหล่งวัตถุดิบ สามารถที่จะป้อนวัตถุดิบในปริมาณหรืออัตราที่ต้องการได้
2. การอัดของแผ่นกระดานอัดต้องใช้ความร้อนในการอัดเพื่อไล่ความชื้น ดังนั้นแผ่นเตรียมอัด ควรได้รับความร้อนระดับหนึ่งเสียก่อน จะช่วยให้สามารถที่จะลดระยะเวลาในการอัดและลดพลังงานที่ใช้ในการอัด เช่น นำแผ่นเตรียมอัดผึ่งแดดซักกระยะหนึ่งก่อน
3. ในการจัดซื้อชิ้นส่วนของอุปกรณ์ในการผลิต หรืออุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบของเครื่อง ควรศึกษา หรือสอบถามจากผู้ที่มีความชำนาญ เพื่อการติดตั้งที่เหมาะสม และลดค่าใช้จ่าย
4. ในการต่อท่อภายในระบบควรให้มีส่วนที่โค้งงอเล็กน้อยที่สุดเพื่อความสามารถในการไหลเวียนได้สะดวก
5. ในการเลือกฉนวนกันความร้อนสำหรับใช้ในการห่อหุ้มพื้นผิวของเครื่องทำความร้อน ควรทำการศึกษาอย่างละเอียด เพื่อความถูกต้องในการใช้งาน ฉนวนที่ใช้จะต้องมีพิภักการใช้งานที่เป็นประเภททนต่อความร้อนสูง

6.3 แนวทางการพัฒนา

สำหรับงานวิจัยในเอกสารฉบับนี้ เน้นหนักในเรื่องการสร้างเครื่องอัดแผ่นกระดาษอัด คือการนำของเปลือกมะพร้าวและเปลือกสับปะรด มาใช้ให้เป็นประโยชน์ ซึ่งผลที่ได้ผลิตเป็นแผ่นกระดาษอัดที่มีความหนาแน่นต่ำ หรือแผ่นฝักันความร้อน ดังได้สรุปแล้วในหัวข้อที่กล่าวมา สำหรับการพัฒนาด้านผลิตภัณฑ์สิ่งทีขอแนะนำได้แก่ การออกแบบผลิตภัณฑ์ ให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน เช่น การเพิ่มลายบนผิววัสดุ เพื่อความสวยงาม และเพื่อเพิ่มคุณสมบัติที่ต้องการจากการนำไปใช้งาน แนวทางนี้ได้แก่ การออกแบบผิวของแผ่นวัสดุให้เป็นลอนคลื่น ซึ่งนอกจากจะเพิ่มความสวยงามแล้วยังช่วยลดการสะท้อนของเสียงได้ด้วย หรือนำแผ่นกระดาษเหนียวมาปิดทับที่ผิวหน้าก็จะช่วยลดการดูดซึมของน้ำได้ด้วย แต่ต้องทำการวิจัยหรือพัฒนาเครื่องจักรหรือเครื่องอัดแผ่นกระดาษอัดในระดับต่อไป นอกจากนี้ในกรณีที่ต้องการเพิ่มอัตราการผลิตให้มีอัตราการผลิตที่มีผลผลิตเพิ่มขึ้น ต้องทำการศึกษาค้นคว้าวิจัยเพิ่มเติม โดยสามารถนำเอาเอกสารงานวิจัยฉบับนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอัดแผ่นกระดาษอัดในแนวทางการพัฒนาเครื่องจักรในขั้นต่อไป



เอกสารอ้างอิง

1. ขวัญชัย สีนทิพย์สมบุญ, **ไฮดรอลิกอุตสาหกรรม**, กรุงเทพฯ, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2541.
2. บรรณ เลง ศรีนิล ประเสริฐ ก๊วยสมบุญ, **ตารางงานโลหะ**, สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า พระนครเหนือ, 2524.
3. ไพบุลย์ แยมเผื่อน, **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม** กรุงเทพฯ, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2545.
4. รศ.สุนันท์ ศรีถนอยนิตย์, **การถ่ายเทความร้อน**, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พิมพ์ครั้งที่ 5, 2538.
5. วรธรรม อุ๋นจิตติชัย, **อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลและกรรมวิธีการผลิต**, กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้ กรมป่าไม้, 2541.
6. ศุภชัยตระ กุลทรัพย์ทวี, **กลศาสตร์ของแข็ง**, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) พิมพ์ครั้งที่ 2
7. Suttisonk, B.,1999, "Initial Investigation of Utilizing Agriculture Waste (Fruit) as aComponent Techonology Program, King mongkut's University of Technology Thonburi, 67 p.
8. WWW.GOOGLE.COM

