สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องบดพลาสติก

Plastic Digesting Machine

T049946

นายธวัชชัย แซ่อั้ง

Mr. Tawatchai Sae-ung

นายสรันท์ มะเส็ง

Mr. Sarun Maseng

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

ให้ห่อหุ้มเอกสารนี้ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องบดพลาสติก
	Plastic Digesting Machine
นักศึกษา	นาย ธวัชชัย แซ่อึ้ง
รหัสประจำตัว	43015681
นักศึกษา	นาย สรันท์ มะเส็ง
รหัสประจำตัว	43015704
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2545

อาจารย์ผู้ควบคุม ปริญญานิพนธ์

(อ. พลชัย โชติปรายนกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องบดพลาสติก
นักศึกษา	นายธวัชชัย แซ่อั้ง
	นายสรันท์ มะเส็ง
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2545
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	อ.พลชัย โชติปรายนกุล

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องบดพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) สร้างขึ้นเพื่อย่อยเศษพลาสติก ให้ง่ายต่อการขนถ่ายและเป็นประโยชน์ในการนำกลับมาใช้ใหม่ ช่วยในการลดปริมาณขยะเนื่องจากพลาสติกโดยทั่วไปใช้เวลานานในการย่อยสลาย

เครื่องที่ออกแบบประกอบด้วยใบมีด 2 ชุด ชุดบนทำหน้าที่ย่อยพลาสติกให้มีขนาดเล็กลงก่อนจากนั้นใบมีดชุดเล็ก ซึ่งขับเคลื่อนโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสจะทำการบดย่อยพลาสติกอีกครั้งจนทำให้ได้เศษย่อยพลาสติกมีขนาดประมาณ 7x3 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Plastic Digesting Machine
Student	Mr. Tawatchai Sae-ung
	Mr. Sarun Maseng
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering
	King Mongkut `s Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2002
Advisor	Mr . Pholchai Chotiprayanakul

ABSTRACT

This project is the design and development of the Plastic Digesting Machine which is used to cut the thermoplastic into a smaller piece in order to deliver easily and to support the recycle process.

This machine operated by a three phase AC motor consists of 2 sets of blade.The upper blade is used to reduce the size of plastic roughtly while the other set is used to reduce the sizeof plastic to a samller size, about 7x3 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์หัวข้อ เครื่องบดพลาสติก สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีผู้จัดทำทุกคนขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์พลชัย โชติปรายนกุล อาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูง สำหรับความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และความเอาใจใส่ในทุก ๆ ด้านตลอดเวลาที่ผ่านมา

ผศ. พรศักดิ์ อรรถวานิช หัวหน้าภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ สำหรับการให้โอกาสในการศึกษา ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คำแนะนำ ความเอาใจใส่ และทุกสิ่งทุกอย่างตลอดการศึกษาระดับปริญญาตรี ในหลักสูตร วิศวกรรมอุตสาหการ

ผศ.ดร. สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ สำหรับคำแนะนำ ความเอาใจใส่ กำลังใจในการทำงาน ความช่วยเหลือ และทุกสิ่งทุกอย่างตลอดการศึกษาระดับปริญญาตรี ในหลักสูตร วิศวกรรมอุตสาหการ

เพื่อนทุกคนที่ช่วยทำงานกันมาจนทำให้การทำโครงงานในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และคอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

นายสรันท์ มะเส็ง

นายธวัชชัย แซ่อึ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
บทที่ 2 **ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง**	
2.1 พลาสติก	2
2.2 การแบ่งกลุ่มของพลาสติก	3
2.3 ชนิดของเทอร์โมพลาสติก	4
2.4 คุณสมบัติโดยทั่วไปของพลาสติก	6
2.5 ปริมาณและการกำจัดขยะ	11
2.6 ทฤษฎีการย่อยพลาสติก	12
2.7 กรรมวิธีที่ใช้ในการกำจัดพลาสติก	14
2.8 มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส	16
2.9 การออกแบบเพลา	18
2.10 ชนิดของลิ่ม	23
2.11 ความเค้นที่รอยต่อด้วยลิ่ม	26
2.12 สายพาน	28
บทที่ 3 **การออกแบบ / การดำเนินงาน**	
3.1 คำนวณหาแรงในการตัด	37
3.2 สำหรับมุมบิดของเพลา	40
3.3 คิดหาค่ากำลัง	40
3.4 คำนวณหาแรงการตัดของคมตัดเล็ก	40
3.5 คำนวณหาค่ากำลัง	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

3.6 การคำนวณหาลิ่ม 41

3.7 คำนวณลิ่มชุดคมตัดเล็ก 42

3.8 การคำนวณสายพานลิ่ม 43

3.9 อุปกรณ์ทางด้านโครงสร้าง 44

3.10 อุปกรณ์ทางด้านชุดควบคุม 46

3.11 แผนการทดสอบ 47

บทที่ 4 การทดลอง

4.1 ผลการดำเนินงานด้านโครงสร้าง 48

4.2 ผลการดำเนินงานด้านชุดควบคุม 52

บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผล 53

5.2 สรุปผลของการทดสอบเครื่องบดพลาสติก 53

5.3 การอภิปรายผลการทดลอง 53

บรรณานุกรม 54

ภาคผนวก ผ.1- ผ.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ชนิดและการนำไปใช้งานของพลาสติก 7

ตารางที่ 2.2 ขนาดระบุของเพลามาตรฐาน 19

ตารางที่ 2.3 ค่าความปลอดภัย 19

ตารางที่ 2.4 ตัวประกอบความล้า 21

ตารางที่ 2.5 ขนาดสายพานลิ่มและล้อสายพานลิ่ม 31

ตารางที่ 2.6 ตัวประกอบใช้งาน 32

ตารางที่ 2.7 ค่าตัวประกอบk2 32

ตารางที่ 2.8 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส 33

ตารางที่ 2.9 ตัวประกอบใช้งาน 34

ตารางที่ 2.10 สมรรถนะในการส่งกำลัง 35

ตารางที่ 2.11 ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน 36

ตารางที่ 2.12 ความยาวพิตช์ 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 เครื่องย่อยพลาสติกแบบต่างๆ 12
รูปที่ 2.2 เครื่องย่อยแบบโม่ตัด 13
รูปที่ 2.3 แสดงการทำงานของเตาเผา 15
รูปที่ 2.4 มอเตอร์สามเฟส 16
รูปที่ 2.5 การต่อแบบสตาร์ 17
รูปที่ 2.6 การต่อคอล์ยกลุ่มและเฟสแบบสตาร์ 17
รูปที่ 2.7 การต่อแบบเดลตา 18
รูปที่ 2.8 การต่อคอล์ยกลุ่มแบบเดลตา 18
รูปที่ 2.9 เพลาอยู่ภายใต้ลิ่มต่างๆ 21
รูปที่ 2.10 ลิ่มสี่เหลี่ยมผืนผ้าและลิ่มสี่เหลี่ยมจตุรัส 23
รูปที่ 2.11 ลิ่มสี่เหลี่ยมผืนผ้าและลิ่มสี่เหลี่ยมจตุรัสแบบเรียว 24
รูปที่ 2.12 ลิ่มแบน 24
รูปที่ 2.13 แซดเดิ้ลคีย์ 25
รูปที่ 2.14 ลิ่มวงเดือน 25
รูปที่ 2.15 แทนเจนเชียลคีย์ 26
รูปที่ 2.16 แสดงความเค้นบนลิ่ม 26
รูปที่ 2.17 แรงบนรอยต่อด้วยลิ่ม 27
รูปที่ 2.18 หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพานลิ่ม 30
รูปที่ 2.19 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ่ม 33
รูปที่ 3.1 แสดงภาพโดยรวมของตัวเครื่อง 45
รูปที่ 3.2 ภาพแสดงการแยกชิ้นงานก่อนการประกอบ 45
รูปที่ 3.3 วงจรควบคุม 46
รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของเครื่อง 48
รูปที่ 4.2 แสดงใบมีดชุดใหญ่และตัวรองรับคมตัด 49
รูปที่ 4.3 แสดงชุดใบมีดของคมตัดชุดล่างและตัวรองรับคมตัด 49
รูปที่ 4.4 แสดงชุดใบมีดเล็ก 49
รูปที่ 4.5 แสดงการเปิดฝาของเครื่องเพื่อทำความสะอาดได้ 50
รูปที่ 4.6 แสดงทางลงของพลาสติกจากใบมีดชุดบน 50
รูปที่ 4.7 แสดงชุดการส่งถ่ายกำลัง 51
รูปที่ 4.8 เครื่องบดพลาสติก 51
รูปที่ 4.9 ลักษณะพลาสติกที่ถูกบด 51
รูปที่ 4.10 แสดงชุดควบคุมการต่อวงจร 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

เนื่องจากพลาสติกเป็นวัตถุที่นิยมใช้กันแพร่หลายในครัวเรือนและเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในโรงงานอุตสาหกรรม จึงเป็นสาเหตุให้มีขยะที่เป็นพลาสติกจำนวนมาก เพราะใช้เวลาในการย่อยสลายนานเนื่องจากเป็นสารเคมีที่ทนต่อการกัดกร่อน ทางกลุ่มจึงคิดว่าควรนำกลับมารีไซเคิลปัจจุบันพลาสติกแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ เทอร์โมพลาสติกที่มีคุสมบัติเหนียว ยืดตัวได้ดี เมื่อจุดไฟจะเผาไหม้โดยมีควันไฟน้อยและฟลอมเหลวสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกมีชื่อเรียกว่าพลาสโทเมอร์ และเทอร์โมเซตติ้งที่มีคุณสมบัติยืดตัวน้อย แข็ง เมื่อจุดไฟจะมีควันไฟมากและเผาไหม้หมดไปกับเปลวไฟมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า ดูโรเมอร์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อสามารถจัดเป็นเศษพลาสติกที่ได้ง่ายขึ้น
2. เพื่อออกแบบจัดสร้างเครื่องย่อยขวดพลาสติก
3. เพื่อลดปริมาณขยะที่สามารถนำกลับใช้ใหม่ได้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

คุณลักษณะของเครื่องย่อยขวดพลาสติก

ประสิทธิภาพ	ใช้บดขวดพลาสติกโดยเฉพาะขวดน้ำ (PETE) 1.25 ลิตร ความจุไม่เกิน หรือ 88 มิลลิเมตร
ขั้นตอนการทำงาน	ตัดหยาบ โดยมีขนาดชิ้นงานที่ได้มีขนาดใหญ่สุด 7 x 15 mm ตัดละเอียด โดยมีขนาดชิ้นงานที่ได้มีขนาดใหญ่สุด 2 x 3 mm
ระบบส่งกำลัง	ใช้สายพาน V Belt (A)ในการส่งถ่ายกำลัง โดยใช้มอเตอร์กระแสสลับขนาด 1 แรงม้า
วัสดุที่ใช้	โครงสร้างทำจากเหล็กฉากขนาด 1.5 นิ้ว ชุดคมตัดทำจากเหล็ก SKS 9 และ CARBIDE
ขนาดเครื่อง	กว้าง 43 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตร สูง 110 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลาสติก

พลาสติกคือสารสังเคราะห์ (Synthetic Materials) ที่มนุษย์คิดค้นขึ้นมา มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่มาก (Macromolecule) ประกอบด้วยด้วยธาตุสำคัญคือ คาร์บอนไฮโดรเจน ออกซิเจนไนโตรเจนคลอรีน ฟลูออไรด์ ฯลฯ

สมาคมวิศวกรพลาสติก (SPE) และสมาคมอุตสาหรกรมพลาสติก (SPI) แห่งสหรัฐอเมริกาได้ให้คำจำกัดความของพลาสติกไว้ดังนี้

"พลาสติกคือวัสดุที่ประกอบด้วยสารหลายอย่าง มีน้ำหนักโมเลกุลสูง คงรูปเมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิต ลักษณะอ่อนตัวขณะทำการผลิต ซึ่งโดยมากใช้กรรมวิะการผลิตด้วยความร้อนหรือแรงอัดหรือทั้งสองอย่าง"

พลาสติกเป็นสารประกอบพวกไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) ชนิดหนึ่ง ทั้งนี้ เพราะพลาสติกส่วนมากมีแหล่งกำเนิดจากน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ มีพลาสติกหลายชนิดที่มีเฉพาะธาตุไฮโดรเจนและคาร์บอนล้วน ๆ ผสมอยู่ แต่พลาสติกส่วนมากยังประกอบด้วยธาตุชนิดอื่น ๆ อีก เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน คลอรีน ฟลูออรีน ฟอสฟอรัส กำมะถัน ฯลฯ

พลาสติกเป็นวัสดุที่ประกอบด้วยกลุ่มมาโครโมเลกุล (marcromolecule) มีโครงสร้างเป็นระเบียบมีคุณสมบัติทั่วไปคือ ความเหนียวทนต่อการฉีกขาด ยืดหยุ่นได้ดี และทนต่อการสึกหรอได้ดี

พลาสติกเป็นสารประกอบโมเลกุลสูงที่มีชื่อทางเคมีว่า โพลีเมอร์ (Polymer) ซึ่งได้มาจากธรรมชาติ หรือ อาจสังเคราะห์ขึ้นมา วัสดุโพลีเมอร์ตามธรรมชาติสามารถพบได้ทั่วไปเช่น ยางธรรมชาติ เซลลูโลส โปรตีน และวัสดุโพลีเมอร์สังเคราะห์จะมีความสำคัญในชีวิตประจำวันมากกว่า

การสังเคราะห์สารมาโครโมเลกุล (Synthetic)
มาโครโมเลกุลประกอบไปด้วยไมโครโมเลกุลจำนวนมากมายซึ่งมาโครโมเลกุลนั้นสามารถสังเคราะห์ได้จากสารประกอบจาก 2 ธาตุ หรือหลาย ๆ ธาตุที่เรียกว่า โมโนเมอร์ (Monomer) มาทำปฏิกิริยาเชิงซ้อน (Polyreaction) ซึ่งประกอบด้วย 3ขบวนการ

ขบวนการ Polymerisation

ขบวนการ Polyaddition

ขบวนการ Polycondensation

ขนาดของมาโครโมเลกุลที่เกิดขึ้นจะมีขนาดแตกต่างกัน

ขบวนการ Polymerisation

เกิดจากสารประกอบแบบไม่อิ่มถูกสลายตัวเป็นโมโนเมอร์โดยใช้แสง ความร้อน ความดัน และสารประกอบแบบไม่อิ่มตัวที่อยู่ใกล้ก็ถูกกระตุ้นให้สลายตัวต่อไปด้วยปฏิกิริยานี้ จะเกิดต่อเนื่องเป็นลูกโซ่จนกว่าจะถูกทำให้ขาดลง พลาสติกที่ได้จากขบวนการนี้ได้แก่ โพลีเอทธิลีน (PE) โพลีสไตรีน (PS) และโพลีไวนีลคลอไรด์ (PVC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ขบวนการ Polyaddition

เป็นการรวมโมโนเมอร์สองชนิดที่ต่างกันโดยแต่ละชนิดเป็นสารประกอบ 2 ธาตุ หรือหลายธาตุการรวมกันของโมโนเมอร์จะทำให้อะตอมต่าง ๆ สลับที่กัน ขบวนการนี้จะใช้ผลิตพลาสติก โพลียูรีเทน (Polyurethame) และอีฟอกซีเรซิ่น (Eposey Resin)

2.1.2 ขบวนการ Polycondensation

เป็นการรวมโมโนเมอร์สองชนิดที่ต่างกันโดยขณะรวมตัวกันจะเกิดโมเลกุลต่ำที่แยกตัวออกมาซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำ เมื่อเกิดปฏิกิริยาหลาย ๆ ครั้งโซ่โมเลกุลจะจับตัวกันเป็นตาข่ายกลายเป็น เทอร์โมเซตติ้ง (Thermosetting)

ถ้าเกิดปฏิกิริยาเพียงสองครั้ง โซ่โมเลกุลจะจับตัวเป็นเส้นกลายเป็นเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic)

2.1.3 ขบวนการ Copolymerisation และ Polyblend

เป็นการรวมโพลีเมอร์ที่ต่างชนิดกันจะทำให้ได้โพลีเมอร์ชนิดใหม่ซึ่งเรียกวา โคโพลีเมอร์ (Copolymer) และการนำโพลีเมอร์ต่างชนิดกันมาผสมกันทางกลเรียกวา Polblend

พลาสติกที่ได้จากขบวนการนี้จะมีคุณสมบัติที่แน่นอนเพราะโซ่โมเลกุลของโมโนเมอร์จะต่อกันเป็นช่วง ๆ ซึ่งมีปฏิกิริยาอยู่ 3 แบบ

- A – A – A – B – B – A – A – B – B – B – B – A – A – A – B

เรียกว่า Blockcopolymerisation เช่น SAN (Styrene- Acryinitrile)

- A – A – A – A - A – A – A – A – A

```
B       B
|       |
B       B
|
B
```

เรียกว่า Pfropfpolymerisation เช่น ABS (Acrylnitrile – Butadien-Styrene)

- A – A – A - A – A – A – A – A – A
- B – B – B – B – B – B - B - B - B

เรียกว่า Polyblend เช่น PVC (Polyvinglchoride) ชนิดทนแรงกระแทกสูง

2.2 การแบ่งกลุ่มพลาสติก (Type of Plastic)

พลาสติกแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ตามโครงสร้างและคุณสมบัติได้ 3 กลุ่ม ใหญ่คือ

เทอร์โมพลาสติก (THERMOPLASTIC)

เทอร์โมเซตติ้ง (THERMOSETTING)

อีลาสโตเมอร์ (ELASTOMER)

2.2.1 เทอร์โมพลาสติก (THERMOPLASTIC)

ประกอบด้วยโซ่โมเลกุลแบบเส้น และเกาะกันอยู่ด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล เทอร์โมพลาสติกเป็นพลาสติกที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลังจากถูกขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว เปรียบเสมือนน้ำแข็ง หรือขี้ผึ้งเมื่อถูกความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อนจะละลายเป็นของเหลว และเมื่อเย็นตัวลงจะกลับสู่สภาพแข็งตัวอีกผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเทอร์โมพลาสติกได้แก่ ขวดน้ำ ถังน้ำ ขัน กะละมังพลาสติก เป็นต้น

เทอร์โมพลาสติกยังแบ่งตามโครงสร้างได้อีก 2 ประการ คือ

1. แบบมีผลึก (PARTIAL CRYSTALLINE THERMOPLASTICS หรือ CRYSTALLINE) พลาสติกประเภทนี้ประกอบด้วยโมเลกุลที่เรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ โมเลกุลจะอยู่ใกล้ชิดกันความแข็งแรงสูง ทนความร้อนได้ดี แต่มีลักษณะขุ่นเนื่องจากทำหน้าที่เป็นตัวกระจายแสง ตัวอย่างเช่น PE,PP,POM,PTFE,PETP เป็นต้น

2. แบบไม่มีผลึก (AMORPHOUS THERLMOPLASTIC) พลาสติกประเภทนี้ประกอบด้วยโมเลกุลที่เรียงตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบ โมเลกุลจะอยู่ห่างกัน ความแข็งแรงน้อยกว่าทนความร้อนได้ต่ำกว่า แต่มีลักษณะใสกว่าเมื่อเทียบกับพลาสติกมีผลึก ตัวอย่าง เช่น PS, SB, ABS, SA, PMMA, PVC, PC เป็นต้น

2.2.2 เทอร์โมเซตติ้ง (THERMOSETTING)

ประกอบด้วยโซ่โมเลกุลแบบเส้นที่เกาะกันเป็นตาข่าย เทอร์โมเซตติ้งเป็นพลาสติกที่มีรูปทรงถาวรเมื่อผ่านวิธีการผลิตโดยใช้ความร้อน แรงอัด หรือการหล่อขึ้นรูป แล้วจะไม่สามารถนำมาหลอมละลายเพื่อกลับมาใช้ใหม่ได้อีกตัวอย่างเช่น PHENOLIC, MELAMINE, POLYESTER EPOSEY, RESIN ผลิตภัณฑ์ ที่ทำจากเทอร์โมเซตติ้ง ได้แก่ ถ้วยชามเมลามีน มือจับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ

2.2.3 อีลาสโตเมอร์ (ELASTOMER)

เป็นพลาสติกที่มีคุณสมบัติ ความแข็ง และการยืดตัวขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ถ้าอยู่ที่อุณหภูมิห้องจะมีคุณสมบัติเป็นเทอร์โมเซตติ้ง แต่ถ้าอยู่ต่ำกว่าศูนย์องศาจะมีคุณสมบัติเป็นเทอร์โมพลาสติกแบบไม่มีผลึก เมื่ออีลาสโตเมอร์ถูกผ่านกรรมวิธีการผลิตแล้วจะไม่สามารถนำกลับมาหลอมใช้ใหม่ได้ ตัวอย่างเช่น ยางสังเคราะห์ที่ใช้ทำยางรถยนต์

2.3 ชนิดของเทอร์โมพลาสติก(Type of Thermo Plastic)

พลาสติกเป็นสารที่มีคุณสมบัติดี ทนต่อการกัดกร่อน มีความแข็งแรงสูงทนความร้อน ได้ดีสามารถนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวางจึงควรเลือกใช้ พลาสติกให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน

2.3.1 โพลิสไตรีน (Polystyrene-PS)

บริษัท แปซิฟิคพลาสติก (ประเทศไทย) จำกัด (Pacific Plastic (Thailand) Limited – PPTL) ได้ตั้งโรงงานผลิตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2521 (ค.ศ. 1978) ด้วยกำลังการผลิต 16,000 ตัน/ปี ผลิตพลาสติกโพลิสไตรีนเกรดต่าง ๆ เช่น GPS (General Purpose Polystyrene) และ HIPS (High Impact Polyrene) ปริมาณที่ผลิตครึ่งหนึ่งส่งออกไปต่างประเทศโดยเฉพาะฮ่องกงเป็นตลาดหลัก

ปริมาณการผลิตได้เพิ่มขึ้นเป็น 55,500 ตัน/ปี เมื่อ 5 ปีที่ผ่านมาปริมาณการบริโภคพลาสติกโพลิสไตรีน ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน (Household Appliances) ภาชนะบรรจุ (Package) และของเล่นเด็ก (Toy)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พ.ศ. 2528 (ค.ศ. 1985) บริษัทศรีเทพไทยพลาสเคม จำกัด (Srithepthai Plaschem Ltd. STP) ได้สร้างโรงงานผลิตโพลิสไตรีนเกรด GPS ด้วยกำลังการผลิต 4,000 ตัน/ปี และในปี พ.ศ. 2529 (ค.ศ. 1986) บริษัท อีเทอนัล เรซิน จำกัด (Eternal Resin Co.,Ltd-ETR) ได้สร้างโรงงานผลิตโพลิสไตรีนเกรด GPS และ HIPS อีก 12,000 ตัน/ปี

พ.ศ. 2532 (ค.ศ. 1989) บริษัททั้งสองได้สร้างโรงงานเพิ่มขึ้นอีกมีประมาณการผลิต 10,000 และ 20,000 ตัน/ปี ตามลำดับเพื่อการส่งออกโดยเฉพาะ สไตรีนโมโนเมอร์ (Styrene Monomer) ที่ใช้ผลิตพลาสติกโพลิสไตรีนทั้งหมดสั่งเข้ามาจากญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา แคนาดา และซาอุดิอาระเบีย

โรงงานผลิตพลสติกโพลิสไตรีนอีก 2 โรงงานของบริษัทอุตสาหกรรมปิโตรเคมีกัลไทย จำกัด (Thai Petrochemical Industry Co.,Ltd.-TPI) และบริษัท HUNTSMAN กำลังการผลิต 29,000 และ 25,000 ตัน/ปี ขณะนี้ได้รับใบอนุญาตแล้ว จะเริ่มทำการผลิตในเร็วนี้

โพลิสไตรีนชนิดทำโฟม (Expandable Polystyrene EPS) เป็นโพลิสไตรีนอีกชนิดหนึ่งที่กำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเช่นกันมีโรงงานผลิตคือบริษัทไทยโพลิสไตรีน จำกัด (Thai Polystyrene Co.,Ltd.-TPS) ปริมาณ 3,000 ตัน/ปี ซึ่งขณะนี้ปริมาณที่ผลิตได้เกินปริมาณความต้องการในประเทศเล็กน้อย

โพลิสไตรีนชนิดทำโฟม (EPS) นิยมนำไปทำลังใส่น้ำแข็ง แผ่นกันแตกในกล่องบรรจุและโฟมแผ่น

2.3.2 โพลิเอทิลีน (Polyenthylene – PE)

โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นน้อย (LD.PE) นิยมนำไปใช้ทำถุง ดอกไม้ ฝาจุกขวดผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ในบ้าน ฯลฯ โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HD.PE) นิยมใช้ทำขวดลังบรรจุขวด ท่อ ถุงปุ๋ย ถุงร้อน ถุงใส่สินค้า (Shopping Bags)

บริษัทอุตสาหกรรมปิโตเคมีกัลไทย จำกัด (TPI) เป็นโรงงานแห่งเดียวที่ผลิต LDPE และ HDPE ด้วยกำลังการผลิต 65,000 และ 60,000 ตัน / ปี

เดิมวัตถุดิบ ETHYLENE สั่งเข้ามาจากต่างประเทศ แต่ในปี พ.ศ. 2532 เริ่มใช้จากโครงการ NPC-1 ได้แล้ว และในปีเดียวกันนี้บริษัทไทยโพลิเอทิลีน จำกัด (TPE) ได้สร้างโรงงานผลิต HDPE และ LLFDPE (Linear Low Density Polyethylene) ด้วยกำลังการผลิตรวม 137,000 ตัน/ปี ซึ่งทำให้ปริมาณพลาสติกโพลิเอทิลีนมีเพียงพอกับความต้องการของตลาด

2.3.3 โพลิโพรพิลีน (Polypropylene_PP)

ในปี พ.ศ. 2532 บริษัทเอ็ชเอ็มซีโปลีเมอร์ส จำกัด (HMC-Polymeers Co., Ltd. –HMC)
ได้สร้างโรงงานผลิตพลาสติกโพลิโพรพิลีนเป็นโรงงานแรก ด้วยกำลังการผลิต 100,000 ตัน/ปี ขณะเดียวกันบริษัท TPE และ TPI กำลังเร่งสร้างโรงงานผลิตโพลิโพรพิลีนด้วยกำลังการผลิต 80,000 ตัน/ปี อย่างเร่งรีบ

ลักษณะการใช้งานของโพลิโพรพิลีน มีดังนี้

ฟิล์มและถุง	40-45 %
เส้นใย	30-35 %
ผลิตภัณฑ์โดยกรรมวิธีการผลิตแบบ Injection Molding	20-25%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 โพลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride-PVC)

โพลิไวนิลคลอไรด์ หรือ พีวีซี เป็นพลาสติกที่นำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางมาก เช่น สายไฟฟ้า สายเคเบิล ท่อ ขวด รองเท้า ผ้ายาง กระเบื้องยาง ฯลฯ บริษัท ไทยพลาสติกและเคมีภัณฑ์ จำกัด (TPC) ได้สร้างโรงงานผลิตพีวีซี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2514 (ค.ศ. 1971) ด้วยกำลังการผลิต 8,000 และ 12,000 ตัน/ปี ของพลาสติกพีวีซีเรซิน (PVC Resin) และพีวีซีคอมเปานด์ (PVC Compound) ปัจจุบันการขยายตัวการใช้พีวีซีเป็นไปอย่างรวดเร็ว โรงงานจึงได้เพิ่มกำลังการผลิตพีวีซีทั้ง 2 ชนิดเป็น 100,000 และ 35,000 ตัน/ปี ตามลำดับ ซึ่งปริมาณดังกล่าวเพียงพอสำหรับตลาดในประเทศและมีเหลือพอที่จะส่งออกได้

ในปี พ.ศ. 2532 VCM (Vinyl Chloride Monomer) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของพีวีซีจำนวน 140,000 ตัน ได้รับจากโครงการ NPC-1 ซึ่งทำให้ไม่ต้องนำเข้า VCM มาจากต่างประเทศได้เกือบทั้งหมด

2.4 คุณสมบัติโดยทั่วไปของพลาสติก (Property of Plastic)

1. มีความหนาแน่นต่ำ พลาสติกโดยทั่วไปจะมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.9-1.4 g/cm^3
2. ทนต่อสารเคมี สามารถทนกรด ด่าง สารละลายต่าง ๆ และทนต่อการหมองโดยทั่วไปจะสลายตัวที่อุณหภูมิ 100 ถึง 250 องศา
3. เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดี
4. คุณสมบัติทางกายภาพ เช่นมีความแข็งแรง เหนียว ยืดหยุ่น
5. มีความทนทานต่อสภาพอุณหภูมิที่จำกัด ณ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะทำให้แรงยึดเหนียวโมเลกุลลดลงเพราะความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเสียดสีกันของโมเลกุลทำให้วัสดุอ่อนตัว และอาจหลอมละลายได้
6. การพองตัว และการละลาย ถ้าเติมสารละลายลงไปทำให้แรงยึดเหนียวโมเลกุลลดลง วัสดุจะพองตัวและละลายในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ชนิดและการนำไปใช้งานของพลาสติก

ชนิดพลาสติก	สัญลักษณ์	ความหนาแน่น (g/cm^2)	อุณหภูมิกระบอกฉีด (^oC)	อุณหภูมิแม่พิมพ์ฉีด (^oC)	แรงดันฉีด (kg/cm^2)	ค่าหดตัว (%)	อุณหภูมิอัด (^oC)	แรงดันอัด (kg/cm^2)	คุณสมบัติ และการนำไปใช้งาน
Acrylonitrilebutadiene styrene	ABS	1.03-1.06	200-260	50-80	560-1760	0.4-0.9	160-180	0.7-5.6	แข็ง ทนแรงกระแทกได้ดี ทนความร้อนได้ มีความเงาแสงผ่านได้ยาก สามารถเคลือบผิวด้วยกระแสไฟฟ้าได้ทนต่อน้ำมัน ใช้ทำโทรศัพท์ โทรทัศน์ วิทยุ
Styrene-acrylonitrile	AS(SAN)	1.07-1.1	200-260	50-80	710-2320	0.2-0.7	150-200	70-3-70.3	ใช้ทำเครื่องใช้ภายในบ้านที่มีคุณภาพสูง โทรศัพท์ชิ้นส่วน และตัวเรือนกล้องถ่ายรูป กล่องแบตเตอรี่รถยนต์
Cellulose acetate	CA	1.27-1.3	180-230	50-80	-	0.5			แข็ง ทนต่อการขูดขีด มีความเค้นภายในต่ำ ใช้ฉีดหุ้มชิ้นส่วนโลหะเช่น ไขควง คีมหวี กระดุม
Cellulose Acctatebutyrate	CAB	1.17-4.22	180-230	50-80	-	0.5			คุณสมบัติ และการใช้งานคล้ายกับ CA นอกจากนี้ ยังใช้กันมากในอุตสาหกรรมแปรรูปไฮโดรคาร์บอนโดยทำเป็นท่อ และสายส่ง
Cellulose propionate	CP	1.19-1.23	180-230	50-80	-	0.5	-		คุณสมบัติคล้าย CA ใช้ทำกรอบแว่นตาเกรดที่มีส่วนผสมของ CP-EVA ใช้ทำเครื่องมือในงานกรองแสง อุปกรณ์การแพทย์ที่ทนความร้อนสูง
Ethylene vinylalchol	EVA	0.92-0.95	120-230	20-60	562-1410	0.7-1.2	90-150	0.04-1.76	ทนทานต่อความร้อน-สภาพอากาศ ใช้ทำชิ้นส่วนอิเลคทรอนิค รองเท้า
Melamine Formalelyde	MF	1.5	70-80	150-165	1050-1410	1.2-2	105-562		ทนต่อการขูดขีดได้ดีกวาชนิดอื่น เป็นเทอร์โมเซตที่แข็งที่สุด ใช้ทำภาชนะใส่อาหาร เครื่องใช้ในครัว และเป็นเทอร์โมเซตที่ราคาแพงที่สุด

ตารางที่ 2.1 ชนิดและการนำไปใช้งานของพลาสติก(ต่อ)

ชนิดพลาสติก	สัญลักษณ์	ความหนาแน่น (g/cm^2)	อุณหภูมิกระบอกฉีด (^oC)	อุณหภูมิแม่พิมพ์ฉีด (^oC)	แรงดันฉีด (kg/cm^2)	ค่าหดตัว (%)	อุณหภูมิอัด (^oC)	แรงดันอัด (kg/cm^2)	คุณสมบัติ และการนำไปใช้งาน
Polyamide (Nylon)	PA	1.02-1.14	230-290	40-60	-	-	-	-	ทนแรงกระแทกได้ดี ใช้ทำเฟืองจะไม่เกิดเสียงขณะทำงาน ทำใบพัด ชิ้นส่วนขับเคลื่อน ลูกเบี้ยว ฉนวนหุ้มลวดและสายเคเบิ้ล
Poly Butyrene Terephthalate	PBTP	1.31-1.38	250-280	40-800	562-1800	1.5-2.2	-	-	แข็ง ทนต่อการขีดข่วน มีความเสียดทานต่ำ ทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เครื่องใช้ภายในบ้านที่ทนความร้อนสูงสวิทช์ไฟฟ้า ข้อต่อหัวเทียน ชิ้นส่วนที่ต้องการขนาดพอดีและทนต่อการกระแทก
Polycarbonate	PC	1.19-1.2	270-380	80-120	700-1410	0.5-0.7	249-326	0.7-1.41	แข็งแกร่งทนต่อการกระแทกได้แค่ตัดไม่ได้ มีลักษณะใสใช้ทำส่วนประกอบของไฟส่องทางเลนซ์ต่าง ๆ หมวกนิรภัย หุ้มชิ้นส่วนโลหะ อุปกรณ์ที่เกี่ยวกับความปลอดภัย
Poly cliallyl Phthalte	PDAP	1.51-1.78	149—176	-	1410-4220	0.1-0.5	143-193	281-352	เหนียวทนต่อเปลวไฟดี มีความต้านทานการล้าตัว จะใช้พลาสติกชนิดนี้ควบคู่กับสารเสริมความแข็งแรงใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องมือวัด ชิ้นส่วนรีเลย์ คอนแทคเตอร์ อุปกรณ์ไฟฟ้า
High density Polyethylene	HDPE	0.941-0.965	200-300	10-60	703-1410	(1.5-3)2-6	149-232	0.35-0.56	มีความหนาแน่นสูง
Low density Polyethylene	LDPE	0.91-0.925	150-270	20-60	562-2110	1.5-5	135-176	7.03-56.2	มีความหนาแน่นต่ำทิ้ง HDPE และ PDPE จัดเป็นพลาสติกที่ง่ายต่อการฉีด นิยมใช้ทำภาชนะใส่ของเพื่อการขนส่ง เครื่องใช้ภายในบ้าน ฉนวนหุ้มสายไฟฟ้าและสายเคเบิ้ล

ตารางที่ 2.1 ชนิดและการนำไปใช้งานของพลาสติก(ต่อ)

ชนิดพลาสติก	สัญลักษณ์	ความหนาแน่น (g/cm^2)	อุณหภูมิกระบอกฉีด (^oC)	อุณหภูมิแม่พิมพ์ฉีด (^oC)	แรงดันฉีด (kg/cm^2)	ค่าหดตัว (%)	อุณหภูมิอัด (^oC)	แรงดันอัด (kg/cm^2)	คุณสมบัติ และการนำไปใช้งาน
Polyethylene terephthalate	PETP	1.37	260-290	140	-	1.2-2	-	-	แข็งทนการขีดข่วนได้ดี มีความเสียดทานต่ำใช้ฉีด ที่กรองแสง หรือชิ้นงานที่ต้องการความแม่นยำทางแสงมาก ๆ ใช้ป่าขวดขนาดใหญ่กว่า 1-2 ลิตร
Phenol formaldehyde	PF	1.4	60-80	170-190	-	1.2	132-160	123-263	มีการคงรูปของขนาดดีมาก ทนความร้อนได้ดี เกรดทั่วไปทนได้ 150 องศา เกรดพิเศษทนได้ถึง 300 องศา
Polymethyl methacrylate (Acrylic)	PMMA	1.17-1.2	190-290	40-90	703-1410	0.1-0.4	149-218	141-703	ทนความร้อนได้พอสมควร ทนต่อสารเคมี methacrylate และกรดที่มีความเข้มข้นปานกลางได้ ใช้ทำ (Acrylic) ภาชนะบรรจุอาหาร อุปกรณ์ที่ต้องการความแม่นยำในอุตสาหกรรม เครื่องจักรกลงานที่เกี่ยวกับการแพทย์ อุปกรณ์เขียนแบบเลนซ์
Polyoseymethylene Polyformaldehyde	POM	1.41-1.42	180-230	60-120	703-1410	1.9-2.3	-	-	แข็งมากใช้ฉีดงานชิ้นส่วนที่มีความแม่นยำมาก เช่น อุปกรณ์ควบคุมอุปกรณ์ตั้งเวลา เฟอร์นิเจอร์ อุปกรณ์ล๊อก ไฟแช็ค
Polypropylene	PP	0.9-0.91	200-300	80-90	703-1410	1-2.5	171-288	-	จัดอยู่ในกลุ่มของ Polyolefine มีความคงทนสูง ทนต่อความร้อนได้ ใช้ทำชิ้นส่วนรถยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า กระสวยปั่นด้าย
Polystyrene	PS	1.03-1.05	170-280	20-60	703-2110	0.4-0.7	120-204	70.3-703	PS เกรดมาตรฐานจะเปราะจึงเติมสารประกอบเพื่อแก้ไข PS เกรดที่ทนแรงกระแทก ทนการขูดขีด ได้ดีใช้ทำเครื่องเล่นเทป ผนังบุตู้เย็น

ตารางที่ 2.1 ชนิดและการนำไปใช้งานของพลาสติก(ต่อ)

ชนิดพลาสติก	สัญลักษณ์	ความหนาแน่น (g/cm^2)	อุณหภูมิกระบอกฉีด (^oC)	อุณหภูมิแม่พิมพ์ฉีด (^oC)	แรงดันฉีด (kg/cm^2)	ค่าหดตัว (%)	อุณหภูมิอัด (^oC)	แรงดันอัด (kg/cm^2)	คุณสมบัติ และการนำไปใช้งาน
Polytetrafluoroethylene(Telflon)	PTFE	2.12-2.17	320-360	200-230	-	3.5-6	-	-	เป็นผลพลอยได้จากการวิจัยด้านอวกาศ มีคุณสมบัติไม่ไวไฟ ทนสภาพอากาศ ทนการกัดกร่อนได้ดี ใช้ทำแบริ่งที่ไม่มีสารหล่อลื่น ซีลสำหรับส่วนเคลื่อนที่ใช้เคลือบผิวเครื่องครัว เช่น หม้อหุงข้าว, กระทะ และใช้ในอุตสาหกรรมอวกาศและการบิน
Polyvinyl chloride-rigid	PVC-soft	1.16-1.35	160-190	10-20	562-1760	1-5	140-176	35.2-141	มีความทนต่อแรงกระแทกได้สูง คง soft สภาพอยู่ได้นานภายใต้สภาพอากาศและแสง ใช้ทำแผ่นพลาสติก ท่อ
Silicone	PVC-rigid	1.3-1.58	170-210	10-60	703-2810	0.1-0.5	140-204	52.7-141	วัสดุก่อสร้าง
Urea-Formaldehyde	SI	1.8-1.94	-	-	-	0.5	154-182	70.3-3.50	จะต้องเติมสารเสริมความแข็งแรง ใช้ทำอุปกรณ์ไฟฟ้าใช้เป็นวัสดุหล่อลื่น
Polyester resins (Unsaturated polyester)	UF	1.47-1.52	143-160	-	1080-1410	0.6-1.4	135-176	141-562	ทนความร้อน ทนการขูดขีดแต่ราคาต่ำกว่า PF ใช้ทำเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ไฟเบอร์ สีพลาสติก วัสดุตกแต่ง
	UP	2.0-2.1	40-60	150-170	-	0.5-0.8	76.5-160	17.6-141	ต้องเพิ่มสารเสริมความแข็งแรงจะมีคุณสมบัติตามสารที่เพิ่มเข้าไป ทนต่อสภาพต่าง ๆ ได้ดี ทนต่อเปลวไฟมีความเหนียวดี มีความต้านทานมในการล้าตัว ใช้ทำท่อ ถังบรรจุ ชิ้นส่วนโครงสร้าง เช่น คาน, เสา, ลำตัวเครื่องบิน, เรือ, สิ่งตกแต่งอาคาร

2.5 ปริมาณและการกำจัดขยะ [หนังสือพิมพ์ไทยรัฐ ฉบับวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2543]

ปริมาณขยะมูลฝอยอย่างเป็นทางการจากกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ระบุว่า ในปี 2543 ประเทศไทยมีขยะมูลฝอยทั้งหมด ประมาณ 13.87 ล้านตัน หรือวันละ 38,000 ตัน

มีอัตราการเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จากปีก่อน ๆ ซึ่งไม่ใช่อัตราการเพิ่มปริมาณขยะต่อคน แต่เป็นการเพิ่มขึ้นจากจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้น

ปริมาณขยะที่เพิ่มมากขึ้น จนถึงปัจจุบัน มีอัตราการเพิ่มขึ้นที่ลดลงก่อนหน้านี้ เนื่องจากภาวะวิกฤติเศรษฐกิจที่เกิดขึ้น ส่งผลให้การบริโภคของผู้คนในสังคมลดน้อยลงซึ่งเป็นสิ่งที่ยืนยันได้ว่าปริมาณขยะมูลฝอยเป็นตัวชี้วัดความเจริญของเศรษฐกิจได้เป็นอย่างดี

ขยะส่วนใหญ่เกิดขึ้นอยู่ในเขตเมืองเฉพาะกรุงเทพมหานครแห่งเดียวมีปริมาณขยะคิดเป็นร้อยละ 24 ในเขตเทศบาลและเมืองพัทยาอีกร้อยละ 32 และนอกเขตเทศบาลร้อยละ 44 จะเห็นได้ว่า กรุงเทพมหานครมีปริมาณขยะมากถึง 1 ใน 4 ของประเทศเลยทีเดียว

การจัดการกับขยะกองโตของกรุงเทพมหานครที่มีอยู่วันละ 8,990 ตัน ในแต่ละวันจะมีขยะตกค้างที่จัดเก็บไม่หมดวันละ 90 ตัน

ขยะที่จัดเก็บมาได้จะขนมารวมกันที่สถานีขนถ่ายขยะ 3 แห่ง คือที่อ่อนนุช หนองแขม และท่าแร้ง ซึ่งกรุงเทพมหานคร ได้ว่าจ้างให้บริษัทเอกชนเป็นผู้ดำเนินการขนขยะจากสถานีขนถ่าย 3 แห่ง ไปฝังกลบที่ตำบลราชาเทวะ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ และที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐมระหว่างการขนถ่ายขยะไปกำจัดจะมีการคัดแยกขยะจากเจ้าหน้าที่ คนงานและคนคุ้ยขยะ ตั้งแต่ขยะหน้าบ้านไปจนถึงกองขยะสถานีขนถ่าย

ยังมีขยะอีก วันละ 16,560 ตัน นอกเขตกรุงเทพมหานคร เทศบาลและเมืองพัทยา องค์การบริหารส่วนท้องถิ่นจะเป็นผู้รับผิดชอบเก็บรวมไปกำจัด แต่ที่ผ่านมาก็ไม่สามารถให้บริการจัดเก็บได้ทั่วถึง ขยะจำนวนไม้น้อยถูกทิ้งค้างไว้หรือนำไปกำจัดโดยใช้วิธีการที่ไม่ถูกต้อง เช่น ปล่อยกองทิ้งไว้ในที่รกร้าง หรือเผากลางแจ้งซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของประชาชน

ในภาพรวมของทั้งประเทศพบว่า หน่วยงานของรัฐมีการจัดเก็บขยะได้เพียงครึ่งเดียวเท่านั้น ขยะที่เหลือราว 20,000 ตันต่อวัน ไม่ได้เข้าสู่ระบบการจัดเก็บ และกำจัดตามแนวทางของรัฐ

ปัญหาขยะจึงกลายเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องต้องหาทางจัดการแก้ไขอย่างเร่งด่วน แม้ว่าจะมีกระบวนการจัดการขยะในรูปแบบต่าง ๆ ของภาครัฐ ไม่ว่าจะเป็นการสร้างบ่อฝังกลบ เตาเผาขยะ ซึ่งล้วนมีต้นทุนค่ากำจัดขยะสูงถึงตันละ 350 บาท แต่ละวันต้องใช้เงินในการกำจัดขยะไปวันละไม่ต่ำกว่า 13 ล้านบาท

ทางออกหนึ่งของการแก้ไขปัญหาขยะจากครัวเรือน คือให้ประชาชนได้เข้ามามีบทบาทโดยตรงในการกำจัดขยะด้วยตนเอง

2.5.1 การกำจัดขยะ สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. กองไว้ให้เน่าเปื่อย วิธีนี้ใช้ได้ผลดีกับชุมชนที่มีผู้ผลิตขยะน้อยเท่านั้น นอกจากนี้แล้วขยะต้องเป็นวัตถุที่เน่าเปื่อยได้ง่ายตามธรรมชาติวิธีนี้อาจไม่เหมาะกับในตัวเมืองเนื่องจากจะมีปัญหาด้านกลิ่นรบกวน

2. การฝังกลบ ที่ฝังกลบขยะต้องอยู่ห่างไกลชุมชนพอสมควร หลุมขนาดใหญ่ที่ขุดขึ้นต้องมีกรุกันอย่างดี มิฉะนั้นน้ำเน่าเสียจากขยะจะไหลซึมลงสู่ดินจนลงถึงแหล่งน้ำใต้ดินซึ่งจะเป็นการแพร่เชื้อโรคได้ง่าย การกำจัดวิธีนี้จะมีปัญหาเรื่องการขนส่ง และมีค่าใช้จ่ายสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วิธีการเผา ขยะที่จะนำมาเผาต้องผ่านการคัดเลือก คือของที่ไหม้ไฟได้ ซึ่งเศษวัสดุบางอย่าง เมื่อถูกความร้อนก็ยังปล่อยก๊าซที่เป็นพิษออกมา เช่น พวกโฟม พลาสติก ต้องแยกออกต่างหาก

4. การนำขยะมูลฝอยมาใช้ประโยชน์ เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยลดปริมาณขยะได้เป็นอย่างดี โดยการนำกลับมาใช้ใหม่หรือแปรสภาพให้เป็นของใหม่

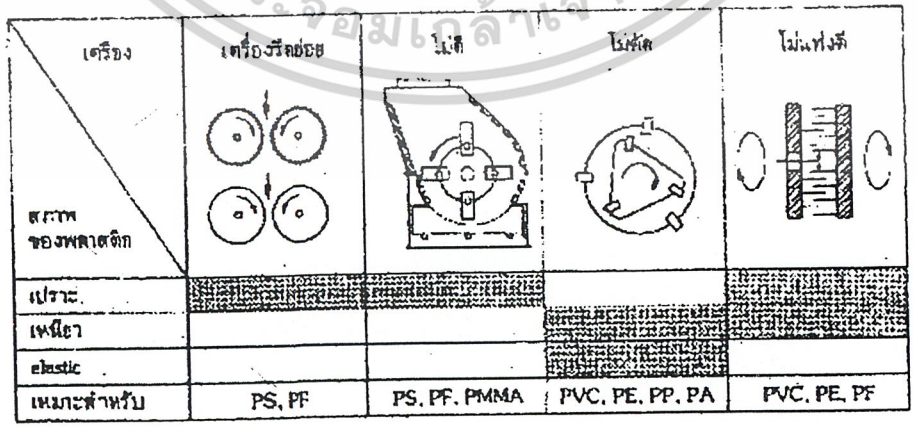
ในเมืองใหญ่ประชาชนอาจจะมีส่วนร่วมในการกำจัดขยะไม่มากนัก เพราะเป็นการดำเนินการของรัฐ แต่การลดปริมาณขยะจะเป็นหนทางหนึ่งที่ประชาชนสามารถมีส่วนร่วมได้ นอกจากนั้นการปลูกฝังจิตสำนึกในการรู้จักเลือกบริโภคเลือกอุปโภคในสิ่งที่ไม่เหลือทิ้งเป็นภาระต่อสิ่งแวดล้อมเช่น บรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายง่าย หรือผลิตจากวัสดุรีไซเคิลก็เป็นวิธีการสำคัญที่ช่วยลดปริมาณขยะให้ลดน้อยลงได้

การจัดการขยะที่ยั่งยืน อาจไม่ใช่การวิ่งตามเทคโนโลยีการกำจัดขยะที่ก้าวล้ำทันสมัยมีประสิทธิภาพในการทำลายขยะให้หมดสิ้นไปเท่านั้น แต่หากทุกคนที่มีส่วนในการผลิตขยะออกมาเฉลี่ยวันละ 1 กิโลกรัม สามารถหาทางลดปริมาณขยะเหล่านั้น ด้วยการใช้ให้น้อย เลือกบริโภคสินค้าที่ไม่เป็นภาระกับสิ่งแวดล้อมและพยายามหาทางนำสิ่งที่จะกลายเป็นขยะไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ก็จะช่วยลดปัญหาขยะล้นเมือง ซึ่งก็ไม่ใช่ปัญหาที่แก้ไม่ได้เสียเลยทีเดียว เพื่อคนไทยเพื่อสิ่งแวดล้อมไทย

2.6 ทฤษฎีการย่อยพลาสติก

รศ. บรรเลง ศรนิล ได้ให้ความหมายของการย่อยพลาสติก คือการทำให้ลดขนาดพลาสติกแข็งโดยวิธีทางกล ในการย่อยพลาสติกจะทำให้ได้พลาสติกที่มีขนาดเล็กแตกต่างกันไปตามความต้องการ

เนื่องจากความแตกต่างทางด้านคุณสมบัติของพลาสติก ทำให้กรรมวิธีที่ใช้ย่อยพลาสติกนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายกรรมวิธีเพ่อให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของพลาสติกชนิดนั้น ๆ การเลือกใช้ชนิดของเครื่องถ่ายพลาสติกนั้นนอกจากจะดูที่ปริมาณของการย่อยแล้ว จำเป็นต้องทราบชนิดของพลาสติกที่จะย่อยด้วยว่าเป็นพลาสติกชนิดไหนและมีคุณสมบัติเป็นอย่างไรและที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือการย่อยพลาสติกนั้น ย่อยเพื่อทำอะไร เช่นถ้าเป็นการย่อยพลาสติกเพื่อนำมาผสมกับเม็ดพลาสติกที่ใช้ในการผลิต จะต้องให้ความสำคัญกับขนาดของเศษพลาสติก เพื่อให้สัมพันธ์กับขนาดของเม็ดพลาสติกที่ใช้ในการผลิตด้วย สำหรับชนิดของเครื่องย่อยพลาสติกที่ใช้กันมากในงาน
อุตสาหกรรรมคือ



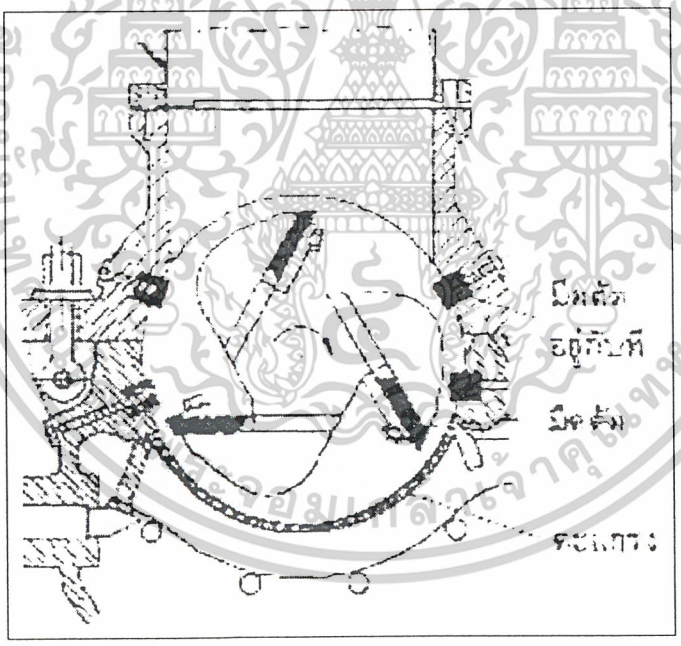
รูป 2.1 เครื่องย่อยพลาสติกแบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 เครื่องย่อยแบบรีดย่อย จะใช้สำหรับพลาสติกแข็งเปราะได้เท่านั้น โดยหลักการของการทำงานอาศัยหลักการบีบพลาสติกให้แตกออกจากกัน

2.6.2 เครื่องย่อยแบบโม่ตี ใช้กับพลาสติกที่มีความเปราะเหมือนกับเครื่องรีดย่อยหลักการทำงานอาศัยการเหวี่ยงค้อนตีในแนวรัศมี พลาสติกจะถูกตีจนกระทั่งได้ขนาดตามที่ต้องการ จึงถูกกรองออกมา

2.6.3 เครื่องย่อยแบบโม่ตัด ใช้กับพลาสติกที่มีความเหนียวและมีความยืดหยุ่นตัวสูง หลักการทำงานจะคล้ายกับเครื่องย่อยแบบโม่ตี แต่จะใช้ใบมีดแบบโม่ตีพลาสติกแทน มีการใช้มากที่สุดในวงการอุตสาหกรรม ตัวอย่างของเครื่องโม่ตัดดังรูปจะประกอบด้วยเรือนเหล็กหล่อที่มั่นคงแข็งแรง มีคมตัดอยู่กับเรือน 4 คม ตอนล่างจะมีตะแกรงประกอบอยู่ พลาสติกที่จะตัดจะถูกส่งเข้าทางปล่องด้านบนตรงกลางจะมีเพลาติดกันอยู่ 3 เล่ม พลาสติก ที่ถูกส่งลงไปถูกส่งลงไปจะถูกมีดหมุนตัด โดยเครื่องจะทำงานซ้ำๆ จนกว่าพลาสติกจะมีความละเอียดพอที่จะลอดตะแกรงออกมาได้ความเร็วในการตัดจะอยู่ระหว่าง 12-14 เมตรต่อวินาที ระยะห่างระหว่างมีดหมุนตัด 0.22-0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะห่างระหว่างมีดหมุนตัด 0.25-0.5 มิลลิเมตร โม่ตัดจะมีขนาดการทำงานตั้งแต่ 10 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จนถึง 2,500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



รูปที่ 2.2 เครื่องย่อยแบบโม่ตัด

2.6.4 เครื่องย่อยแบบโม่แท่งตี ใช้กับพลาสติกที่มีความเปราะ หลักการทำงานของเครื่องย่อยพลาสติกแบบโม่แท่งตีจะคล้ายกับเรื่องโม่แป้งทั่วไปการใช้งานจะเหมาะกับพลาสติกที่มีความแข็งเปราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 กรรมวิธีที่ใช้ในการกำจัดพลาสติก

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์พลาสติกได้ถูกโจมตีอย่างหนักในเรื่องของการไม่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ หรือย่อยสลายได้แต่ต้องใช้เวลานาน ทำให้กลายเป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้คิดค้นวิธีการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม(วารสารพลาสติก : กันยายน 2535) โดยวิธีการ ดังต่อไปนี้

2.7.1 นำพลาสติกใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่

การนำเอาบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ใช้แล้วสู่ขบวนการผลิตเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycling) โดยการรวบรวมพลาสติกที่ใช้แล้วตามบ้านเรือนและกองขยะเพื่อนำกลับมาป้อนเข้าสู่โรงงานแปรรูปพลาสติก ซึ่งในปัจจุบันมีอยู่หลายแห่ง พลาสติกที่ได้จากขบวนการผลิตเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่นั้น ไม่นิยมนำกลับมาทำบรรจุภัณฑ์เพื่อบรรจุอาหารหรือเครื่องดื่มต่าง ๆ เนื่องจากเนื้อพลาสติกจะมีคุณสมบัติที่ด้อยลง นอกจากนี้เมื่อพลาสติกได้รับความร้อนสารเคมีและสีบางชนิดที่ใช้ผสมในระหว่างขบวนการผลิตอาจออกมาปะปนกับอาหารหรือเครื่องดื่มที่บรรจุและก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคได้ การกำจัดขยะพลาสติกด้วยวิธีการนี้ นับได้ว่าเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

2.7.2 นำไปฝังหรือถมดิน

การนำไปฝังหรือถมที่เป็นวิธีการที่ใช้ในการกำจัดขยะส่วนใหญ่ แต่เนื่องจากขยะเป็นพลาสติกต้องใช้ระยะเวลานานนับพันปีในการสลายตัวในดิน จึงเป็นอุปสรรคต่อการไหลซึมของน้ำทำให้พื้นที่ดังกล่าวไม่เหมาะสมต่อการทำเกษตรกรรม เพราะต้องใช้พื้นที่เป็นบริเวณกว้าง ซึ่งที่ดินนั้นนับวันยิ่งมีราคาสูงขึ้น และจะเป็นการยากมากถ้าเป็นในเขตกรุงเทพมหานคร

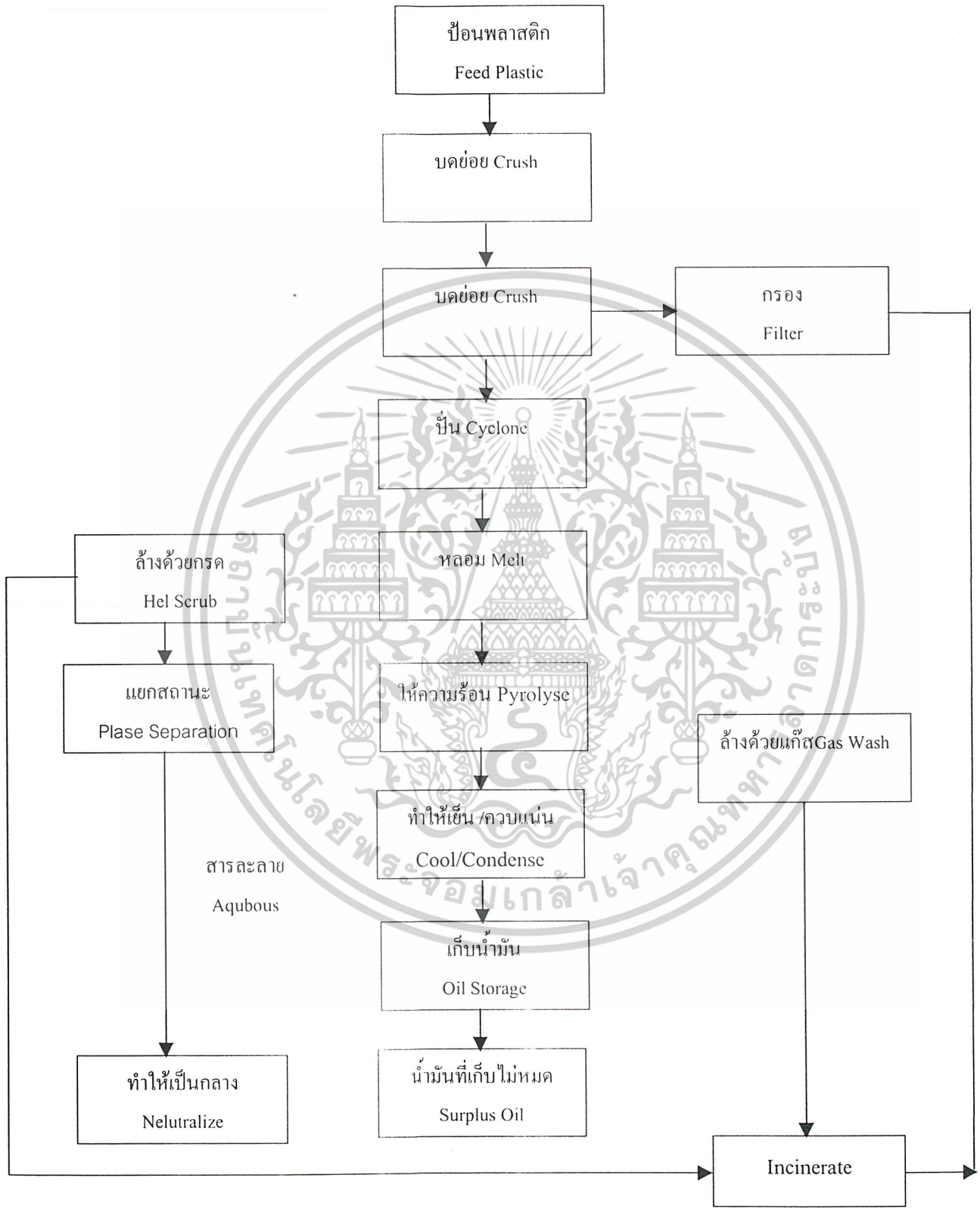
2.7.3 ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

การใช้พลาสติกเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ในต่างประเทศได้นำพลาสติกใช้แล้ว มาผ่านเครื่องให้พลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า หรือนำมาอบยาสูบ เป็น แต่ยังมีการสร้างปัญหาในเรื่องการควบคุมควัน หรือ เขม่าที่เกิดขึ้นจากการเผาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถ้าอุณหภูมิไม่สูงพอจะทำให้เกิดการหลอมตัวติดกับผนังเตา สำหรับเตาเผาขยะที่มีอยู่ในปัจจุบันมีอุณหภูมิในการเผาต่ำเพียง 200-300 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิในการเผาพลาสติกควรอยู่ในระดับไม่ต่ำกว่า 1,200 องศาเซลเซียสเพื่อให้ก๊าซที่เกิดขึ้นเกิดการสลายตัว

สำหรับเตาขยะพลาสติกที่ใช้ในต่างประเทศนั้น นอกจากเตาเผาที่มีอุณหภูมิสูงจนสามารถ ทำให้ก๊าซพิษสลายตัวไปแล้ว ยังมีเตาเผาอีกชนิดหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถเผาขยะพลาสติกและได้พลังงานทดแทนออกมาใช้ประโยชน์ โดยเมื่อป้อนพลาสติกเข้าไป เตานี้จะสามารถคัดแยกส่วนผสมต่างๆ ที่อยู่พลาสติก รวมทั้งน้ำมันก๊าดต่าง

เนื่องจากอุปสรรคในการกำจัดขยะพลาสติกด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว ทำให้ในปัจจุบันมีขยะพลาสติกที่รอการทำลายอยู่เป็นจำนวนมากและหากไม่วิธีการแก้ไขที่เหมาะสมปัญหาดังกล่าวจะยิ่งทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้นเพราะในแต่ละวัน เพราะจากการเก็บข้อมูล สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ในแต่ละวันจะมีขยะเกิดขึ้นในแต่ละวันประมาณ 5,000 ตัน/วัน ในจำนวนนี้เป็นขยะพลาสติกถึงกว่าร้อยละ 12-13 หรือประมาณ 500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



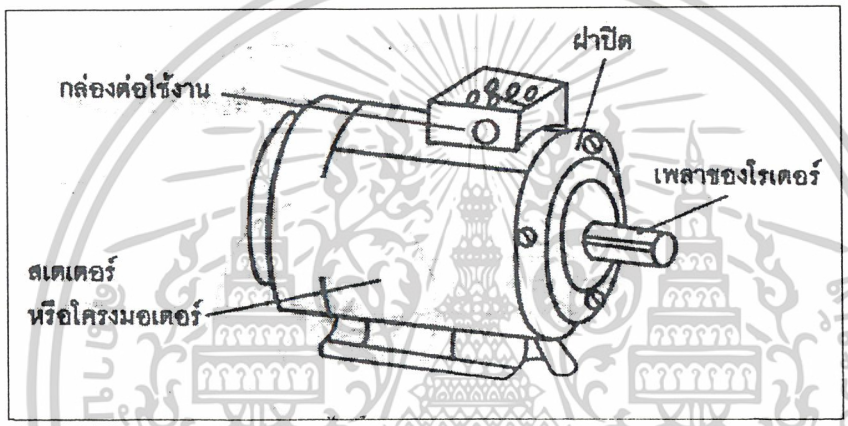
รูปที่ 2.3 แผนภาพแสดงขบวนการทำงานของเตาเผาขยะพลาสติกที่สามาให้พลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 มอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส (Three Phase Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสเป็นมอเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้าสามเฟส จะมีสายไฟฟ้าต่อเข้ากับมอเตอร์ 3 สายขึ้นไป มอเตอร์สามเฟสจะมีขนาดตั้งแต่ ½ แรงม้าและขนาดใหญ่ 400 แรงม้าขึ้นไปก็มีใช้กันบ้างไม่มากนัก มอเตอร์สามเฟสใช้กันมากตามโรงงานต่าง ๆ ใช้กับเครื่องเลื่อยไม้ เครื่องรีดต่าง ๆ เครื่องปั๊มเครื่องทำความเย็นขนาดใหญ่ ฯลฯ รูปร่างภายนอกคล้ายกับมอเตอร์สปลิทเฟสทุกประการ

ส่วนประกอบของมอเตอร์สามเฟสที่สำคัญอยู่ 3 อย่างคือ สเตเตอร์ โรเตอร์ และฝาปิดทั้งสองข้าง รูปร่างของมอเตอร์สามดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 มอเตอร์สามเฟส

2.8.1 สเตเตอร์ สเตเตอร์ของมอเตอร์สามเฟสจะเหมือนกับสเตเตอร์ของมอเตอร์สปลิทเฟสและคาพาซิเตอร์ที่เป็นมอเตอร์หนึ่งเฟสทุกประการ แต่ขดลวดที่พันไว้ที่สเตเตอร์แทนที่จะมีขดสตาร์ตและขดรันเหมือนมอเตอร์หนึ่งเฟสนั้น มอเตอร์สามเฟสจะมีเฉพาะขดรันอย่างเดียวและมีขดลวดแยกกันอยู่เป็น 3 ชุด คือ ขดลวดเป็นของเฟส A เฟส B และเฟส

2.8.2 **โรเตอร์** โรเตอร์ซึ่งเป็นตัวหมุนของมอเตอร์สามเฟสแยกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 ประเภท คือ แบบวาวด์โรเตอร์ และแบบสควิเรจเคจ

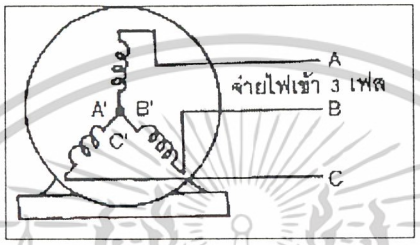
1. แบบวาวด์โรเตอร์ (Wound Rotor) คือโรเตอร์ที่มีลวดอาบน้ำยาหรือลวดหุ้มด้ายพันอยู่มีวงแหวนหรือสลิปริง (Slip Ring) อยู่ 3 วง ขดลวดที่พันอยู่บนโรเตอร์จะพันเป็นสามเฟส ต่อเป็นแบบสตาร์ ปลายของคอยล์ทั้ง 3 เฟส ต่อออกมาเข้าสลิปริงทั้งสาม จะมีแปรงถ่าย 3 ชุด และต่อสายไปเข้าตัวควบคุมกระแสหรือรีโอสตัต (Rheostat) รีโอสตัตจะมีลวดความต้านทาน 3 ชุด แต่ละชุดมีไว้สำหรับแต่ละเฟสของคอยล์ โรเตอร์ และสวิตช์สำหรับเลือกหาความต้านทานควบคุมมอเตอร์ให้เริ่มหมุนช้า ๆ จนกระทั่งหมุนเร็วสูงสุดเมื่อมอเตอร์เริ่มหมุน ความต้านทานทั้ง 3 ชุด จะต่ออันดับกับขดลวดทั้ง 3 เฟส ของโรเตอร์ขณะมอเตอร์เริ่มหมุนไปจะค่อย ๆ ลดความต้านทานทั้ง 3 ชุด ทีละน้อย ๆ พร้อม ๆ กัน ทำให้ความเร็วของมอเตอร์เพิ่มขึ้น เมื่อมอเตอร์หมุนไปเต็มที่ความต้านทานทั้ง 3 ชุด จะถูกตัดออกหมดและคอยล์ทั้ง 3 เฟส จะถูกลัดวงจรกันไว้ตรงสุดของรีโอสตัต แบบวาวด์โรเตอร์ จะมีในมอเตอร์สามเฟสขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2. แบบสควิเรลเคจ (Squirel Cage) โรเตอร์แบบนี้เหมือนโรเตอร์ของสปลิทเฟสและคาพาซิเตอร์มอเตอร์ขนาดเล็กจะมีโรเตอร์แบบสควิเรจเคจ บางที่จะออกแบบให้มีสควิเรจเคจ 2 ชุด หรือ 2 ชั้น เพื่อให้มอเตอร์มีกำลังสตาร์ทสูงฝาปิดทั้งสองข้าง (End Plates) เป็นที่ติดตั้งลูกปืนเพื่อรองรับเพลาหรือแกนโรเตอร์เหมือนสปลิทเฟสหรือคาพาซิเตอร์มอเตอร์ แต่เนื่องจากมอเตอร์สามเฟสมีเฉพาะขดรันอย่างเดียว ที่ฝาปิดของมอเตอร์จึงไม่มีเซนตริฟิวกัลสวิตช์การต่อมอเตอร์สามเฟสมีวิธีต่ออยู่ 2 แบบ คือ การต่อแบบสตาร์ และการต่อแบบเดลต้า

- การต่อแบบสตาร์ ต้นคอยล์ของแตละเฟสต่อเข้ากับแหล่งจ่ายระบบไฟฟ้า 3 เฟส ส่วนปลายคอยล์ของทังสามเฟสต่อรวมกัน ดังรูป



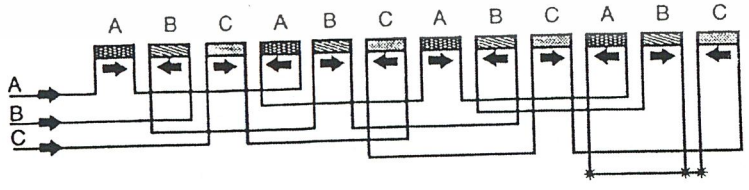
รูปที่ 2.5 การต่อการแบบสตาร์

ถ้ามอเตอร์สามเฟสมี 36 ร่อง จะต่อคอยล์ของมอเตอร์สามเฟสเป็น 4 ขั้ว หรือ Pole ซึ่งมี 36 คอยล์ การต่อแบบสตาร์ให้ปฏิบัติดังนี้

ก. ต่อคอยล์ให้เป็นกลุ่ม (Group) แต่ละกลุ่มมี 3 คอยล์ ต่ออันดับกัน เมื่อต่อแล้วเหมือนกันทุกคอยล์พันวนไปทางเดียวกัน แยกเป็นกลุ่ม A,B,C ใช้ปลอกสีต่าง ๆ กันสีละหนึ่งเฟสทำเป็นเครื่องหมายกำกับกลุ่มไว้

ข. ต่อเฟส A ทั้ง 4 กลุ่ม ให้ต้นต่อต้น ปลายต่อปลายของเฟส A โดยเอาของกลุ่มที่ 1 ของเฟส A ต่อกับปลายกลุ่มที่ 2 ของเฟส A ต้นของกลุ่มที่ 2 ของเฟส A ต่อเข้ากับต้นของกลุ่มที่ 3 ของเฟส A และปลายของกลุ่มที่ที่ 3 ของเฟส A ต่อเข้ากับปลายของกลุ่มที่ 4 ของเฟส A จะมีเส้นลวดที่เหลือ คือต้นของกลุ่มที่ 1 และต้นของกลุ่มที่ 4 การต่อคอยล์ของกลุ่มของเฟส C และเฟส B ก็ให้ต่อเหมือนเฟส A

ค. เมื่อต่อเฟส A,B,C เสร็จแล้วให้เอาปลายของทุกเฟสต่อรวมกันเป็นจุดต่อของสตาร์ และต้นของ 3 เฟส ต่อเข้ากับระบบแหล่งจ่าย 3 เฟส ตามรูปที่ 2.6

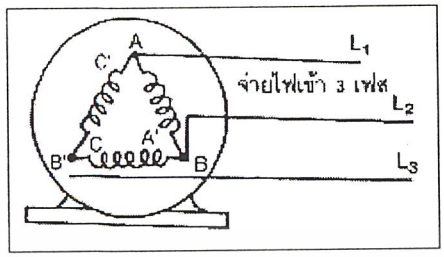


รูปที่ 2.6 แสดงการต่อคอยล์กลุ่มและเฟสแบบสตาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

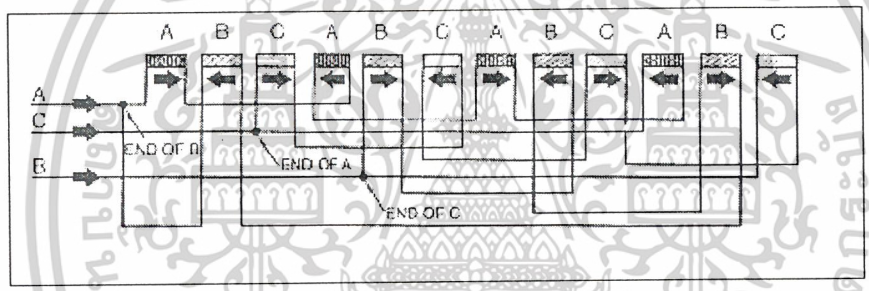
49946

● การต่อแบบเดลตา ปลายคอยล์ของเฟส A ต่อเข้ากับต้นคอยล์ของเฟส B และปลายคอยล์ของเฟส B ต่อเข้ากับต้นคอยล์ของเฟส C และปลายคอยล์ของเฟส C ต่อเข้ากับต้นคอยล์ของเฟส A จะต่อเป็นรูปสามเหลี่ยมและแหล่งจ่ายต่อเข้าสามเส้น ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การต่อแบบเดลต้า

วิธีต่อคอยล์ให้เป็นกลุ่ม ต่อเชื่อมระหว่างกลุ่ม ของแต่ละเฟสเหมือนกับการต่อแบบสตาร์ทุกประการแต่หลังจากต่อละเฟสเสร็จแล้ว ก็ให้นำต้นและปลายคอยล์ของแต่ละเฟสมาต่อกันให้เป็นแบบเดลตา ดังรูปที่ 2..8



รูปที่ 2.8 แสดงการต่อคอยล์กลุ่มและเฟสแบบเดลตา

2.9 การออกแบบเพลา

แม้ว่าจะได้กล่าวถึงทฤษฎีในการออกแบบเพลามาแล้วในบทความเด้นผสม แต่เนื่องจากว่าเพลาเป็นชิ้นส่วนที่มีใช้อยู่ในเครื่องจักรกลเกือบทุกชนิด ดังนั้นจึงสมควรที่จะได้พิจารณาถึงการออกแบบเพลาโดยเฉพาะ เพลาอาจจะมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามลักษณะของการใช้งานดังต่อ ไปนี้คือ

เพลา (shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ส่งกำลัง

แกน (axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น

สพินเดิล (spindle) เป็นเพลาขนาดสั้นนี่ไม่หมุน เช่น เพลาที่หัวแท่นกลึง

สตับชาฟต์ (stub shaft) หรือบางครั้งเรียกเฮดชาฟต์ (head shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลัง และใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่น ๆ โดยเฉพาะ

แจ็คชาฟต์ (jackshaft) หรือเคาน์เตอร์ชาฟต์ (counter shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมนหรือเครื่องจักรกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพลาอ่อน (flexible shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรืองอโค้งได้ เพลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (cable) ลวดสปริงหรือลวดเกลียว (wire rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้

วัสดุเพลา

วัสดุที่ใช้สำหรับทำเพลาทั่วไปคือเหล็กกล้าละมุน (mild steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้วมักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลา เช่น AISI 1347 3140 4150 4340 เป็นต้น เพลาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 90 mm มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลามีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

2.9.1 ขนาดของเพลา

เพื่อให้เพลามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดขนาดมาตรฐานของเพลาซึ่งเป็นขนาดระบุ (nominal size) ใน ISO/R775-1969 เอาไว้สำหรับให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ทั้งนี้เพื่อให้สามารถหาซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลาด้วยขนาดระบุของเพลาดูได้จากตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.2 ขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO/R775-1969

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น mm				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	220	

ตารางที่ 2.3 ค่าความปลอดภัย

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียวและโลหะเหนียว		เหล็กหล่อโลหะเปราะ
	N_y	N_u	N_u
แรงอยู่นิ่ง	1.5 – 2	3 - 4	5 – 6
แรงซ้ำทิศทางเดียวหรือแรงกระแทกเล็กน้อย	3	6	7 – 8
แรงซ้ำสองทิศทางหรือแรงกระแทกเล็กน้อย	4	8	10 – 12
แรงกระแทกอย่างหนัก	5 - 7	10 - 15	15 – 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 การพิจารณาในการออกแบบ

การคำนวณหาขนาดของเพลาที่พอเหมาะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ในบางครั้งการหาขนาดเพลาเพื่อให้เพลาทนต่อแรงที่มากระทำอย่างเดียวไม่เป็นการเพียงพอ เช่น ในกรณีของเพลาลูกเบี้ยว (cam shaft) ในเครื่องยนต์สันดาปภายในต้องการให้มีตำแหน่งเที่ยงตรง นั่นคือเพลาจะต้องมีความแข็งแกร่งอยู่ภายในพิกัดที่ต้องการ

ถึงแม้ว่าจะไม่มีมาตรฐานสำหรับพิกัดมุมบิดของเพลาไว้ก็ตาม ในทางปฏิบัติแล้วมักจะให้มุมบิดของเพลาในเครื่องจักรกลทั่วไปไม่เกิน 0.3^{o} ต่อความยาวเพลา 1m [1] สำหรับเพลาส่งกำลังทั่วไปอาจจะให้มีมุมบิดได้ถึง 1^{o} ต่อความยาวเพลา 20 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลา ในกรณีเพลาลูกเบี้ยวสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายใน แล้วจะให้มีมุมบิดได้ไม่เกิน 0.5^{o} ตลอดความยาวของเพลา

ความแข็งเกร็งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ความแข็งเกร็งทางด้านระยะโก่ง เพราะจะต้องใช้ระยะโก่งของเพลาที่อยู่ภายใต้แรงภายนอกเป็นตัวสำคัญในการกำหนดระยะเบียด (clearance) ระหว่างล้อสายพาน เฟือง โครงของเครื่องจักร ตลอดจนการเลือกชนิดของแบริ่งสำหรับรองรับเพลาให้เหมาะสม ถ้าเพลามีระยะโก่งมากเกินไปจะทำให้ความยาวของฟันเฟืองส่วนที่สัมผัสหรือขบกันลดลงเป็นผลทำให้อัตราส่วนการขบ (contact ratio) ของเฟืองลดลงด้วย ทำให้การส่งกำลังของเฟืองไม่ราบเรียบเท่าที่ควรการเลือกแบริ่งมารองรับเพลาก็เช่นกันจำเป็นจะต้องเลือกแบริ่งชนิดที่อนุญาติให้มีการเยื้องแนวสำหรับการใช้งานได้พอเหมาะกับระยะโก่งของเพลาที่จะเกิดขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นแบริ่งแบบธรรมดาหรอแบริ่งแบบปรับแนวได้เอง (self-alligning bearing) ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับค่าระยะโก่งเป็นสำคัญ

ระยะโก่งดังกล่าวมานี้ก็ไม่มีมาตรฐานกำหนดเป็นแนวทางไว้ โดยทั่ว ๆ ไปแล้วผู้ออกแบบอาจจะถือค่าต่อไปนี้เป็นแนวทางในการกำหนดความแข็งเกร็งทางด้านระยะโก่งได้ดังนี้คือ

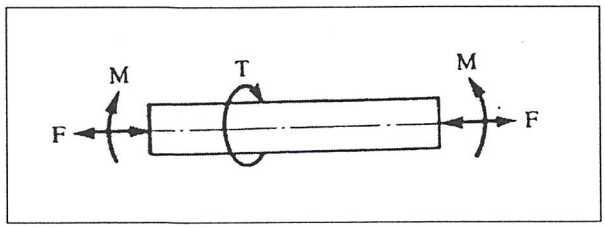
สำหรับเพลาเครื่องจักรกลทั่วไป ค่าระยะโก่งระหว่างจุดที่รองรับด้วยแบริ่งควรจะไม่เกิน 0.08 mm/mสำหรับเพลาที่มีเฟืองตรง (spur gear) คุณภาพดีอยู่ด้วย ระยะโก่ง ณ ตำแหน่งที่มีเฟืองขบ ไม่ควรเกิน 0.075 mm จากเหตุผลดังกล่าวจะเห็นว่าขนาดของเพลาอาจจะหามาได้โดยใช้ความแข็งเกร็งที่ต้องการแทนที่จะเป็นความแข็งแรงในการรับแรงภายนอกได้ การหาระยะโก่งของเพลาที่มีขนาดเท่ากนตตลอดอาจทำให้โดยใช้วิธีที่ได้เรียนรู้มาแล้วในวิชากลศาสตร์วัสดุ เช่น วิธีการอินทิเกรตสองครั้ง (double integration0 วิธีพื้นที่ของโมเมนต์ดัด (moment area) เป็นต้น และจะไม่กล่าวถึงในที่นี้

2.9.3 การออกแบบเพลาตามโค้ดของ AMSE

ก่อนปี พ.ศ. 2497 ได้มีการยอมรับวิธีการคำนวณหาขนาดของเพลาส่งกำลังซึ่งกำหนดเป็นโค้ด (code) โดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (ASME) ถึงแม้ว่าเวลาจะล่วงเลยมานานแล้วก็ตาม วิธีการออกแบบเพลาตามโค้ดของ ASME ก็ยังมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด และไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตยศาสตร์ (static design method) ในการหาสมการ สำหรับการออกแบบเพลาให้พิจารณาเพลาในรูปที่ 2.9 ให้เพลาเป็นแบบกลมและกลวง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ d1 และ d ตามลำดับ ความเค้นต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนเพลามีต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 เพลาอยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ

ความเค้นดึงหรือกด $\sigma a = \frac{4F}{\pi(d^2-d_i^2)}$ (2.1)

ความเค้นดัด $\sigma_b = \frac{Mc}{I} = \frac{32md}{\pi(d^4-d_i^4)}$ (2.2)

ความเค้นเฉือน $\tau_{XY} = \frac{Tr}{J} = \frac{16Td}{\pi(d^4-d_i^4)}$ (2.3)

ในกรณีที่เป็นแรงกด อาจมีผลจากการโก่งงอ (buckling) ได้ ดังนั้นสมการที่ (2.1) จะกลายเป็น

$$\sigma_a = \frac{4\alpha F}{\pi(d^2-d_i^2)} \quad (2.4)$$

เพลาส่วนมากจะอยู่ใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักร ทั้งนี้เพราะเพลาหมุนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำยังอาจจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาก็ได้ ดังนั้นเพลาจึงเกิดความเสียหายเนื่องมาจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ สำหรับวิธีการคำนวณของ ASME ใช้วิธีการแบบสถิตยศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้า(fatigue factor)มาเกี่ยวข้องด้วย

ตารางที่ 2.4 ค่าตัวประกอบความล้า

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลาอยู่นิ่ง :		
แรงสม่ำเสมอหรือแรงขึ้นช้า ๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5 — 2.0	1.5 — 2.0
เพลาหมุน :		
แรงสม่ำเสมอหรือแรงขึ้นช้า ๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5 — 2.0	1.0 - 1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0 — 3.0	1.5 - 3.0

ถ้าใช้ Cm = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด

Ct = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

ดังนั้นสมการที่ (2.2) และสมการที่ (2.3) จึงกลายเป็น

$$\sigma_b = \frac{32c_mMd}{\pi(d^4-d_i^4)} \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ $$\tau_{xy} = \frac{16C_t Td}{\pi(d^4-d_1^4)} \quad (2.6)$$

ความเค้นกดหรือความเค้นดึงรวมคือ

$$\sigma = \sigma_a+\sigma_b \quad (2.7)$$

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

$$\tau = \left(\tau_{XY}^2\left(\frac{\sigma^2}{2}\right)\right)^{1/2} \quad (2.8)$$

แทนค่าสมการที่ (2.4),(2.5),(2.6) และสมการที่ (2.7) ลงในสมการข้างบนนี้แล้วจัดรูปใหม่จะได้ว่า

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1-K^4)}\left((C_tT)^2+\left(\frac{\alpha Fd(1+K^2)+CmM}{8}\right)^2\right)^{1/2}$$

โดยที่ K=di/d

ในกรณีที่ไม่มีแรง F กระทำอยู่ด้วย สมการที่ (2.7) จะลดรูปเหลือเพียง

$$d^3 = \frac{16\left[(C_tT)^2+(C_mM)^2\right]^{1/2}}{\pi\tau(1-K^4)} \quad (2.9)$$

หรือในกรณีของเพลาตัน K=di/d=0 เมื่อแทนค่าลงในสมการที่ (2.9) ก็จะได้สมการที่มีรูปคล้ายกับในหนังสือกลศาสตร์วัสดุทั่วไปคือ

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau}\left[(CtT)^2=+(CmM)^2\right]^{1/2} \quad (2.10)$$

ค่าตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ ซึ่งหาดูได้จากตารางที่ 2.4

นอกจากนี้โค้ดของ ASME ยังได้ระบุเอาไว้ว่าเพลาซึ่งมีใช้อยู่ในงานธรรมดาทั่วไป ควรจะมีค่าความเค้นเฉือนใช้งานดังนี้

τ_d = $55N/mm^2$ สำหรับเพลาที่ไม่มีร่องลิ่ม

แต่ถ้ากำหนดวัสดุของเพลาที่บอกถึงหมายเลขของโลหะ หรือส่วนผสมของโลหะให้ใช้ค่าความเค้นเฉือนใช้งานจากสมการที่ 2.10 โดยเลือกใช้ค่าน้อยมาคำนวณคือ

$$\tau_d = 0.3\sigma_Y \text{ หรือ } \tau_d = 0\text{-}.18\ \sigma_U \quad (2.11)$$

และถ้าเพลามีร่องลิ่มให้ลดค่าความเค้นเฉือนใช้งานโดยใช้เพียง 75% ของค่าในสมการที่ (2.11)

2.9.4 ความแข็งเกร็งทางด้านการบิด

สำหรับเพลาที่มีขนาดสม่ำเสมอ มุมบิดเป็น rad จะหาค่าได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\theta = \frac{TL}{GJ} \quad (2.12)$$

สำหรับเพลากลมตัน $J = \frac{\pi d^4}{32}$ ดังนั้นจึงหาค่ามุมบิดเป็นองศาได้จากสมการ

$$\theta = \frac{584TL}{Gd^4} \quad (2.13)$$

ถ้าเป็นเพลากลมกลวง

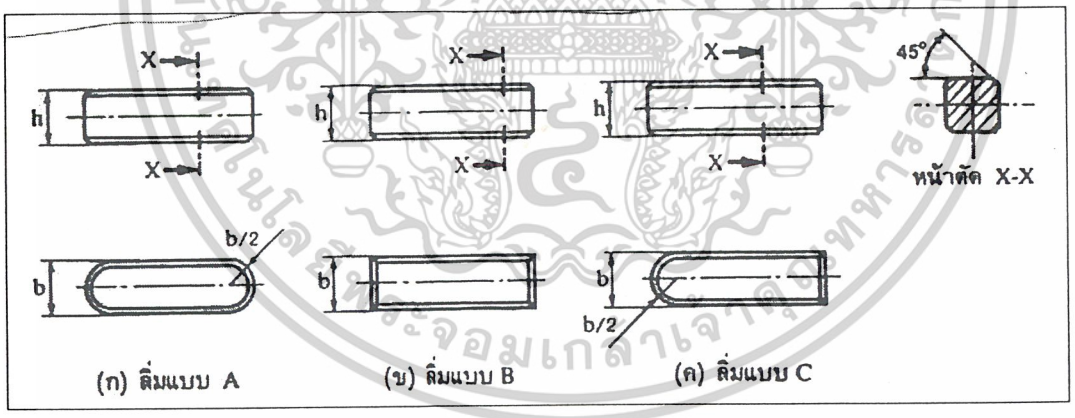
$$\theta = \frac{584TL}{(1-K^4)Gd^4} \quad (2.14)$$

ฉะนั้นถ้าต้องการให้เพลามีความแข็งเกร็งตามลักษณะการใช้งานแล้ว ก็ควรที่จะใช้สมการที่ (2.14) นี้ตรวจสอบดูมุมบิดให้อยู่ในค่าที่ต้องการ

2.10 ชนิดของลิ่ม

สิ่งแบ่งออกเป็นหลายชนิดด้วยกันดังนี้ คือ

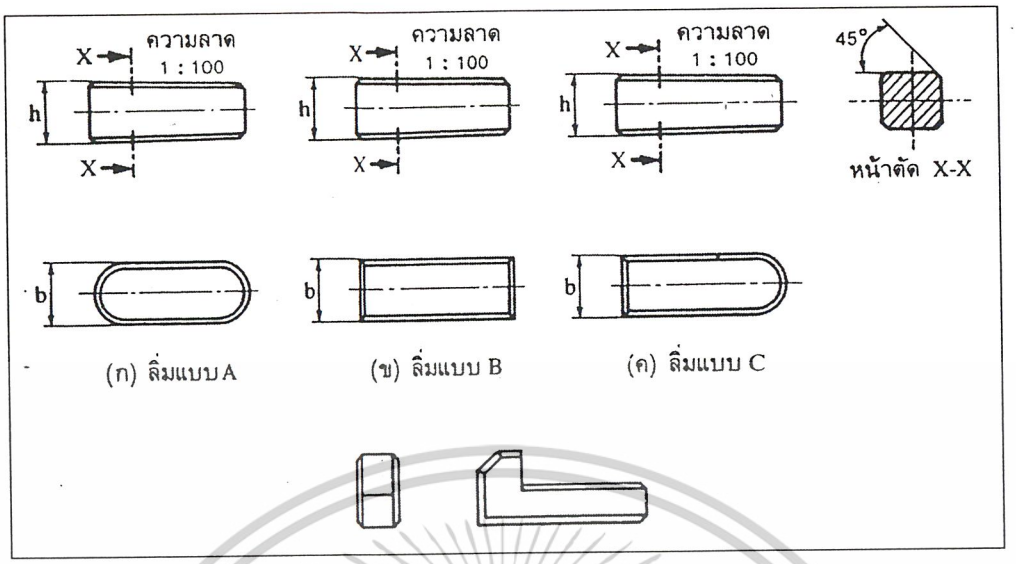
1. ลิ่มสี่เหลี่ยมผืนผ้าและลิ่มสี่เหลี่ยมจัตุรัส องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศกำหนดขนาดมาตรฐานของลิ่มชนิดนี้ไว้ใน ISO/R773 ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 2.10 ลิ่มชนิดนี้จะฝังอยู่ในเพลาครึ่งหนึ่ง และฝังอยู่ในดุมของเฟือง (hub) ล้อสายพานหรือข้อเหวี่ยงอีกประมาณครึ่งหนึ่งของความหนาลิ่มชนิดนี้มักใช้กับเครื่องจักรกลอุตสาหกรรมทั่วไป



รูปที่ 2.10 ลิ่มสี่เหลี่ยมผืนผ้าและลิ่มสี่เหลี่ยมจัตุรัส

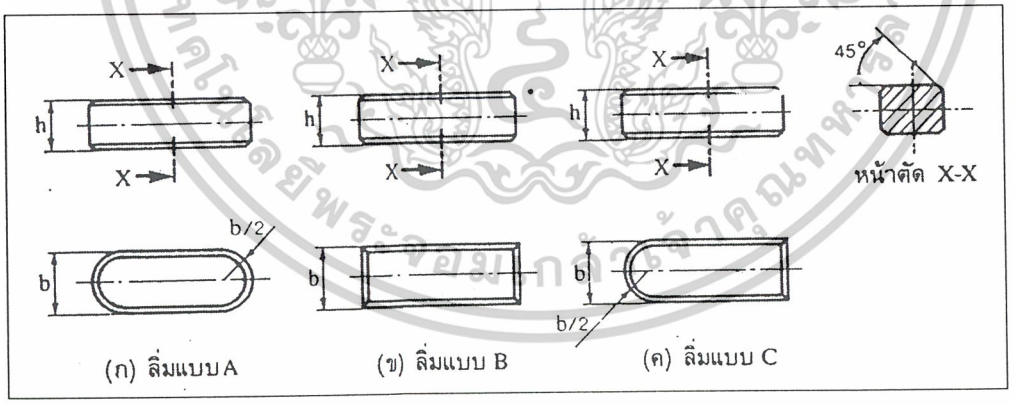
ในบางครั้งเมื่อต้องการให้ดุมล้อติดกับเพลาอย่างแน่นหนาอาจเลือกใช้ลิ่มตามมาตรฐาน ISO / R774 ซึ่งเป็นลิ่มเรียวที่มีความลาดประมาณ 1 : 100 ดังรูปที่ 2.11 โดยทำให้ลาดทางด้านความสูง ส่วนทางด้านกว้างยังคงกว้างเท่าเดิมตลอดความยาวลิ่มสี่เหลี่ยมผืนผ้าและลิ่มสี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบเรียวนี้มักจะมีหัวไว้สำหรับดอกอัดเข้าไปในร่องลิ่มและถอดลิ่มออกจากร่องลิ่ม ดังรูป และมักเรียกวา ลิ่มจมูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ลิ่มสี่เหลี่ยมผืนผ้าและลิ่มสี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบเรียว

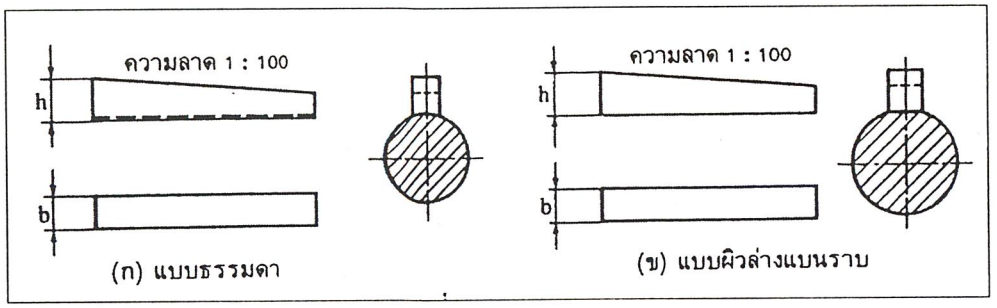
2.10.1 ลิ่มแบน ลิ่มชนิดนี้มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเช่นกัน แต่มีลักษณะบางกว่าลิ่มสี่เหลี่ยมผืนผ้าทั่วไป ดังรูปที่ 2.12 ลิ่มชนิดนี้จะใช้เมื่อต้องการให้เพลาแข็งแกร่งขึ้น เพราะถ้าใช้ลิ่มสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือลิ่มสี่เหลี่ยมจัตุรัสแล้วจะต้องเจาะร่องลิ่มบนเพลาอีกมาก ลิ่มชนิดนี้เหมาะกับการใช้งานเบาหรือเมื่อต้องการให้ร่องลิ่มบนเพลาและดุมล้อตื้น เช่น ในกรณีที่ใช้เพลากลวง ลิ่มแบบแบ่งออกเป็น 2 ชนิด เช่นเดียวกับลิ่มสี่เหลี่ยมผืนผ้าคือ มีทั้งชนิดที่พื้นที่หน้าตัดเท่ากันตลอดความยาวตามมาตรฐาน ISO 2491 และชนิดที่มีความลาด 1:100 ทางด้านความสูงตามมาตรฐาน ISO 2492



รูปที่ 2.12 ลิ่มแบน

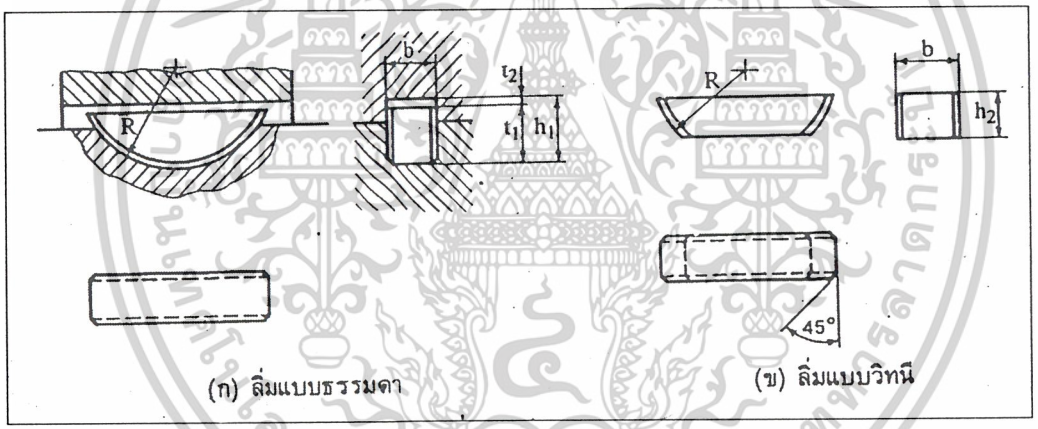
2.10.2 แซดเดิลคีย์ (saddle key) ลิ่มชนิดนี้ใช้กับงานเบาหรือในกรณีที่ต้องการให้มีการหมุนสัมพัทธ์ระหว่างเพลากับดุมล้อเพื่อใช้ในการปรับแต่ง หรือในกรณีที่ไม่อาจทำร่องลิ่มบนเพลาและดุมล้อได้ดังรูป ลิ่มชนิดนี้ใช้ในการส่งกำลังโดยอาศัยความาเสียดทานระหว่างเพลากับดุมล้อ ในกรณีที่ต้องการส่งกำลังมากขึ้นอาจทำให้ผิวด้านล่างของแซดเดิลคีย์แบนราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แชดเดิลคีย์

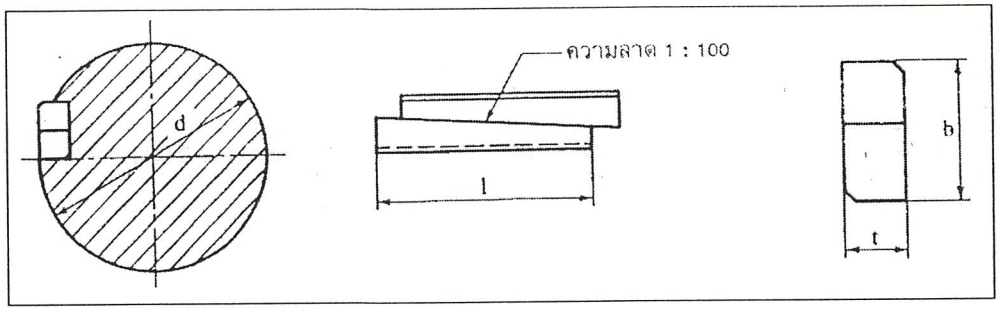
2.10.3 ลิ่มวงเดือน (woodruff key) ลิ่มชนิดนี้มีใช้มากในเครื่องมือกลต่าง ๆ และต้องใช้ร่องลิ่มที่มีลักษณะเป็นพิเศษ ซึ่งต้องตัดร่องลิ่มบนเพลาให้เป็นส่วนโค้งของวงกลมโดยใช้คัตเตอร์ (cutter) ดังรูปที่ 2.14 (ก) ลิ่มชนิดนี้มีข้อดีคือสามารถปรับตัวเองได้เล็กน้อยในร่องลิ่ม แต่มีข้อเสียคือจะทำให้ความแข็งแรงของเพลาลดลง เพราะต้องเจาะร่องลิ่มลึกกว่าร่องลิ่มแบบอื่น ๆ ลิ่มวงเดือนมีลักษณะเป็นครึ่งวงกลมที่มีความหนา b มีขนาดตามมาตรฐาน ISO 3912 จากข้อเสียของลิ่มชนิดนี้จึงได้มีการปรับปรุงให้ดีขึ้นโดยทำเป็นแบบวิทนี ดังรูปที่ 2.14(ข) โดยให้ความสูง h2 = 0.8 h1 และใช้กับการยึดชิ้นส่วนที่ใช้ส่งแรงน้อย และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาไม่เกิน 75 mm



รูปที่ 2.14 ลิ่มวงเดือน

2.10.4 แทนเจนเชียลคีย์ (tangential key) ลิ่มชนิดนี้มีลักษณะดังรูปที่ 2.15 ตามมาตรฐาน ISO3117 การใช้งานมักจะใช้เป็นชุดประกอบด้วยลิ่ม 2 ชิ้น แต่ละชิ้นมีความเรียวเพื่อให้อัดกันแน่นสามมารถส่งกำลังได้มากในทิศทางดียว แต่ถ้าต้องการให้ส่งกำลังได้ทั้งสองทิศทางก็ใช้ลิ่ม 2 ชุด วางทำมุมห่างกัน 180^{0} ข้อเสียของลิ่มชนิดนี้ก็คือประกอบเข้าด้วยกันได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



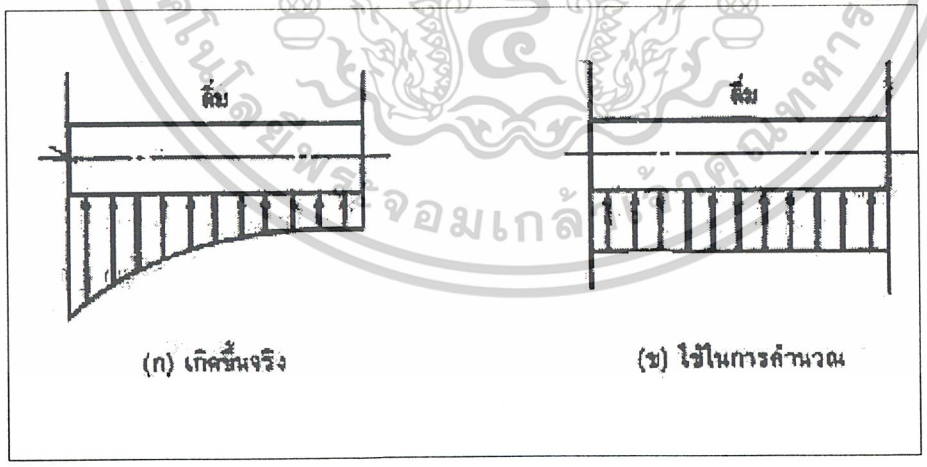
รูปที่ 2.15 แทนเจนเชียลคีย์

2.11 ความเค้นที่รอยต่อด้วยลิ่ม

เมื่อใช้ลิ่มต่อเพลากับดุมล้อเพื่อส่งโมเมนต์ปิด ความเค้นที่เกิดขึ้นในลิ่มจะเป็นแบบสามมิติและมีความยุ่งยากในการคิดคำนวณมาก ความเค้นที่เกิดขึ้นนี้เป็นผลมาจากแรง 2 ชนิดคือ

1. แรงเนื่องจากการสวมอัดลิ่มลงในร่องลิ่ม เช่น การสวมอัดลิ่มแบบธรรมดาหรือแบบเรียวแรงเหล่านี้ทำให้เกิดความเค้นอัดขึ้นในลิ่มซึ่งไม่อาจหาค่าที่แน่นอนของแรงเหล่านี้ได้
2. แรงเนื่องจากการส่งโมเมนต์บิด ทำให้เกิดความเค้นอัดและความเค้นเฉือนในลิ่ม

แรงที่กระทำตามแนวขวางของลิ่มจะไม่กระจายอย่างสม่ำเสมอตลอดความยาวลิ่ม แต่มีค่ามากในบริเวณใกล้กับจุดที่รับโมเมนต์บิด ทั้งนี้เนื่องมาจากการบิดระหว่างเพลากับดุมล้อ เพราะเพลามีความแข็งดึงบิด น้อยกว่าดุมล้อ มีผู้ทำการทดลองหาลักษณะการกระจายความเค้นตลอดความยาวลิ่ม พบว่ามีลักษณะดังรูป



รูป 2.16 แสดงความเค้นบนลิ่ม

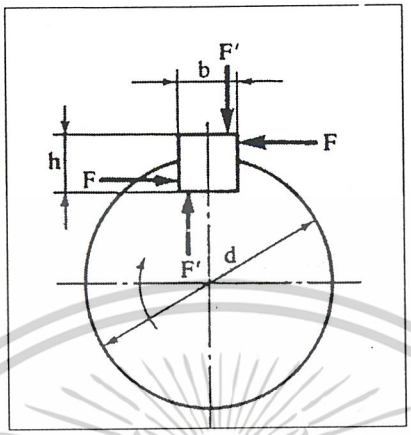
ในการหาความเค้นที่เกิดขึ้นในลิ่มนั้น เพื่อความสะดวกในการคำนวณจึงมักจะใช้ข้อสมมติฐาน ดังนี้คือ

ก. แรงที่กระจายตลอดความยาวของลิ่มมีค่าสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. ไม่คิดแรงที่เกิดจากการสวมอัดลิ่ม

จากสมมติฐานดังกล่าวทำให้คำนวณหาขนาดของลิ่มได้ง่ายขึ้น ในทางปฏิบัติทการคำนวณหาขนาดลเมมักจะเป็นการคำนวณหาความยาวของลิ่มเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากลิ่มมีขนาดพื้นที่หน้าตัดเป็นมาตรฐานอยู่แล้ว พร้อมทั้งขนาดของลิ่มที่เหมาะสมกับเพลาขนาดต่าง ๆ



รูปที่ 2.17 แรงบนรอยต่อด้วยลิ่ม

พิจารณารอยต่อด้วยลิ่มดังรูปที่ 2.17ให้ F เป็นแรงที่กระทำกับลิ่มเนื่องจากโมเมนต์บิต และ F' เป็นแรงที่กดลิ่มไว้ไม่ให้ลิ่มเอียง โมเมนต์บิดบนเพลาทำให้คุมล้อมีแรงต้านทาน F เกิดขึ้นซึ่งกระทำในแนวตั้งฉากกับลิ่ม สมมติว่าแรงนี้กระทำที่จุดกึ่งกลางของลิ่มส่วนที่โผล่พ้นจากเพลา ดังนั้นจึงหาแรง F ได้จากสมการ

$$T = F\left[\frac{d}{2} + \frac{h}{4}\right] = \frac{Fd}{2} \quad (2.15)$$

จากข้อสมมติฐานที่ได้กล่าวมาแล้ว เมื่อคิดว่าลิ่มขาดเนื่องจากแรงเฉือน ฉะนั้น

$$T = \frac{Fd}{2} = \underline{blτd/2} \quad (2.16)$$

ค่าความเค้นเฉือนใช้งาน

$$\tau d = 0.6\sigma_{cd} \quad (2.17)$$

โดยที่ T คือ โมเมนต์บิดบนเพลา

F คือแรงที่กระทำกับลิ่ม

D คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลา

L คือความยาวของลิ่ม

τ คือความเค้นเฉือนบนลิ่ม

แต่เมื่อคิดว่าลิ่มโดนอัดแตก $T = \frac{Fd}{2} = \frac{hldcd}{4}$ (2.18)

โดยที่ h คือความสูงของลิ่ม

σ_C ความเค้นอัดบนลิ่มหรือเพลาหรือดุมล้อ

โดยทั่วไปแล้วกรรมวิธีการออกแบบจะเริ่มต้นด้วยการหาขนาดของเพลาที่ใช้ จากนั้นจึงเลือกขนาดลิ่มมาตรฐานที่ใช้กับเพลาที่ต้องการจากตาราง แล้วจึงคำนวณ หาความยาวของลิ่มโดยใช้สมการที่ (2.16) และสมการที่ (2.18) และเลือกใช้ความยาวค่ามาก จากนั้นจึงใช้ความยาวของดุม ล้อให้เท่ากับความยาวของลิ่ม แม้ว่าจะยาวเกินความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการไปบ้างก็ตาม ขนาดของดุมล้อโดยประมาณซึ่งใช้กับอยู่ในชิ้นงานทั่วไป ควรเลือกใช้ลิ่มสองอันวางห่างกัน 180^{o} เมื่อแรงที่กระทำไม่สม่ำเสมอจะต้องยึดลิ่มให้แน่นกับร่องลิ่มหรือใช้ลิ่มแบบเรียว การใช้ลิ่วแบบเรียวจะช่วยให้รอยต่อยึดได้แน่นและถอดออกได้ง่าย

ในทางปฏิบัติพบว่าค่าความยาวลิ่มที่คำนวณได้จากสมการที่ 8.7 มักจะมีค่ามากกว่าที่คำนวณได้จากสมการที่ 2.16 ดังนั้นการคำนวณหาความยาวลิ่มจึงมักจะใช้สมการที่ 2.18 เป็นหลัก ความเค้นอัดบนลิ่มคือ

$$\sigma_C = \frac{4T}{dhl_e} \leq \sigma_{Cd} \qquad (2.19)$$

ดังนั้นจึงหาความยาวประสิทธิผล (effective length) ของลิ่ม l_e ได้จากสมการ

$$l_e = (\pi d^2/8b) = \pi d/2 = 1.57d \qquad (2.20)$$

โดยที่ l_e คือความยาวประสิทธิผลของลิ่ม เป็นความยาวของลิ่มส่วนที่ใช้รับแรงอัดจริง ๆ σ_{cd} คือค่าความเค้นอัดใช้งานของวัสดุ

เมื่อคำนวณโดยใช้สมการที่ (2.20) นี้แล้วควรตรวจสอบค่าความเค้นเฉือนด้วย แต่มีข้อควรระวังก็คือ ควรจะใช้ลิ่มให้ยาวกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาอย่างน้อย 25% ทั้งนี้เพื่อป้องกันการขัดตัวของลิ่มในร่องลิ่มของเลพาและดุมล้อค่าความเค้นอัดใช้งานของวัสดุลิ่มและสปลายน์ หาได้จากสมการ

$$\sigma_{Cd} = \frac{\sigma_Y}{Ny} \qquad (2.21)$$

ค่าความปลอดภัย N_Y ที่แนะนำให้ใช้มีดังนี้คือ

Ny = 1.5 เมื่อใช้ส่งโมเมนต์บิดสม่ำเสมอ

Ny = 2.5 เมื่อมีการกระตุกเล็กน้อย

Ny = 4.5 เมื่อมีการกระตุกมาก

โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีแรงกระทำสองทิศทางโดยทั่วไปแล้วนิยมใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (คาร์บอนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.2%) ที่ผ่านการรีดเย็นมาทำลิ่ม หรืออาจใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นที่ผ่านการชุบแข็งก็ได้ แต่ทั้งนี้วัสดุที่ใช้ควรมีค่าความต้านแรงดึงไม่กว่า 600 N/mm^2 ตามคำแนะนำขององค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ และขนาด ของลิ่มตามมาตรฐาน ISO ทั้งหมด ก็ถือว่าวัสดุที่ใช้ทำลิ่มมีความต้านแรงดึงไม่น้อยกว่า 600 N/mm^2

2.12 สายพาน

การถ่ายทอดกำลังจากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่ง มีอยู่บ่อยครั้งที่เผชิญปัญหาที่ว่าเพลาทั้งสองที่ต้องการจะต่อเข้าด้วยกัน มีระยะห่างจากกันมาก ทำให้ไม่สามารถจะถ่ายทอดกำลังกันโดยตรงโดยอาศัยเฟืองได้

ในกรณีเช่นนี้ การถ่ายทอดกำลังหรือการหมุน จะต้องกระทำผ่านอุปกรณ์ถ่ายทอดกำลังที่ยืดหยุ่นได้ เช่น สายพาน หรือโซ่ โดยการพันอุปกรณ์ดังกล่าวรอบมู่เล่ หรือเฟืองโซ่ ที่อยู่บนเพลาทั้งสองนั้น

การใช้อุปกรณ์ถ่ายทอดกำลังทางกลแบบยืดหยุ่นได้ ขับซึ่งกันและกัน อาจจะแบ่งออกได้เป็นการขับโดยสายพาน การขับโดยโซ่ และการขับโดยเชือก ซึ่งในจำนวนนี้ การขับโดยเชือกมักจะใช้ในกรณีพิเศษเท่านั้น ส่วนขับโดยสายพาน ยังแบ่งย่อยออกได้อีก 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแรก ใช้สายพานแบบสายพานแบน (flat belt) แบบนี้สายพานจะพันอยู่บนมู่เล่ทรงกระบอก และถ่ายทอดแรงบิดระหว่างเพลา ภายใต้ข้อแม้ที่ว่าระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของเพลาทั้งสองต้องไม่เกิน 10 เมตร และอัตราส่วนของความเร็ว (speed ratio) อยู่ในช่วง 1/6 ถึง 1/1 กลุ่มที่สอง ใช้สายพานที่มีพื้นที่หน้าตัดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู พันอยู่ในร่องของมู่เล่ และถ่ายทอดแรงบิดระหว่าง เพลาที่ห่างกันไม่เกิน 5 เมตรและอัตราส่วนความเร็วอยู่ในช่วง 1/7 ถึง 1/1กลุ่มที่สอง ใช้สายพานที่มีพื้นที่หน้าตัดขวางเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู พันอยู่ในร่องของมู่เล่และถ่ายทอดแรงบิดระหว่าง เพลาที่ห่างกัน ไม่เกิน 5 เมตรและอัตราส่วนความเร็วอยู่ในช่วง 1/7 ถึง 1/1

กลุ่มสุดท้าย สายพานที่มีฟันเหมือนฟันเฟืองจะถูกขับโดยเฟืองโซ่ แบบนี้ ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางของเพลาทั้งสองอาจจะสูงถึง 2 เมตร และอัตราส่วนความเร็วอยู่ในช่วง 1/6 ถึง 1/1 นอกจากนี้ สายพานแบบนี้ ยังมีข้อดีอีกข้อหนึ่ง คือ ให้การถ่ายทอดการหมุนที่แม่นยำกว่าแบบอื่น ๆ ทั้งหมด

อย่างไรก็ตาม การขับโดยใช้สายพานส่วนใหญ่มักจะนิยมใช้สายพาน –V ทั้งนี้เพราะสายพาน –V นั้นหาง่ายและมีราคาถูก โดยทั่ว ๆ ไปความเร็วของสายพานที่ออกแบบไว้ อยู่ในช่วง 10 ถึง 20 เมตร / วินาที แต่อาจจะใช้ได้สูงเต็มที่ถึง 25 เมตร/วินาที และถ่ายทอดกำลังได้สูงสุดประมาณ 500 กิโลวัตต์ แต่เนื่องจากมีการเลื่อนไถลระหว่างมู่เล่และสายพาน ดังนั้น สายพาน V belt จึงไม่สามารถให้อัตราส่วนความเร็วที่แม่นยำจริง ๆ ได้ แต่ในปัจจุบัน มีการใช้สายพานฟัน (timing belt) ที่สามารถให้อัตราส่วนความเร็วที่แม่นยำพอ ๆ กับเฟืองกันอย่างแพร่หลาย เช่น ในจักรเย็บผ้าทางอุตสาหกรรมเครื่องคำนวณ เครื่องลอกแบบ พิมพ์ดีดไฟฟ้า ฯลฯ

การขับโดยโซ่ แบ่งออกได้เป็นสองชนิด คือ แบบโซ่หมุน (roller cnain) และแบบโซ่เงียบ (silent chain) ทั้งสองแบบใช้กับงานที่ต้องการให้มีอัตราความเร็วที่เที่ยงตรงสามารถใช้กับงานที่จุดศูนย์กลางเพลาที่จะถ่ายทอดห่างกันถึง 4 เมตร และมีอัตราส่วนความเร็วตั้งแต่ 1/7 ถึง 1/1 โดยทั่วไปแล้ว ความเร็วที่ยอมให้ของโซ่หมุนที่ใช้กันอยู่ประมาณ 5 เมตร/วินาที แต่อาจจะได้สูงสุดถึง 10 เมตร / วินาที ส่วนโซ่เงียบนั้น ไม่นิยมใช้กับงานที่มีความเร็วต่ำกว่า 10 เมตร/วินาที แต่จะใช้กับงานที่มีความเร็วระหว่าง 16 ถึง 30 เมตร / วินาที ในบทนี้จะได้กล่าวถึงหลักการพื้นฐานในการเลือกสายพาน V สายพานฟัน โซ่หมุน และโซ่เงียบ โดยจะแสดงรายละเอียดในแผนภูมิประกอบตัวอย่างการคำนวณเป็นตอน ๆ ไป

2.12.1 สายพานลิ่ม

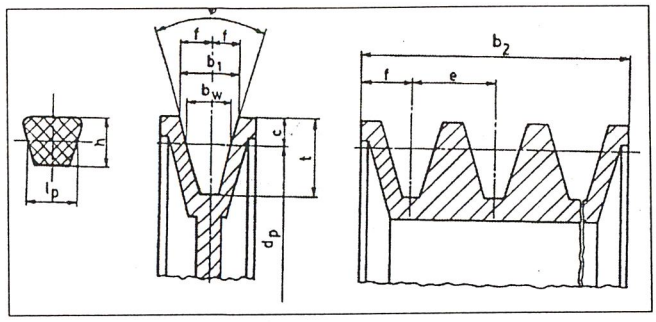
สายพานลิ่มใช้ส่งกำลังได้ก่อนข้างมากโดยต้องการแรงดึงขั้นต้นในสายพานค่อนข้าน้อย ทั้งนี้เพราะผลจากการเกาะยึดตัวกันระหว่างด้านข้างของสายพานที่เรียว กับร่องรูปลิ่มของล้อสายพานทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ซึ่งเป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดี แม้ว่าจะมีส่วน โค้งสัมผัสน้อย และมีแรงดึงขั้นต้นค่อนข้างต่ำ และเหมาะกับการใช้งานในกรณีที่ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อย ในการส่งกำลังจะส่งได้มากที่สุด เมื่อผิวด้านข้างของสายพานอัดแน่นกับร่องบนล้อสายพาน และในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉิน ก็อาจใช้ผลจากการอัดแน่นนี้ทำหน้าที่เป็นเบรคด้วย

การขับด้วยสายพานลิ่ม มีข้อดีคือเงียบ สะอาด และสามารถรับแรงกระตุกได้ นอกจากนั้นยังมีขนาดกะทัดรัด มีประสิทธิภาพดี และแบริ่งของเพลา ไม่ต้องรับแรงมากเกินไป จึงมักใช้ในการขับทางด้านอุตสาหกรรมทั่วไป ซึ่งใช้สายพานขับได้โดยมีอัตราทดสูงประมาณ 7:1 หรืออาจใช้ได้สูงถึง 10:1

2.12.2 ขนาดสายพานและล้อสายพานลิ่ม

สายพานลิ่ม มีหน้าตัดเป็นรูปลิ่ม ดังนั้นในการกำหนดขนาดจึงมักกำหนดโดยใช้ความกว้างพิตช์ (pitch width) และความหนาสายพานโดยใช้ตัวอักษรแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานลิ่มแบบแคบ (narrow V-belts) มีขนาด SPZ SPA SPB และ SPC และสายพานลิ่มแบบธรรมดา มีขนาด Y Z A B C D และ E ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสายพานลิ่มแบบธรรมดาเท่านั้น รูปร่างหน้าตัดของสายพานลิ่มและล้อสายพาน ดูได้จากรูป 2.18 ส่วนขนาดต่าง ๆ ดูได้จากตาราง 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.18 หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพาน

กลศาสตร์ของสายพานลิ่ม

ความยาวพิตช์โดยประมาณของสายพานลิ่มหาค่าได้จาก

$$L_p = 2c + 1.57 (D_p + d_p) + (D_p - d_p)^2 / 4c \qquad (2.22)$$

โดยที่สัญลักษณ์ต่าง ๆ ยังคงมีความหมายเช่นเดียวกับสายพานแบน แต่ในกรณีของสายพานลิ่มจะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์แทน หรือในกรณีที่ทราบความยาวพิตช์แล้วต้องการหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางก็ทำได้โดยใช้สมการ

$$C = p + \sqrt{p^2 - q} \qquad (2.23)$$

โดยที่ $p = 0.25L_p - 0.393 (D_p + d_p)$

$q = 0.125(D_p - d_p)^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.5 ขนาดสายพานลิ่มและล้อสายพานลิ่ม ตามมาตรฐาน ISO / R 52-195(E) และ ISO/R 256-1962(E)

หน้าตัดสายพาน			Y	Z	A	B	C	D	E
L			5.3	8.5	11	14	19	27	32
H			4	6	8	11	14	19	25
B			5.3	8.5	11	14	19	27	32
B			6.3	9.7	12.7	16.3	22	32	40
C			1.6	2	2.8	3.5	4.8	8.1	12
E			8+-0.3	12+-0.3	15+-0.3	19+-0.4	25.5+-0.5	37+-0.6	44.5+-0.7
f			6+-0.5	8+-0.6	10+-0.6	12.5+-0.8	17+-1	24+-2	29+-2
	สำหรับ		7	11	14	18	24	28	33
32	เส้นผ่าน		<=63	-	-	-	-	-	-
34	ศูนย์กลาง		-	63-80	90-118	140-190	224-315	-	-
36	พิตช์ d_p		63	-	-	-	-	<=500	<=630
38			-	>80	>118	>190	>315	>500	>630
b_2	จำ	1	12	16	20	25	34	48	58
	นวน	2	20	28	35	44	59.5	85	102.5
	ร่อง	3	28	40	50	63	85	122	147
	ล้อ	4	36	52	65	82	110.5	159	191.5
	สาย	5	44	64	80	101	136	196	236
	พาน	6	52	76	95	120	161.5	233	280.5
		7	12	16	20	25	34	48	58
		8	12	16	20	25	34	48	58
		9	12	16	20	25	34	48	58
		10	12	16	20	25	34	48	58
		11	12	16	20	25	34	48	58
		12	12	16	20	25	34	48	58
d_{pmin}			28	12	80	125	200	355	500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.3 การทำให้เกิดแรงดึงชั้นต้นในสายพานลิ่ม

การทำให้เกิดแรงดึงชั้นต้นจะช่วยทำให้การขับด้วยสายพานมีประสิทธิภาพดี และยืดอายุการใช้งานของสายพาน ถ้าออกแรงดึงชั้นต้นไม่เพียงพอจะทำให้ส่งกำลัง ได้น้อยลง ประสิทธิภาพต่ำลง ทำให้สายพานมีอายุการใช้งานลดลงเนื่องจากการสลิป แต่ถ้าออกแรงดึงชั้นต้นมากเกินไป จะทำให้ขอบสายพาน ยืดตัวมากเกินไป เกิดความเค้นในสายพานมาก แบริ่งที่รองรับล้อสายพานจะรับแรงมากเกินไป ด้วยเหตุนี้เองจึงต้องออกแรงดึงชั้นต้นให้เหมาะสมกับแรงภายนอกที่กระทำกับสายพาน

ตารางที่ 2.6 ตัวประกอบใช้งาน

K1	สภาวะการทำงาน
1.3	งานเบา ทำงานคงที่
1.5	งานปานกลาง
2.0	งานหนัก แรงกระตุก เปิดปิดบ่อยครั้ง

ตารางที่ 2.7 ค่าตัวประกอบ k2

หน้าตัดสายพาน	K2
Y	0.049
Z	0.126
A	0.217
B	0.385
C	0.637
D	1.332

การคำนวณหาขนาดของสายพานลิ่ม

การคำนวณทางด้านการส่งกำลังโดยสายพานลิ่มจะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของล้อสายพาน d_p เป็นพื้นฐาน และในที่นี้ก็จะแสดงวิธีการเลือกขนาดของสายพานลิ่มตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต เช่นเดียวกับในกรณีของสายพานแบน

ในการเลือกขนาดของล้อสายพาน บริษัทผู้ผลิตได้แนะนำให้เลือกขนาดของล้อสายพานให้โตที่สุดเท่าที่จะทำได้ ขนาดของล้อสายพานไม่ควรจะเล็กกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.6 แต่ข้อควรระวังก็คือ ขณะใช้งานปกติความเร็วของสานพานไม่ควรสูงกว่า 30 m/s

การหาขนาดหน้าตัดโดยประมาณของสายพานลิ่มสำหรับการส่งกำลัง อาจทำได้โดยใช้รูปที่ 2.10 แต่กำลังที่ส่งได้จริงของสายพานจะต้องตรวจสอบจากตารางการกำหนด สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่ม ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

$$Z = \frac{W_P \cdot N_S}{P_R \cdot N_a \cdot N_l} \qquad (2.24)$$

โดยที่ Z = จำนวนเส้นของสายพานลิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

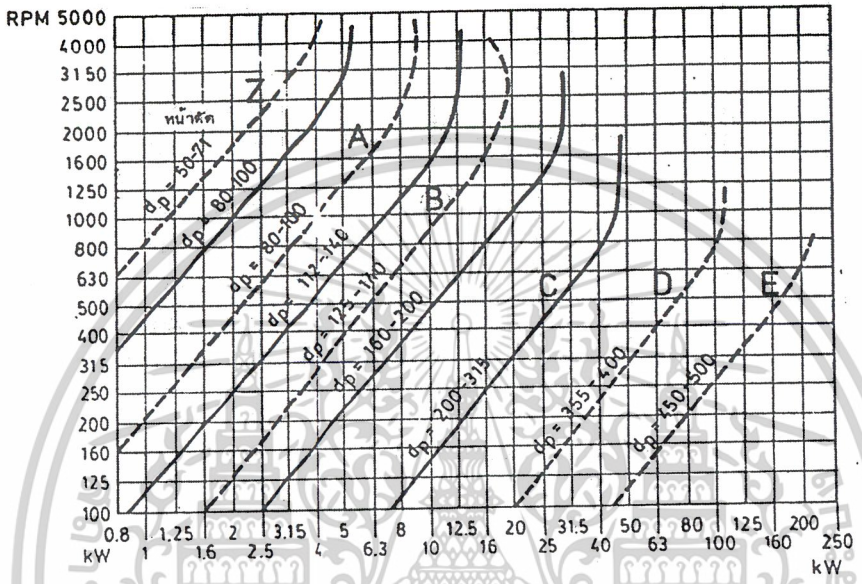
W_P = กำลังงานที่ต้องการส่ง

N_S = ตัวประกอบใช้งานหาค่าได้จากตารางที่ 2.10

N_a = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส หาค่าได้จากตารางที่ 2.11

N_l = ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน (belt length correction factor) หาค่าได้จากตารางที่ 2.11

P = กำลังที่สายพานลิ่มหนึ่งเส้นส่งได้ หาค่าได้จากตารางที่ 2.11



รูปที่ 2.19 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ่ม

ตารางที่ 2.8 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_a สำหรับสายพานลิ่ม

$D_P - d_P$ / C	ส่วนโค้งสัมผัส α=	N_a
0	180	1
0.15	170	0.98
0.35	160	0.95
0.5	150	0.92
0.7	140	0.89
0.85	130	0.86
1.0	120	0.82
1.15	110	0.78
1.3	100	0.73
1.45	90	0.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 ตัวประกอบใช้งาน N_S สำหรับสายพานลิ่ม

ชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ	ชนิดของอุปกรณ์ขับ					
ตัวประกอบใช้งานนี้พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาใช้งานและชนิดของอุปกรณีที่ต้องการขับแต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทำงาน ตัวอย่างเช่น ทำงานในสภาวะแวดล้อมเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงอาจเพิ่มค่าขึ้นอีกได้ในกรณีพิเศษ	<u>มอเตอร์กระแสสลับ</u> : normal torque, squirrel cage, synchronous and split phase. <u>มอเตอร์กระแสตรง</u> : shunt wound <u>เครื่องยนต์สันดาปภายใน</u> : ที่มีหลายลูกสูบ ความเร็วรอบสูงกว่า 600 rpm			<u>มอเตอร์กระแสสลับ</u> : high torque, high slip, repulsion-induction, single phase, series wound and slip ring. <u>มอเตอร์กระแสตรง</u> : series wound และcompound wound.		
	ชั่วโมงทำงานต่อวัน			ชั่วโมงทำงานต่อวัน		
	≤10	10-16	>16	≤10	10-16	>16
<u>งานเบา</u> : เครื่องกวนของเหลว, เครื่องป่าลม, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบแบบหอยโข่ง, พัดลมที่มีกำลังสูงถึง 7.5kW, สายพานลำเลียงงานเบา	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
<u>งานปานกลาง</u> : สายพานลำเลียงทรายหรือเมล็ดพืช, เครื่องผสมของข้นเหนียว, พัดลมที่มีกำลังสูงกว่า 7.5kW, เครื่องกำหนดไฟฟ้า, เพลาเมน, เครื่องซักผ้า, เครื่องมือกด Punches Presses shears, เครื่องพิมพ์, positive displacement rotary pumps, เครื่องเขย่า	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
<u>งานหนัก</u> : เครื่องทำอิฐ bucket elevators, exciters, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบแบบลูกสูบ, สายพานลำเลียง, hammer mills, paper mill beaters, positive displacement blowers, เครื่องบด, เครื่องเลื่อย และเครื่องจักรกลงานไม้, เครื่องทอผ้า	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
<u>งานหนักพิเศษ</u> : Crushers (Gyratory-Jaw-Roll), mills (Ball rod-Tube) ร อ ก ไฟฟ้า rubber calenders extruders-mills.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "A" ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว L_P = 1732 mm และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180^o$

D_P (mm)	M_W	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n(rpm)										
		สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_R (kW)										
71	1.00	0.29	0.45	0.50	0.56	0.67	0.76	0.88	1.05	1.16	1.22	1.28
	1.05	0.30	0.46	0.51	0.59	0.69	0.80	0.92	1.11	1.22	1.30	1.36
	1.20	0.32	0.50	0.55	0.63	0.75	0.86	1.00	1.22	1.35	1.44	1.52
	1.50	0.33	0.52	0.58	0.66	0.79	0.91	1.07	1.30	1.45	1.55	1.65
	23.00	0.34	0.54	0.60	0.69	0.82	0.95	1.11	1.37	1.53	1.64	1.74
80	1.00	0.37	0.59	0.65	074	0.89	1.02	1.20	1.45	1.61	1.71	1.81
	1.05	0.38	0.60	0.67	0.77	0.92	1.06	1.24	1.51	1.68	1.79	1.89
	1.20	0.40	0.63	0.71	0.81	0.97	1.12	1.32	1.62	1.81	1.93	2.05
	1.50	0.42	0.66	0.73	0.84	1.01	1.17	1.38	j1.70	1.91	2.05	2,.10
	23.00	0.43	0.68	0.75	0.87	1.04	1.21	1.43	1.76	1.98	2.13	2.27
90	1.00	0.47	0.74	J0.82	0.94	1.13	1.31	1.54	1.88	2.10	2.24	2.36
	1.05	0.47	0.75	0.84	0.96	1.16	1.34	1.58	1.94	2.16	2.31	2.45
	1.20	0.49	0.78	0.87	1.01	1.21	1.41	1.66	2.05	2.29	2.45	2.61
	1.50	0.51	0.81	0.90	1.04	1.26	1.46	1.73	2.13	2.39	2.57	2.74
	23.00	0.52	0.83	0.92	1.06	1.29	1.50	1.77	2.19	2.47	2.65	2.83
100	1.00	0.56	0.88	0.99	1.14	1.37	1.59	1.88	2.30	2.56	2.73	2.88
	1.05	0.56	0.90	1.01	1.16	1.40	1.62	1.92	2.36	2.63	2.80	2.97
	1.20	0.58	0.93	1.04	1.20	1.45	1.69	2.00	2.46	2.76	2.95	3.13
	1.50	0.60	0.196	1.07	1.24	1.50	1.74	2.06	2.55	2.86	3.06	3.26
	23.00	0.61	0.98	1.09	1.26	1.53	1.78	2.11	2.61	2.93	3.14	3.35
D_P (mm)	M_W	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n(rpm)										
		สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_R (kW)										
112	1.00	0.66	1.06	1.19	1.37	1.65	1.92	2.27	2.78	3.09	3.29	3.46
	1.05	0.67	1.08	1.20	1.39	1.68	1.96	2.31	2.84	3.16	3.36	3.54
	1.20	0.69	1.11	1.24	1.43	1.74	2.02	2.39	2.95	3.29	3.51	3.70
	1.50	0.70	1.13	j1.27	1.47	1.78	2.07	2.46	3.03	3.39	3.62	3.83
	23.00	0.71	1.15	1.29	1.49	1.81	2.11	2.50	3.09	3.46	3.70	3.92
125	1.00	0.78	1.25	1.40	1.61	1.95	2.27	2.68	3.28	3.63	3.84	4.01
	1.05	0.79	1.27	1.42	1.64	1.98	a2.31	2.73	3.34	3.70	3.92	4.09
	1.20	0.80	1.30	1.45	1.68	2.04	2.37	2.81	3.44	3.83	4.06	4.26
	1.50	0.82	1.32	1.48	1.71	2.08	2.42	2.87	3.53	3.93	4.18	4.39
	23.00	0.83	1.34	1.50	1.74	2.11	2.46	2.92	3.59	4.00	4.26	4.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	1.00	0.91	1.47	1.64	1.89	2.30	2.67	3.15	3.83	4.21	4.42	4.56
	1.05	0.92	1.48	1.66	1.92	2.32	2.70	3.19	3.88	4.27	4.49	4.64
140	1.20	0.93	1.51	1.69	1.96	2.38	2.77	3.27	3.99	4.40	4.64	4.80
	1.50	0.95	1.54	1.72	1.99	2.42	2.82	3.33	4.08	4.50	4.75	4.93
	23.00	0.96	1.56	1.74	2.02	2.45	2.86	3.38	4.14	4.58	4.83	5.02

ตารางที่ 2.11 ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N1

L_P	662	742	832	932	1032	1152	1282	1432	1632	1732	1832	2032
N_1	0.81	0.82	0.85	0.87	0.91	0.93	0.96	0.99	1.00	0.01	1.03	
L_P	2272	2532	2832	3182	4032	5032						
N_1	1.06	1.09	1.11	1.13	1.20	1.25						

ตารางที่ 2.12 ความยาวพิตช์ที่มีใช้ Lp =L1 + 30 (mm)

Li	483	535	560	580	600	630	655	670	690	710	730	750
	780	787	800	813	825	838	850	855	875	889	900	914
	925	950	965	975	1000	1016	1041	1060	1090	1105	1120	1143
	1168	1180	1200	1220	1250	1270	1300	1320	1346	1372	1400	1422
	1448	1475	1500	1525	1550	1575	1600	1625	1651	1676	1700	1725
	1750	1780	1800	1854	1900	1980	2000	2030	2057	2083	2100	2120
	2150	2200	2240	2285	2360	2435	2475	2500	2650	2730	2800	2840
	3000	3050	3150	3250	3550	3650	4000					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ / การดำเนินงาน

3.1 คำนวณหาแรงในการตัด

วัสดุ Polystyrol (pe) เบอร์ 500 - 574 มีค่า $\tau = 110\ N/mm^2$

$F = \tau * A$

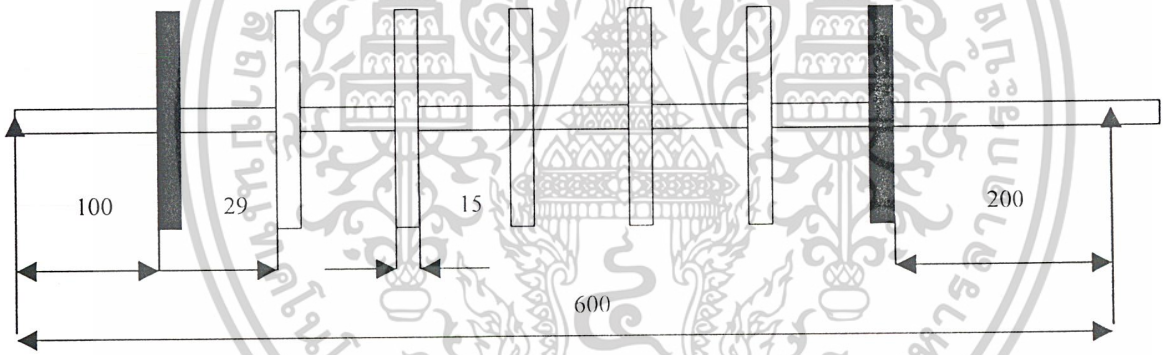
$= 0.06 * 0.015 * 0.003$

$= 2.7 * 10^{-6}$

เพราะฉะนั้น $F = 110*10^{6} * 2.7*10^{-6}$

$= 297\ N$

ในจำนวน cutter ทั้งหมด 7 ใบ มี 2ใบต้องตัดพร้อมกัน



คำนวณหาน้ำหนักของคัตเตอร์ (ความหนาแน่นของเหล็ก $\rho = 7.85\ kg/mm^3$) (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

$= [\phi 165 - \phi 30 - 3\Delta]*15$

$= [3.14 * 82.5^2 - 3.14 * 15^2 - 3(1/2 * 100 * 33.4)]*15$

$= 385123.875\ mm^3$

$= 385126.875 * 7.85*10^{-6}\ mm^3 . kg/mm^3$

$= 3.023\ kg$

คิดแรงเป็น N

$F = mg$

$= 3.023 * 9.81 = 9.658\ N$

จาก แรง - น้ำหนักคัดเตอร์

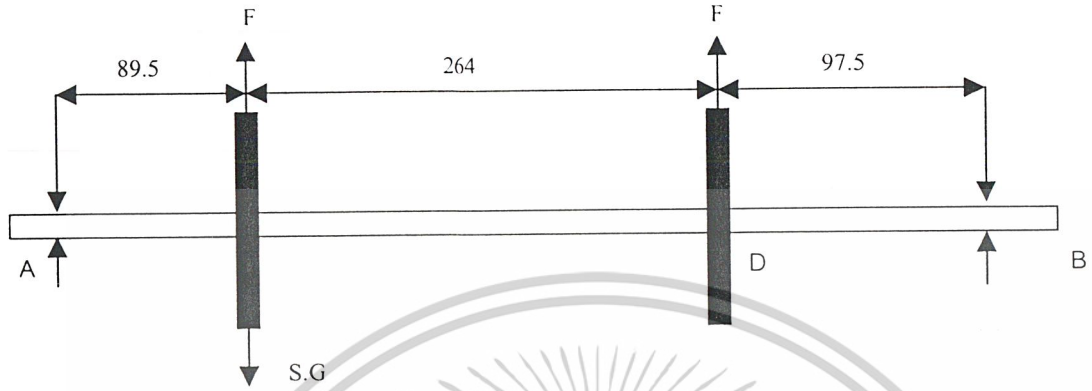
$= 297 - 29.658 = 267.342\ N$

เนื่องจากคัตเตอร์ มีการใช้แรงกระทำซ้ำทิศทางเดียว แรงกระแทกเล็กน้อย

$N = 3 \Longrightarrow \therefore F = 267.342 * 3 = 802.026\ N$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากมีการตัดพลาสติก 2 ใบ : 1 ครั้ง จึงคิดแค่ 2 คัตเตอร์ และอีกเหตุผลหนึ่งคือมีคัตเตอร์ 2,3,4,5,6 มีค่าน้อย 29.658 N จึงไม่น่ามีผลต่อระบบ



หาแรงปฏิกริยาในแนวดิ่ง (↑ +) Ma = 0

0 = 802.026(0.0895) + 802.026(0.3535) – Rb(0.451)

Rb = 787.799 N

Ra = (802.026 * 2) – 787.799 = 816.252 N

คิด B.F.D ที่จุด A = 0

คิด B.F.D ที่จุด C = 816.252(0.0895) = 73.054 N.m

คิด B.F.D ที่จุด D = 816.252(0.3535) – 802.026(0.264) = 76.810 N.m

คิด B.F.D ที่จุด B = 0

คิด S.F.D ที่จุด A = 816.252 N

คิด S.F.D ที่จุด C = 816.252 – 802.026 = 14.226 N

คิด S.F.D ที่จุด D =-14.226 – 802.026 = -787.8 N

คิด S.F.D ที่จุด B = 787.8 –7.87.8 = 0 N

วัสดุที่ใช้สำหรับทำเพลา โดยทั่วไปคือ(mild steel) และถ้าต้องการให้มีความเหนียวและทนต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษ เช่น AISI 3140 , 4150 , 4340 , 1347 จากการดูค่าในตารางเหล็กจึงเลือก

จากเหล็กเพลา AISI 1020 N (นอร์มัลไล)

$\sigma t = 64$ ksi , $\sigma y = 50$ ksi

จากสูตรออยเลอร์

$$d^3 = (16/\pi\tau)\left[(CtT)^2 + (CmM)^2\right]^{1/2} \quad (2.10)$$

จากตำรา

$$\tau_d = 0.3\sigma y \;;\; \tau_d = 0.18\sigma u \text{ (เลือกค่าน้อยสุดคำนวณ)} \quad (2.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ค่า

$$\tau_d = 0.3 * 50 * 6.895 = 103.425 \ N/mm^2$$

เนื่องจากเพลามีร่องลิ่มจึงใช้ที่ประสิทธิภาพ 75%

$$\therefore \tau_d = 103.425(0.75) = 77.568 \ N/mm^2$$

จากรูปโมเมนดัดสูงสุดคือ

$$ME = 76.81 \ N.m$$

หาค่า $Torqe = F * r$

$$= F * N * r$$

$$= 267.342 * 3 * 0.06 = 48.121 \ N.m$$

เลือกค่า Cm ,Ct จากตาราง 2.7

เพลาหมุน แรงสม่ำเสมอและกระตุกอย่างเบา

Cm = 1.5-2.0 ; Ct = 1.0-1.5

แทนค่าที่ได้ในสูตร (2.10)

$$D^3 = \{(16*1000)/(77.568*\pi)\}[(2*48.121)^2 + (1.5*76.81)^2]^{1/2}$$

$$\therefore d = 21.44 \cong 30 \ mm$$

จากค่า $\tau_d = 102.4 \ N/mm^2$

$$\tau_d = (Fmax / A)$$

$$= 816.252 / 3.14(12.5^2) = 1.66 \ N/mm^2$$

จากการคำนวณ $\tau_d > \tau$ใช้งาน

ความเค้นดึงหรือกดคิดแรงสูงสุดที่กระทำ

$$\sigma_a = 4F/\pi d^2$$

$$= 4(816.252 / \pi (25)^2 = 6.654 \ N/mm^2 \quad (2.1)$$

ความเค้นดัด

$$\sigma_b = (Mc / I) = (32*Md*Cm) / \pi d^4 \quad (2.2)$$

$$= (32*76810*2) / \pi(25)^3 = 100.195 \ N/mm^2$$

ความเค้นเฉือน

$$\tau_{xy} = Tr / J = 16Td.Ct / \pi d^4 \quad (2.3)$$

$$= 16(57284)*15 / \pi (25)^3 = 31.385 \ N/mm^2$$

ความเค้นกด หรือ ความเค้นดึงรวม

$$\sigma = \sigma_a + \sigma_b$$

$$= 6.654 + 100.195 = 106.849 \ N/mm^2 \quad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

$$\tau = \{(\tau_{xy}^2 + (\sigma/2)^2\}^{1/2} \quad (2.8)$$

$$= [(31.385)^2 + (106.849)^2]^{1/2} = 61.961 \ N/mm^2$$

จากการคำนวณ τ_d > τ ใช้งาน

3.2 สำหรับมุมบิดของเพลา

ค่า τ เพลาตัน = $\pi d^4/32$

$$\sigma = TL / GJ \quad (2.12)$$

$$= 584TL / Gd^4 \quad (2.13)$$

$$= (584*48121*600) / (205*10^3*25^4) = 0^\circ 1' 15.18''$$

3.3 คิดหาค่ากำลัง

จากขนาดของพูเลย์ที่กำหนดมา d1 = 76.2 mm , d2 = 203.2 mm และให้ความเร็วใบตัดเล็กมีความเร็ว 1440 rpm

$$n1d1 = n2d2$$

$$n2 = (76.2*1410) / 203.2$$

$$= 528.75. \ rpm$$

จากสูตร $P = 2\pi NT / (1000)$

$$= \frac{(2 * 3.14 * 48.121 * 528)}{1000 * 60} = 2.65 \ Kw$$

3.4 คำนวณหาแรงการตัดของคมตัดเล็ก

วัสดุ polysters (Pe 500- 574) $\tau = 110 \ N/mm^2$

$$F = \tau A$$

จากข้อกำหนดในการตัด 1รอบ จะตัดเศษได้น้ำหนัก ซึ่งต่อใบตัด1ใบ

$$\rho = 0.9 \ g/cm^3$$

น้ำหนัก = $F * \rho$

$$= (0.9g/cm^3)(0.2*0.5*0.02) \ cm^3$$

ซึ่งคิดความหนาน้อยสุด $1.8*10^{-3}$ g / ใบ / ครั้ง

เนื่องจากมีใบตัด36ใบ / รอบ

$$= 1.8*10^{-3}*36*10^{-3} = 6.48*10^{-5} \ kg$$

หาค่าแรงตัด

$$F = 110*10^0 \ N/m^2 \ (2*10^{-8}) \ m^2$$

$$= 2.2 \ N$$

เนื่องจากมีใบตัด36ใบจะทำการตัดพร้อมกันทั้งหมดจะมีแรงเท่ากับ

$$36 F = 2.2*36 \ N$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \quad 79.2 \text{ N}$$

หาค่า Torqe

$$T \quad = \quad 79.2(0.055) = 4.356 \text{ N*m}$$

3.5 คำนวณหาค่ากำลัง

จากขนาดพู่เล่ย์ที่กำหนดมาให้ D1= 76.2mm D2 = 203.2 mm

ให้ความเร็วรอบใบตัดชุดเล็กมีความเร็ว 1410 rpm

$$P = (\pi TN) / (1000*60)$$

$$= (2*4.356*1410*3.14)/(1000*60)$$

$$= 0.642 \text{ kw}$$

คำนวณหาอัตราการผลิตจาก1ครั้งที่ใบตัดพร้อมกัน

$$= 6.48*10^{-5} \text{ kg}$$

ถ้าที่ความเร็ว 1410 rpm

$$= 6.48*10^{-5}*1410 = 0.0913 \text{ kg/min}$$

$$= 0.0913 * 60 = 5.48 \text{ kg / hr}$$

ถ้าคิดประสิทธิภาพ 70 %

$$= 3.83 \text{ kg / hr}$$

3.6 การคำนวณหาลิ่ม

ลิ่มสี่เหลี่ยมผืนผ้าและลิ่มสี่เหลี่ยมจัตุรัส ตามกำหนดขนาดมาตรฐาน ISO /RT73 ลิ่มชนิดนี้มักใช้กับเครื่องจักรกลอุตสาหกรรม ถ้ามีพื้นที่หน้าตัดเท่ากันตลอดความยาว เรียกว่า เฟียเธอร์คีย (feather key) มักใช้กับงานที่ต้องการให้คุมล้อเลื่อนไปบนเพลาได้ และถ้า ISO/R 774 ซึ่งเป็นลิ่มเรียว ที่มีความลาดประมาณ1:10

โดยทำให้ลาดทางด้านความสูง ส่วนความกว้างคงเดิม

โดยทั่วไปแล้วนิยมใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ(0.2%)ที่ผ่านการรีดเย็นมา ในการใช้ทำลิ่ม หรืออาจใช้เหล็กกล้าผสมแล้วผ่านการชุบแข็งตามคำแนะนำของขนาดมาตรฐาน ISO ทั้งหมดควรเลือกวัสดุความตึง ไม่น้อยกว่า600 N/mm^2

ใช้เหล็ก AISI 1020 CD (CD = ผ่านการรีดเย็น)

$$\sigma_t = 78 \text{ ksi} = 78 * 6.895 = 537.81 \text{ N/mm}^2$$

ค่าความอัดใช้งานของวัสดุลิ่ม

$$\sigma_{cd} = \sigma_y / N_y \qquad (2.21)$$

$$= 66*6.895 / 2.5 = 182.028 \text{ N/mm}^2$$

(Ny = 2.5 เมื่อมีแรงกระตุกเล็กน้อย)

เนื่องจากถ้าลิ่มและเพลาทำจากวัสดุชนิดเดียวกัน ก็สามารถจะหาความยาวลิ่มได้โดยถือว่า ลิ่มและเพลารับโมเมนบิดเท่ากัน

ลิ่มมีแรงกระทำอยู่สองแบบ

1. แรงจากการสวมอัดบนลิ่ม
2. แรงเนื่องจากการส่งโมเมนต์บิดทำให้เกิดความเค้นอัด , เฉือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T = (bl\tau d / 2) = (\tau d^3 \pi) / 16 \quad (2.16)$$

จาก $$l = \pi d^2 / 8b = \pi d / 2 = 1.57d \quad (2.20)$$

$$\therefore le = 1.57*30 = 47.1 \text{ mm} \cong 50 \text{ mm}$$

b = ความกว้าง

แต่เมื่อลิ่มคิดว่าโดนอัดแตก

$$T = Fd / 2 = hl\sigma_c d / 4 \quad (2.18)$$

$$\therefore T = (7*50*182.028*30) / 4 = 477.823 \text{ KN/mm}^2$$

ตรวจสอบความเค้นเฉือนบนลิ่ม

$$\tau = 2T / bld \quad (2.16)$$

$$= (2*477823) / (8*50*30) = 79.6372 \text{ N/mm}^2$$

ค่าความเค้นเฉือนใช้งานจากวัสดุ AISI 1020 CD ลดความเครียดในลิ่ม

$$\tau_d = 0.6\sigma_{cd} \quad (2.17)$$

$$= 0.6 * 182.028 = 109.21 \text{ N/mm}^2$$

$$\therefore \tau_d > \tau \text{ ใช้งาน}$$

ดังนั้นเลือกใช้ลิ่มความยาว 50 mm ขนาดลิ่มสี่เหลี่ยมผืนผ้า ISO/ R774-A8 7*50

3.7 คำนวณลิ่มชุดคมตัดเล็ก

ใช้วัสดุ AISI 1020 CD

$\sigma t = 78$ ksi ; $\sigma y = 66$ ksi

ค่าความเค้นของลิ่ม

$$\sigma cd = \sigma y / Ny \quad (2.21)$$

$$= (66 * 6.895) / (2.5) = 182.082 \text{ N/mm}^2$$

(Ny = 2.5 เมื่อมีแรงกระตุกเล็กน้อย)

เนื่องจากเมื่อลิ่มและเพลาทำจากวัสดุเดียวกัน ก็จะสามารถหาความยาวลิ่มได้โดยคือว่าลิ่มและเพลารับโมเมนต์บิดเท่ากัน

$$L = (\pi d^2) / (8) = (\pi d) / 2 = 1.57 d \quad (2.20)$$

$$Lc = 1.57*20 = 31.4 \cong 30 \text{ mm}$$

แต่เมื่อคิดว่าลิ่มโดยอัดแตก

$$T = (Fd) / 2 = (hl\sigma cd) / 4 \quad (2.18)$$

$$= (6 * 30 * 182.028 * 20) / 4 = 16.382 \text{ kN / mm}^2$$

ตรวจสอบความเค้นเฉือนบนลิ่ม

$$\tau = (2T) / (b/d) \quad (2.16)$$

$$= (2 *16382.5) / (6 * 20 * 30) = 91.014 \text{ N/mm}^2$$

ค่าความเค้นใช้งาน

$$\tau d = 0.6 \tau cd \quad (2.17)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$= 0.6 * 182.028 = 109.21 \quad N/mm^2$

$\tau d > \tau all$

ดังนั้นเลือกใช้ลิ่มความยาว 30 mm ขนาดลิ่มสี่เหลี่ยมผืนผ้า ISO/ R774-A 6*6*30

3.8 การคำนวณสายพานลิ่ม

กำลังที่ต้องการส่ง wp = 0.75 kw

ตัวประกอบใช้งาน Ns = 1.2

Wp.Ns = 0.75(1.2) = 0.6 kw

เลือกสายพานหน้าตัด A จากตารางเลือกสายพาน

อัตราทด mw = n1 / n2 = 1410 /500 = 2.9

เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานเล็ก

dp = 112mm

ดังนั้น Dp = mw. Dp = 112*2.9 = 324.8 mm

ใช้ค่าความห่างศูนย์กลาง(c)จากระยะของเครื่อง C = 300 mm

หาความยาวพิตช์โดยประมาณจากสมการ

$Lp = 2c+1.57(Dp + dp) + (Dp + dp)^2 /4c$

$= 2(300)+1.57(324.8+112)+((324.8-112)^2 / 4(300))$

$= 1325.51$ mm

หาความเร็วสายพาน

$V = \pi dpn = \pi ((112 /1000) / (1450/60)) = 0.0145 \quad m / s$

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง

$F = wp / v = 0.75(1000) / 0.0145 = 51.724$ KN

ล้อสายพานขนาด 112 mm อัตราทด 2.9 และ

N = 1410 rpm

PR = 2.11 kw

(Dp-dp) / c = (324.8-112) / 300 = 0.7

ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส

Na = 0.35

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน

N1 = 0.96

กำลังที่สายพานลิ่มจำนวนหนึ่งเส้นส่งได้

$Z = (wp * Ns) / (PR * Na * N1)$

$= ((0.75*1.2) / (2.11*0.35*0.96))$

$= 1.52$

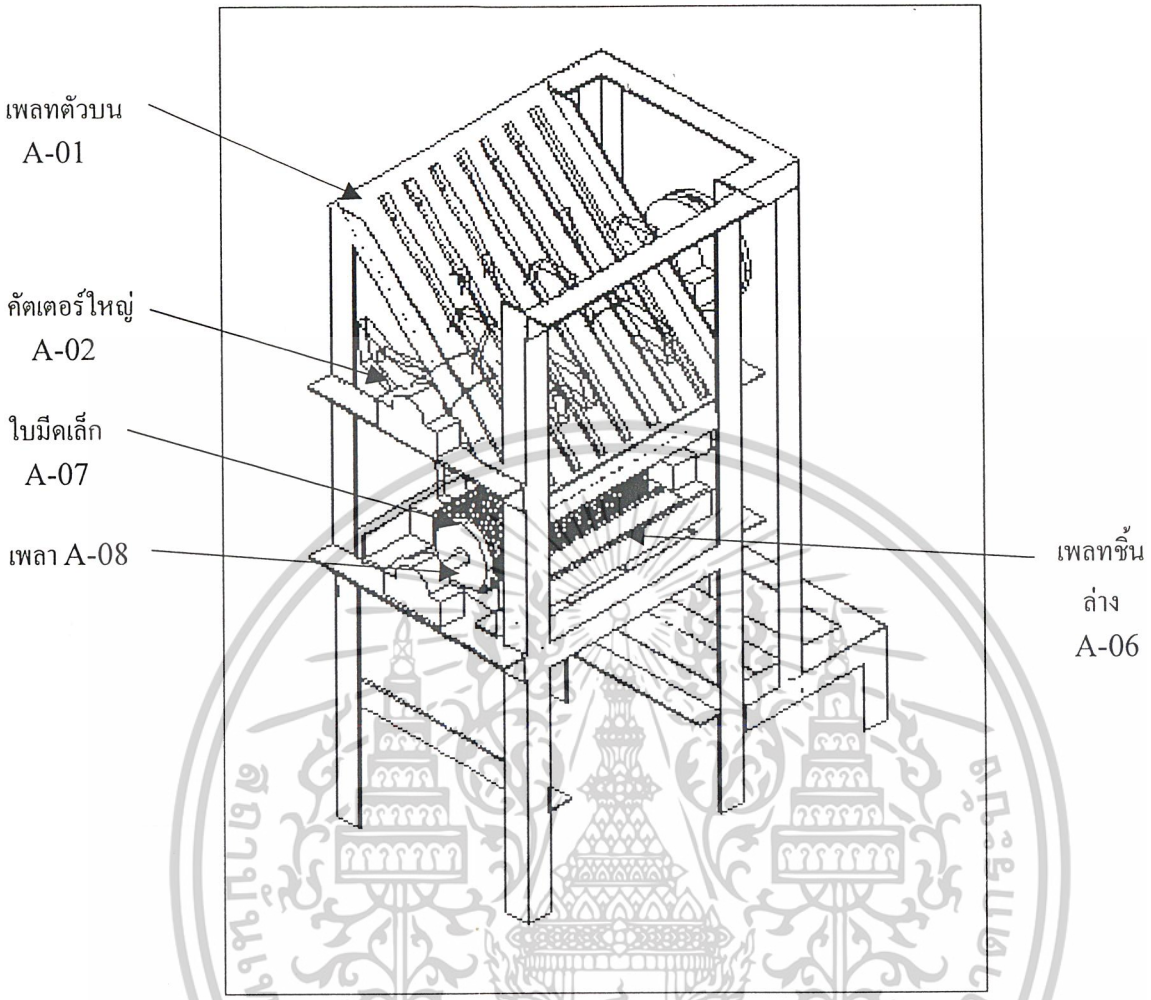
ดังนั้นจะต้องเลือกใช้สายพานหน้าตัด A จำนวน 2 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

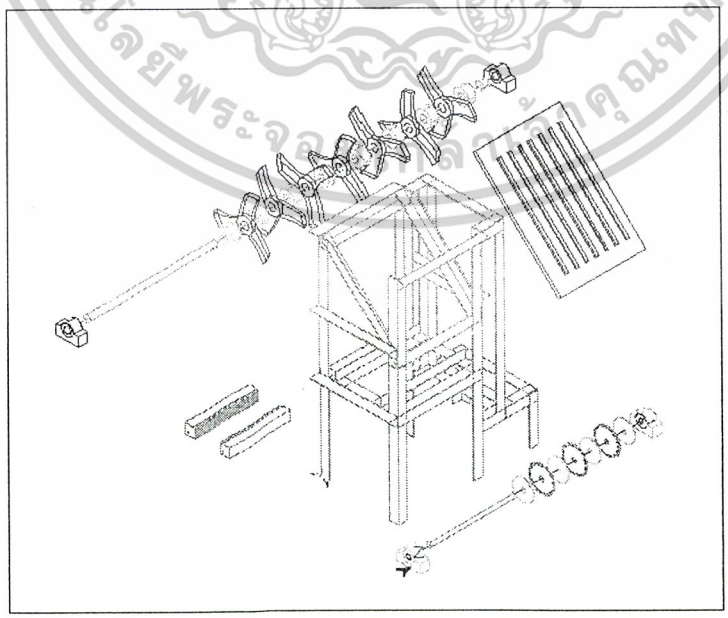
3.9 อุปกรณ์ทางด้านโครงสร้าง

1. เหล็กฉากขนาด 1 ½" x 600 มิลลิเมตร
2. เหล็กแผ่นสำหรับปิดโครง
3. เหล็กเพลากลม ST 37 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 32 x 610 มิลลิเมตร
4. เหล็กเพลากลม ST 50 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 x 600 มิลลิเมตร
5. เหล็กเพลากลม ST 37 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 44 x 240 มิลลิเมตร
6. เหล็กเพลากลม ST 33 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 x 600 มิลลิเมตร
7. เหล็กแผ่น SKS 9 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 275 มิลลิเมตร หนา 15 มิลลิเมตร 7 แผ่น
8. เหล็กแผ่น ST 50 ขนาด 360 x 510 x 14 มิลลิเมตร
9. เหล็กแผ่น ST 50 ขนาด 50 x 325 x 16 มิลลิเมตร
10. ใบคัตเตอร์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร จำนวน 37 ใบ
11. ลิ่มสี่เหลี่ยม ขนาด 8 x 7 x 300 มิลลิเมตร จำนวน 2 ท่อน
12. ลิ่มสี่เหลี่ยม ขนาด 6 x 6 x 300 มิลลิเมตร จำนวน 2 ท่อน
13. แบริ่ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 28 มิลลิเมตร จำนวน 1 คู่
14. แบริ่ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.4มิลลิเมตร จำนวน 1 คู่
15. แบริ่ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร จำนวน 1 คู่
16. พู่เลย์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว หน้าตัด A 2 ล่อง
17. พู่เลย์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว หน้าตัด A 2 ล่อง
18. สายพาน V – Belt จำนวน 2 เส้น
19. คัปปิ้ง 1-3 แรงม้า
20. สกรู M 6x1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงภาพโดยรวมของตัวเครื่อง



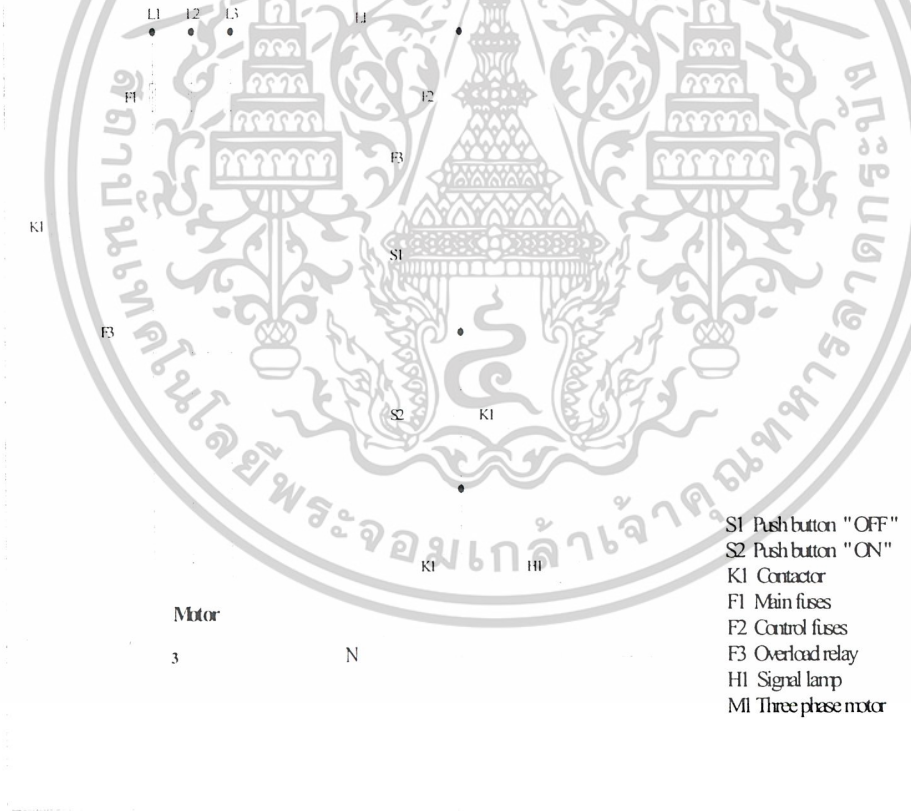
รูปที่ 3.2 ภาพแสดงการแยกชิ้นงานก่อนการประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 อุปกรณ์ทางด้านชุดควบคุม

รายการราคาอุปกรณ์ชุดควบคุม

1. ปลั๊ก 3 เฟส
2. เบกเกอร์ 30 แอมป์
3. แมเนติกส์พร้อมโอเวอร์โหลด
4. ฟิวส์
5. สวิทช์ 2 อัน
6. หลอดไฟ3 ดวง



รูปที่ 3.3 วงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

F3 โอเวอร์โหลดรีเลย์แบบคอนแทคปรับได้ 2 ทาง จุดปกติเปิดของ F3 ต่อไปยังเครื่องให้สัญญาณ เช่น หลอดสัญญาณ , หวูด เป็นต้น เมื่อเกิดโอเวอร์โหลด เนื่องจากมอเตอร์ใช้กระแสมากกว่าปกติ F3 จะเปลี่ยนตำแหน่งมาต่อให้หลอดสัญญาณ H1 ทำงานและตัดวงจรควบคุมออกมอเตอร์จึงหยุดทำงาน เมื่อเกิดโอเวอร์โหลดแต่แบบนี้ H1 จะทำงานชั่วครู่ เมื่อ F3 เย็นตัวลงหลอด H1 ก็จะดับ

3.11 แผนการทดสอบ

1. เตรียมพลาสติกชนิดขวด ประเภท PE ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 88 มิลลิเมตร ปริมาณ 50 กิโลกรัม
2. เตรียมพลาสติกชนิดขวด ประเภท PETE ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 68 มิลลิเมตร ปริมาณ 1 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

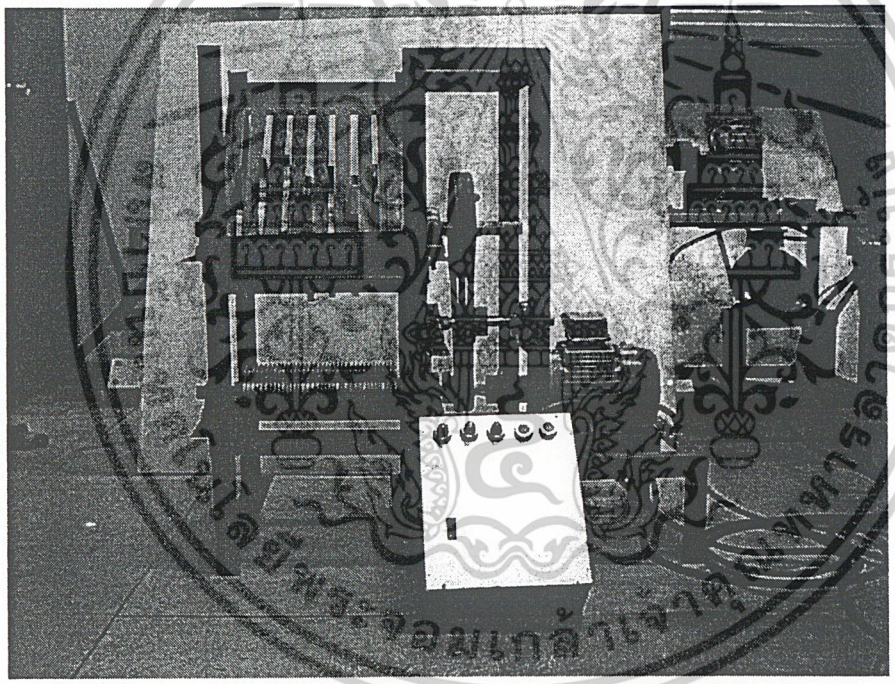
บทที่4

การทดลอง

การออกแบบเครื่องบดพลาสติกผู้จัดทำได้ออกแบบเป็นเครื่องบดที่มีการแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนของวงจรควบคุมโดยในส่วนของวงจรควบคุมจะมีตัวป้องกันกระแสเกินและตัวป้องกันการลัดวงจรอยู่ในส่วนของตัวเครื่องจะมีใบมีดบดตัด 2 ชุด โดยชุดแรกจะทำการตัดให้เป็นชิ้นใหญ่ก่อนจากนั้นจะทำการบดโดยชุดเล็กจะมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการดำเนินงานด้านโครงสร้าง

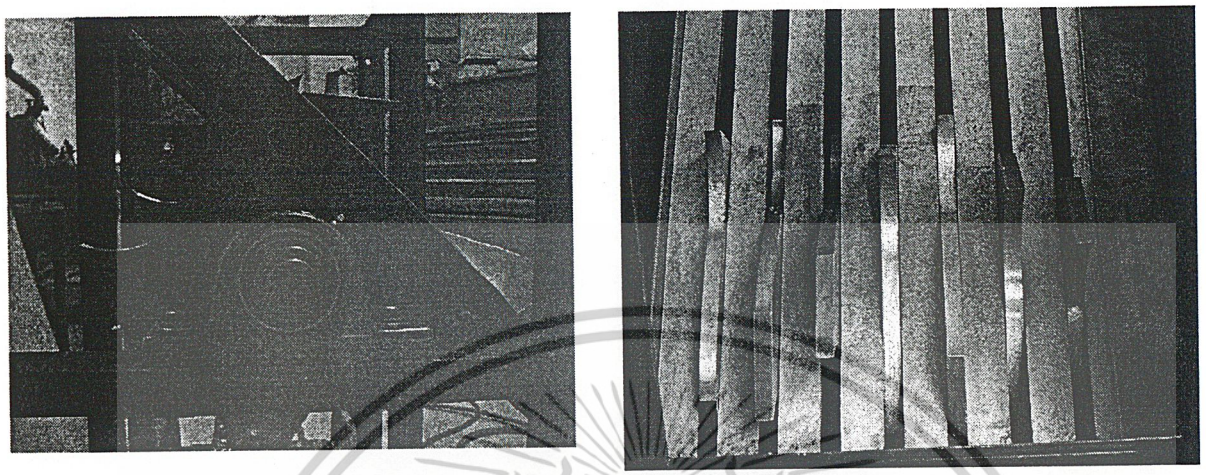
ส่วนของโครงสร้างเครื่องจะใช้เหล็กฉากขนาดเนิ้วครึ่งโดยมีลักษณะการออกแบบเป็นแบบง่ายๆ โยมีความสูง 90 เซนติเมตร กว้าง 43 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตร



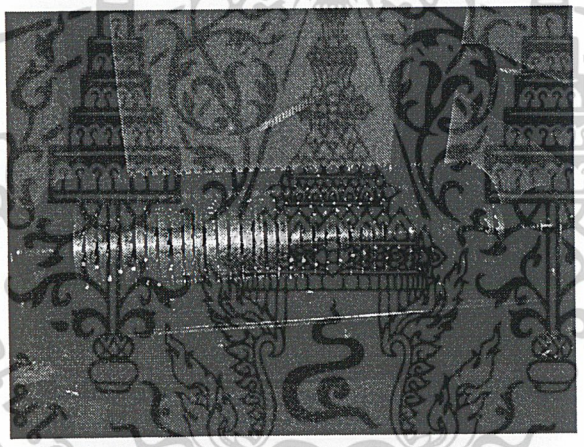
รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

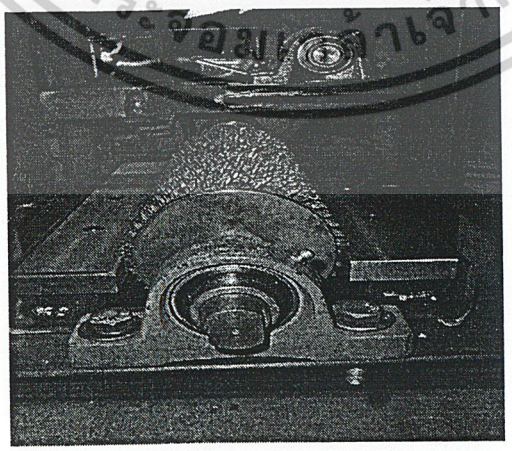
ใบมีดชุดใหญ่จะอยู่ชั้นบนทำหน้าที่เป็นใบมีดตัดให้พลาสติกที่ต้องการบดมีชิ้นใหญ่ก่อนที่จะลงสู่ใบมีดชั้นล่างใบมีดคมตัดใหญ่จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 270 มิลลิเมตร หนา 12 มิลลิเมตรมีจำนวน 7 ใบ และมีชุดรองรับคมตัดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมหนา 12 มิลลิเมตร และมีร่องจำนวน 7 ร่องเพื่อให้ใบคัตเตอร์หมุนอยู่ ภายในร่องจะมีขนาด 13 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.2 แสดงใบมีดชุดใหญ่และตัวรองรับคมตัด

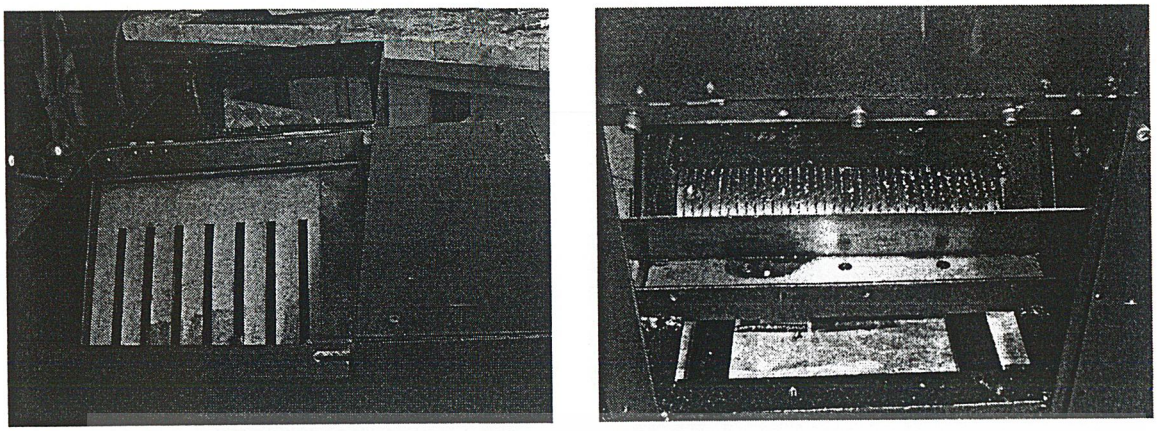


รูปที่ 4.3 แสดงชุดใบมีดของคมตัดชุดล่างและตัวรองรับคมตัด

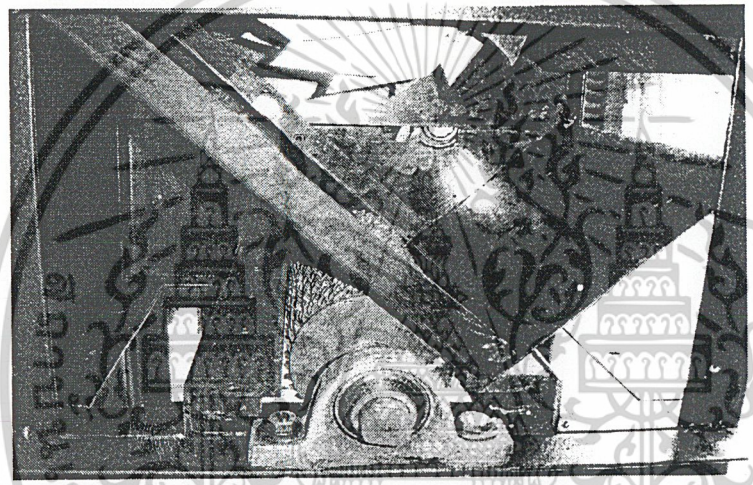


รูปที่ 4.4 แสดงชุดใบมีดเล็ก

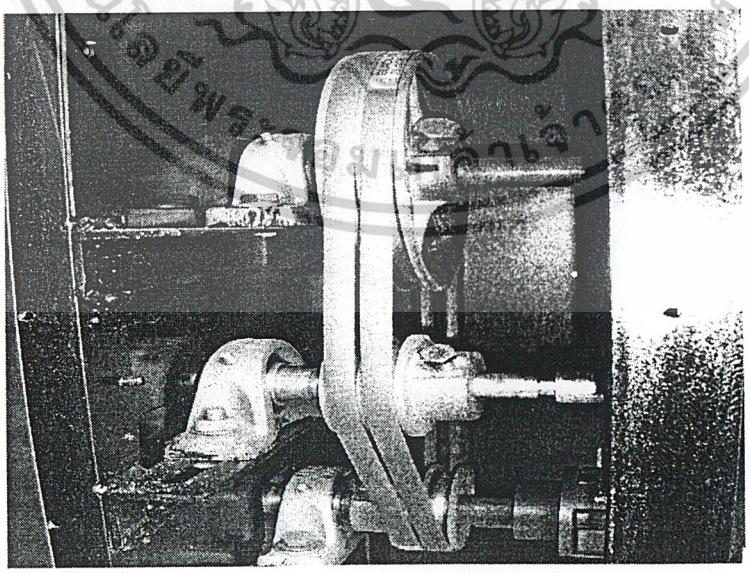
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงการเปิดฝาของเครื่องเพื่อจะทำความสะอาดได้

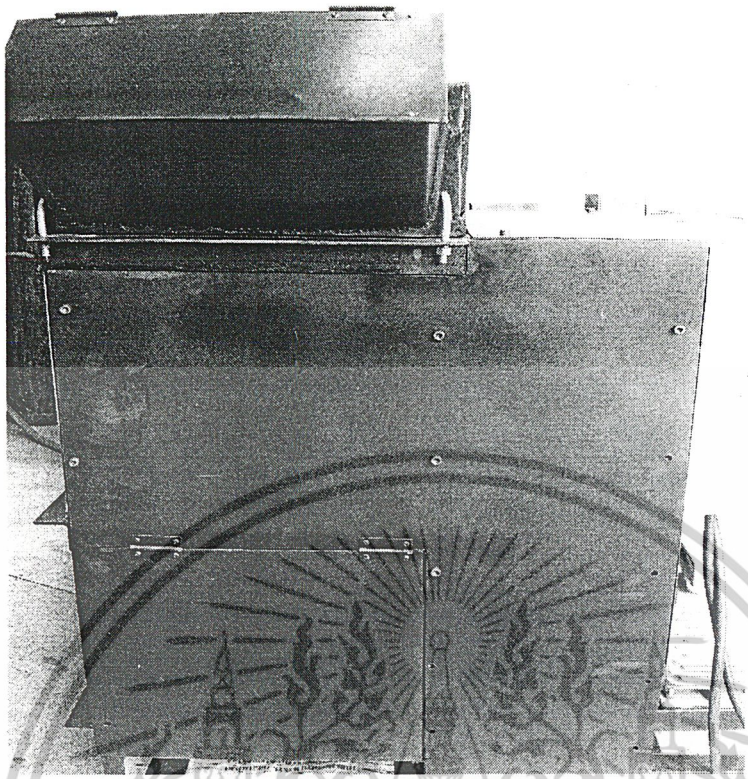


รูปที่ 4.6 แสดงทางลงของพลาสติกจากใบมีดชุดบน



รูปที่ 4.7 แสดงชุดการส่งถ่ายกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



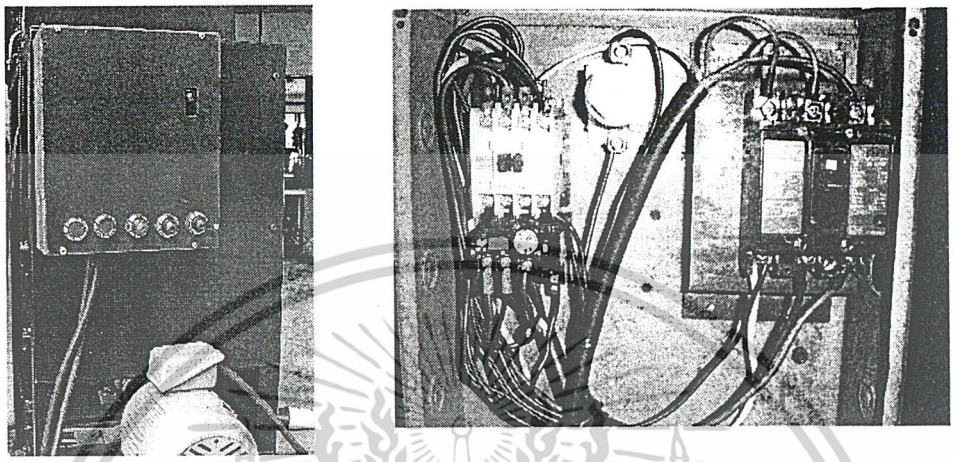
รูปที่ 4.8 เครื่องบดพลาสติก

รูปที่ 4.9 ลักษณะของพลาสติกที่ถูกบดอัดราบดพลาสติกอยู่ที่ 41.6 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลของการดำเนินงานชุดควบคุม

ชุดควบคุมที่ใช้จะเป็นระบบกึ่งอัตมัติจะใช้เบรคเกอร์ควบคุมคู่กับฟิวส์เพื่อป้องกันการลัดวงจรมีชุดโอเวอร์โหลดทำหน้าที่ป้องกันกระแสมีแมคเนติกส์เป็นอุปกรณ์ช่วยในการเปิดปิด เมื่อมีพลาสติกติดค้างอยู่ที่ใบทำให้มอเตอร์หยุดหมุนชุดโอเวอร์ดโหลดจะทำการตัดกระแสที่เข้ามอเตอร์เพื่อป้องกันการเสียหายของมอเตอร์



รูปที่ 4.10 แสดงชุดควบคุมและการต่อวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาในการออกแบบเครื่องบดขวดพลาสติกได้ผลดังต่อไปนี้ เครื่องมีขนาดความกว้าง 43 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตร สูง 110 เซนติเมตร หุ้มด้วยเหล็กแผ่นหนา 1.2 มิลลิเมตรใช้ใบมีดตัด 2 ชุด ชุดบนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบตัดหยาบ 270 มิลลิเมตร หนา 15 มิลลิเมตร ทำหน้าที่ให้ขวดพลาสติกมีขนาดเล็กลงก่อนโดยใช้ความเร็วรอบ 520 รอบต่อวินาที ส่วนใบตัดชุดเล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด110 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตรโดยใช้ความเร็วรอบ 1,410 รอบต่อวินาที โดยใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ไฟฟ้ากระแสสลับ 3เฟส 4โพลเป็นต้นกำลังและส่งถ่ายกำลังด้วยสายพานวีเบลล์หน้าตัดเอ ใช้วงจรควบคุมแบบเดลต้าใช้แมคเนติกส์เป็นอุปกรณ์ช่วยในการควบคุม โครงสร้างใช้เหล็กฉากขนาด 1.5 นิ้ว เศษที่ย่อยออกมาจะมีขนาดประมาณ 7x3 มิลลิเมตร

5.2 สรุปผลของการทดสอบเครื่องบดขวดพลาสติก

- ใส่ขวดน้ำพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตรลงไปที่ช่องใส่
- ผ่านชุดคมตัดใหญ่โดยใช้การใส่ที่ละขวด
- ผ่านชุดคมตัดเล็กโดยได้จากการตัดจากชุดคมตัดใหญ่
- ทดสอบการบดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- เศษจากการบด 41.6 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

5.3 การอภิปรายผลการทดลอง

1. ขนาดของเครื่องบดขวดพลาสติก มีขนาดที่เหมาะสมกับการใช้งานและมีราคาที่ถูกกว่าเครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศ
2. ชุดคมตัดสามารถปรับแต่งให้คมได้โดยใช้หัวเจียรนัยบ๊อช (bosh) ส่วนชุดคมตัดเล็กสามารถเปลี่ยนใหม่ได้ซึ่งมีขายอยู่ตามท้องตลาดและราคาถูก
3. ชุดคมตัดสามารถตัดขวดพลาสติกทั้ง 2 ชุดคมตัด

เพื่อสามารถจัดเก็บและขนย้ายเศษพลาสติกได้ง่ายขึ้นในปริมาณที่มากขึ้นและเป็นการเพิ่มคุณค่าในทางเศรษฐศาสตร์ไม่ให้เกิดความสูญเปล่าจากของเหลือใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1.ดร.วริทธ์ อึ้งภากรณ์และชาญ ถนัดงาน. “การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม1”.ซีเอ็ดยูเคชั่น,2521

2.ดร.วริทธ์ อึ้งภากรณ์และชาญ ถนัดงาน. “การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม2”.ซีเอ็ดยูเคชั่น,2521

3.ผศ. อำนาจ ทองผาสุขและผศ. วิทยา ประยงค์พันธุ์. “ การควบคุมมอเตอร์”. ยูไนเต็ดบุ๊กส์,2531

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
แบบโครงสร้างอุปกรณ์ทางด้านโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

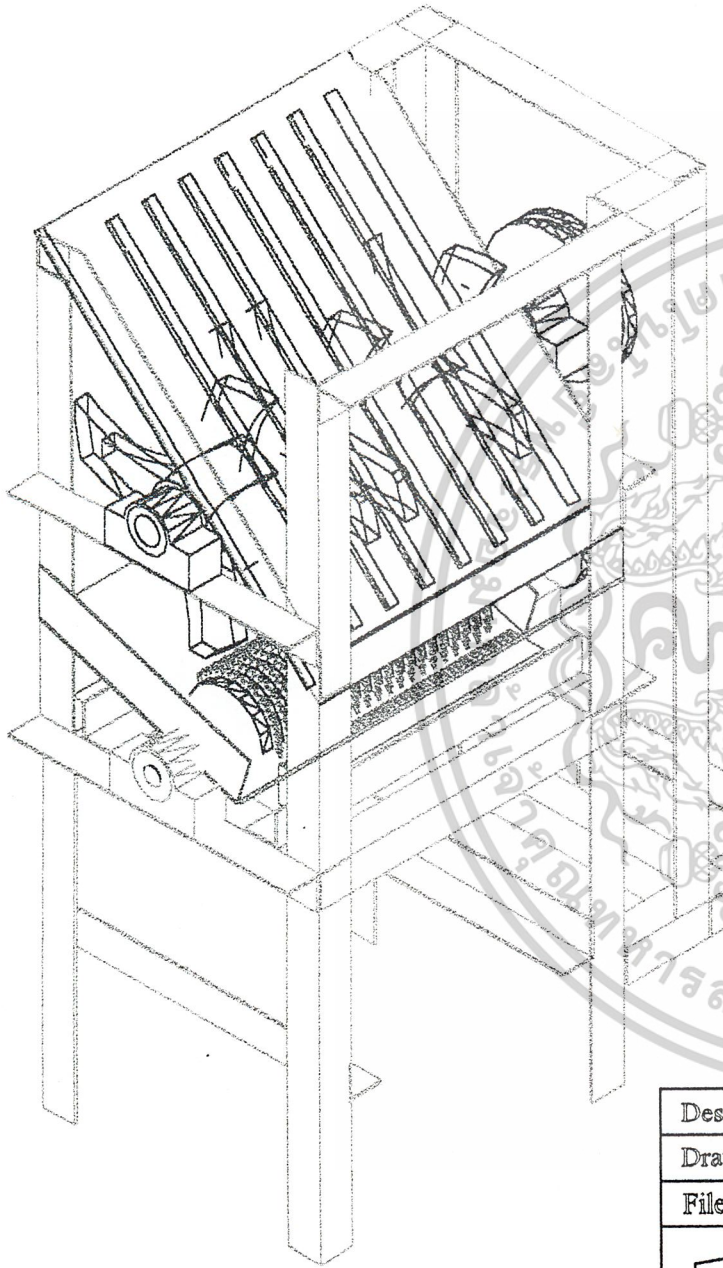
ราคาอุปกรณ์ไฟฟ้า

รายการอุปกรณ์	จำนวน	ราคา
ปลั๊ก 3 เฟส	1	150
เบกเกอร์ 30A	1	350
แมกเนติกส์พร้อมโอเวอร์โหลด	1	500
ฟิวส์	1	100
Push Button 2 ตัว	2	200
หลอดไฟ 3 ดวง	3	200
		1500

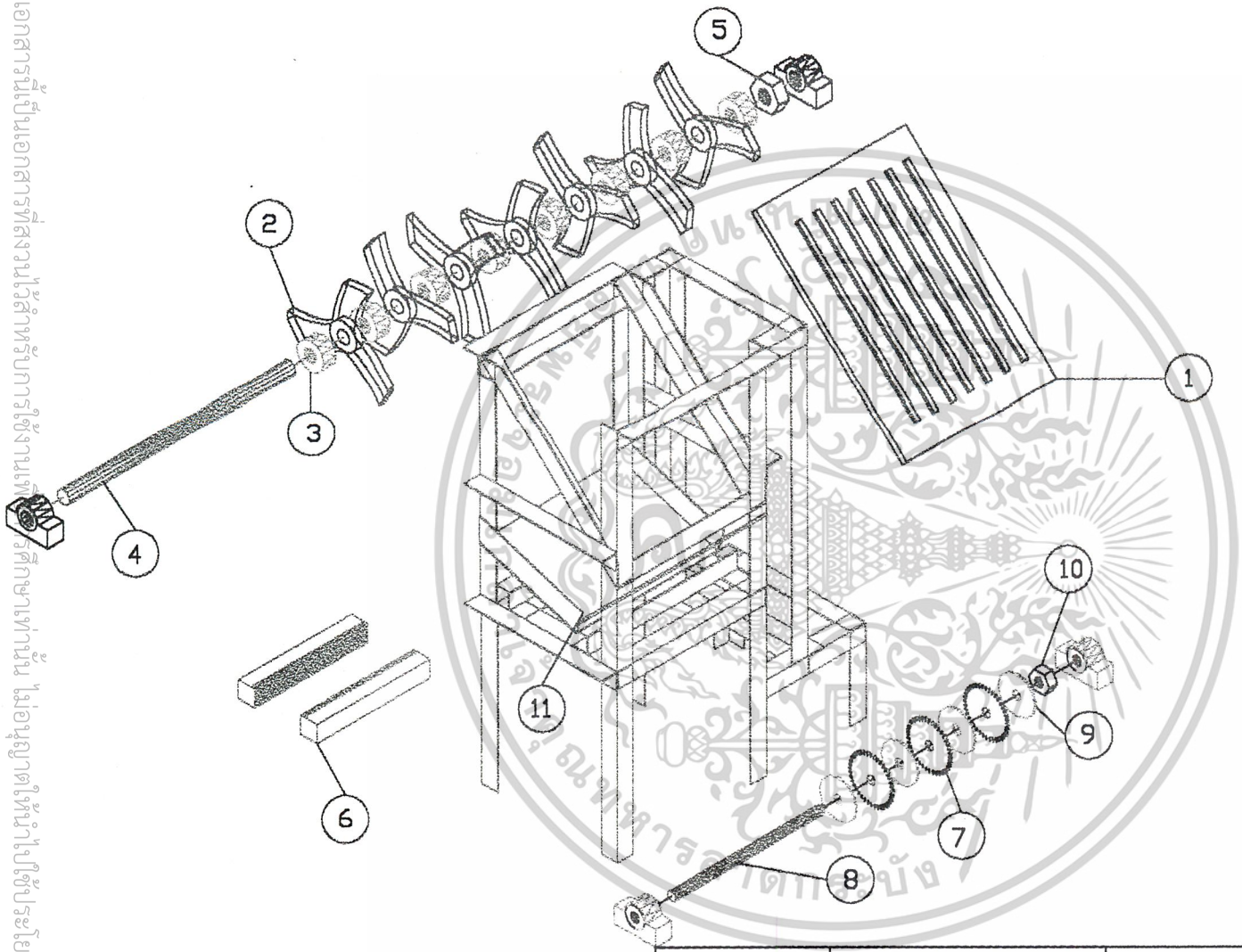
ราคาอุปกรณ์ทางด้านโครงสร้าง

รายการอุปกรณ์	จำนวน	ราคา
1. เหล็กฉากขนาด 1 ? " x 600 มิลลิเมตร	1	900
2. เหล็กแผ่นสำหรับปิดโครง	1	1200
3. เหล็กเพลากลม ST 37 Ø32 x 610 มิลลิเมตร	1	300
4. เหล็กเพลากลม ST 50 Ø 35 x 600 มิลลิเมตร	1	200
5. เหล็กเพลากลม ST 37 Ø 44 x 240 มิลลิเมตร	1	200
6. เหล็กเพลากลม ST 33 Ø 100 x 600 มิลลิเมตร	1	2100
7. เหล็กแผ่น SKS 9Ø 275 มิลลิเมตร หนา 15 มิลลิเมตร	7	3300
8. เหล็กแผ่น ST 50 ขนาด 360 x 510 x 14 มิลลิเมตร	1	1200
9. เหล็กแผ่น ST 50 ขนาด 50 x 325 x 16 มิลลิเมตร	1	160
10. ใบคัตเตอร์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร	37	4810
11. ลิ่มสี่เหลี่ยม ขนาด 8 x 7 x 300 มิลลิเมตร	2	180
12. ลิ่มสี่เหลี่ยม ขนาด 6 x 6 x 300 มิลลิเมตร	2	180
13 แบริ่ง Ø 28 มิลลิเมตร	2	700
14 แบริ่ง Ø 25.4 มิลลิเมตร	2	300
15 แบริ่ง Ø 25 มิลลิเมตร	2	500
16. พู่เล่ย์ Ø 8 นิ้ว หน้าตัด	1	200
17. พู่เล่ย์ Ø 3 นิ้ว หน้าตัด A 2 ล่อง	1	100
18. สายพาน V – Belt	2	90
19. คัปปิ้ง 1-3 แรงม้า	1	500
20 . สกรู M 6x1.0	30	200
		17,320.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



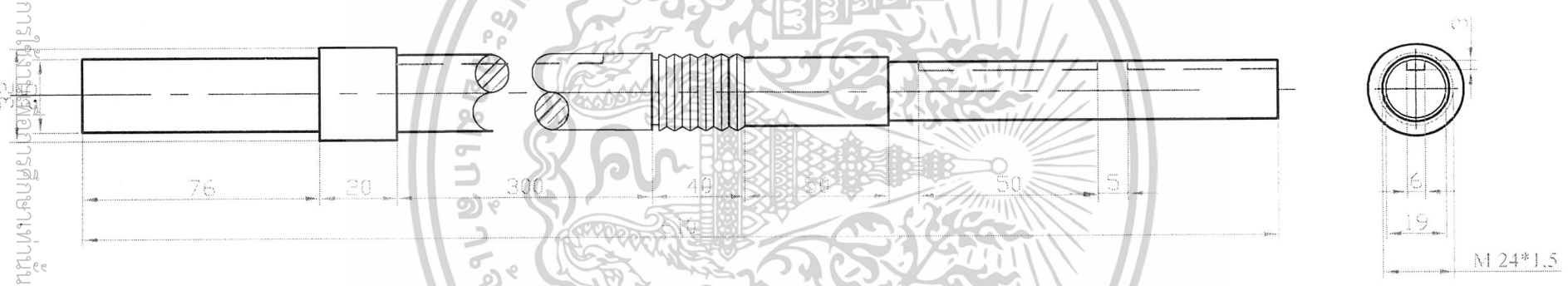
Designed By	Tawatchai Saeung	Date	Title PROJECT DRAWING ASSEMBLY 1
Drawn By	Sarun Maseng	Date	
File name ::			Sheet : ผ.3
	KMITL		Material :
			Dwg. No. Scale 1:3



No.	Part
1	Guide Plate
2	Large Cutter
3	Support Ring
4	Large Cutter Shaft
5	Cap Lock
6	Small Guide Plate
7	Small Cutter
8	Small Cutter Shaft
9	Support Ring
10	Caplock
11	Plate

Designed By	Tawatchai Saeung	Date	Title: PROJECT DRAWING ASSEMBLY 2
Drawn By	Sarun Maseng	Date	
File name :			Sheet : ผ.2
	KMITL		Material :
			Dwg. No. / Scale 1:3

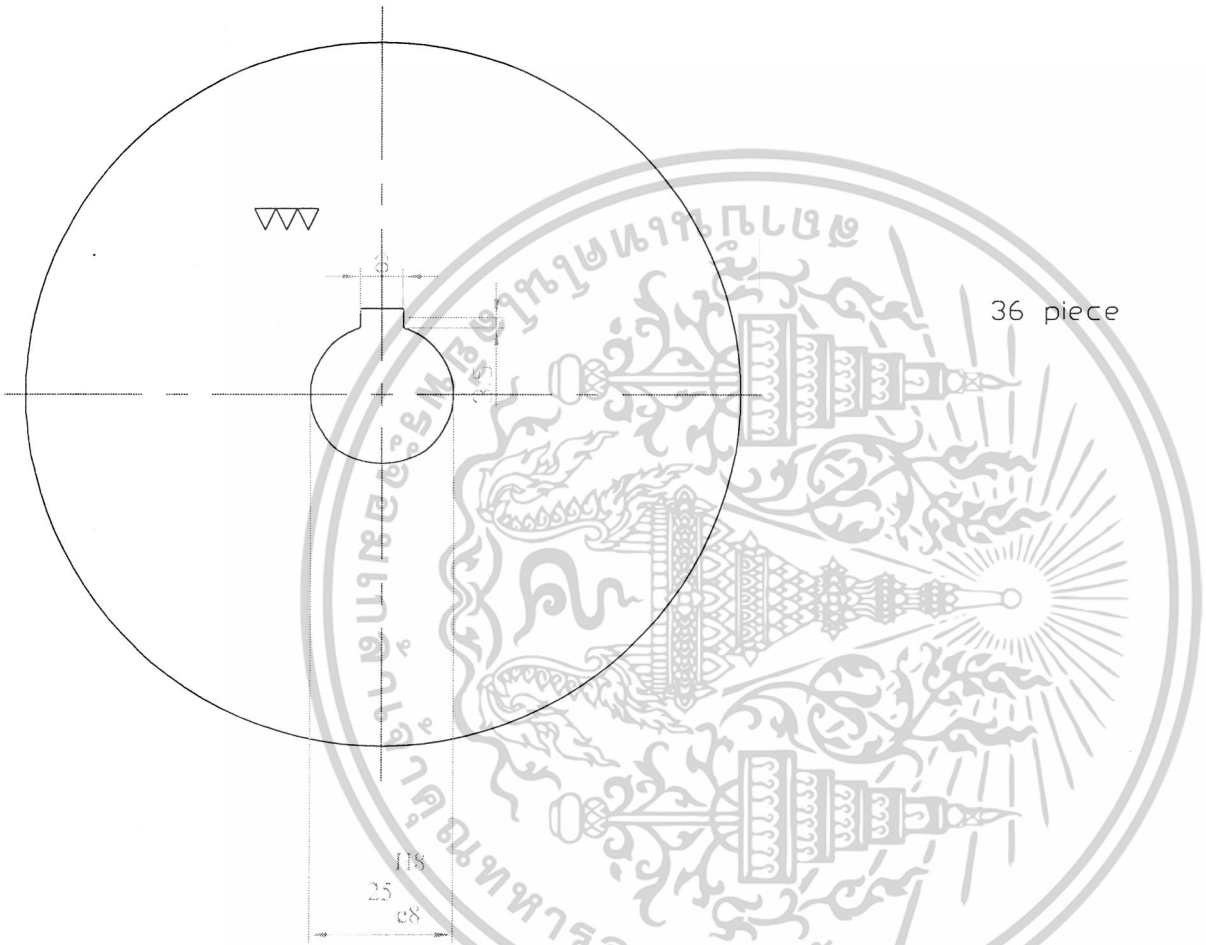
ผ.3

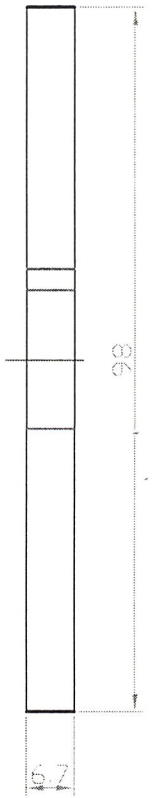


Designed By	Tawatchai Saeung	Date	Title: A-08- Small Cutter Shaft DWG.
Drawn By		Date	
File name :	Small Cutter Shaft		
KMITL			Material : St 37
			Dwg. No. A- 08 / Scale 1:2

ห้องสมุดวิทยบริการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง





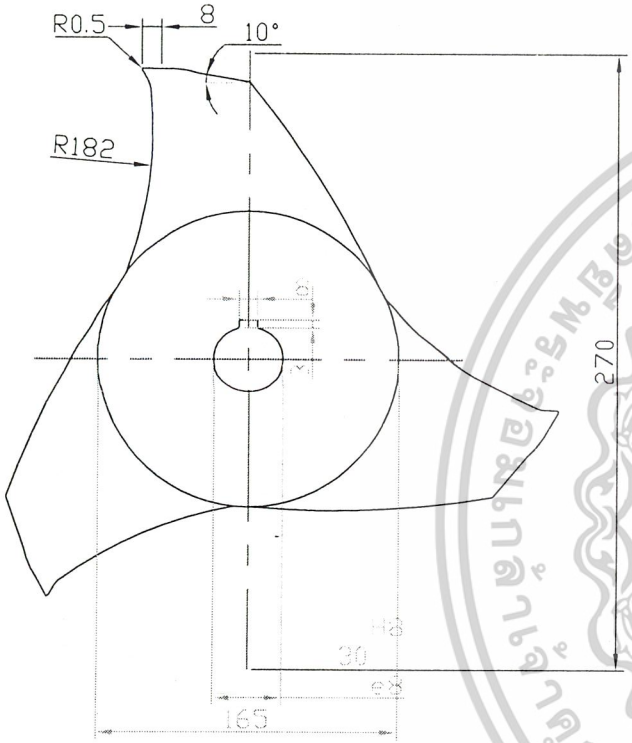
Designed By	Tawatchai Saeung	Date	Title: A-09-Support Ring DWG.
Drawn By	Sarun Maseng	Date	
File name :	Support Ring		
	KMITL		Material : St 33
			Dwg. No. A-09 / Scale 1:1

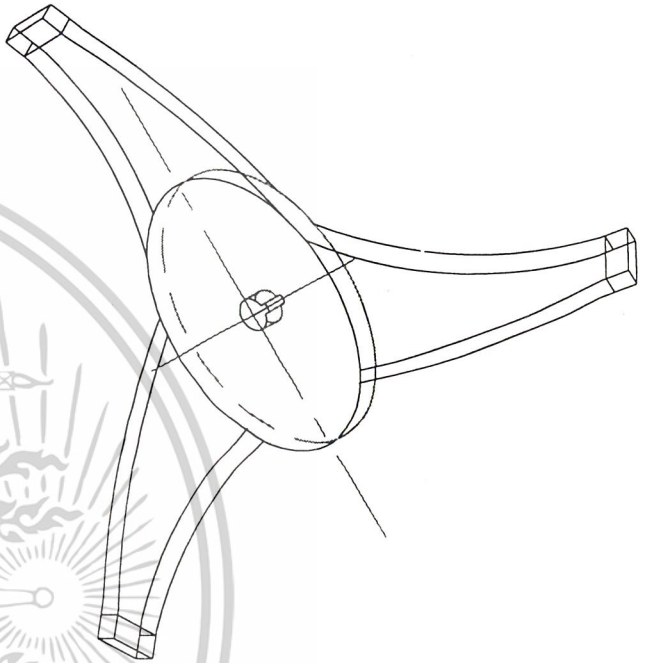
ม.6

Designed By	Tawatchai saeung	Date	Title: A-10-Cap Lock DWG.
Drawn By	Sarun Maseng	Date	
File name :	Cap Lock		
	KMITL		Material : St 37
			Dwg. No. A-10 / Scale 1:1

Designed By	Tawatchai sacung	Date	Title: A-05-Cap Lock DWG.
Drawn By	Sarun Maseng	Date	
File name ::	Cap Lock		
	KMITL		Material : St 37
			Dwg. No. A-05 / Scale 1:1

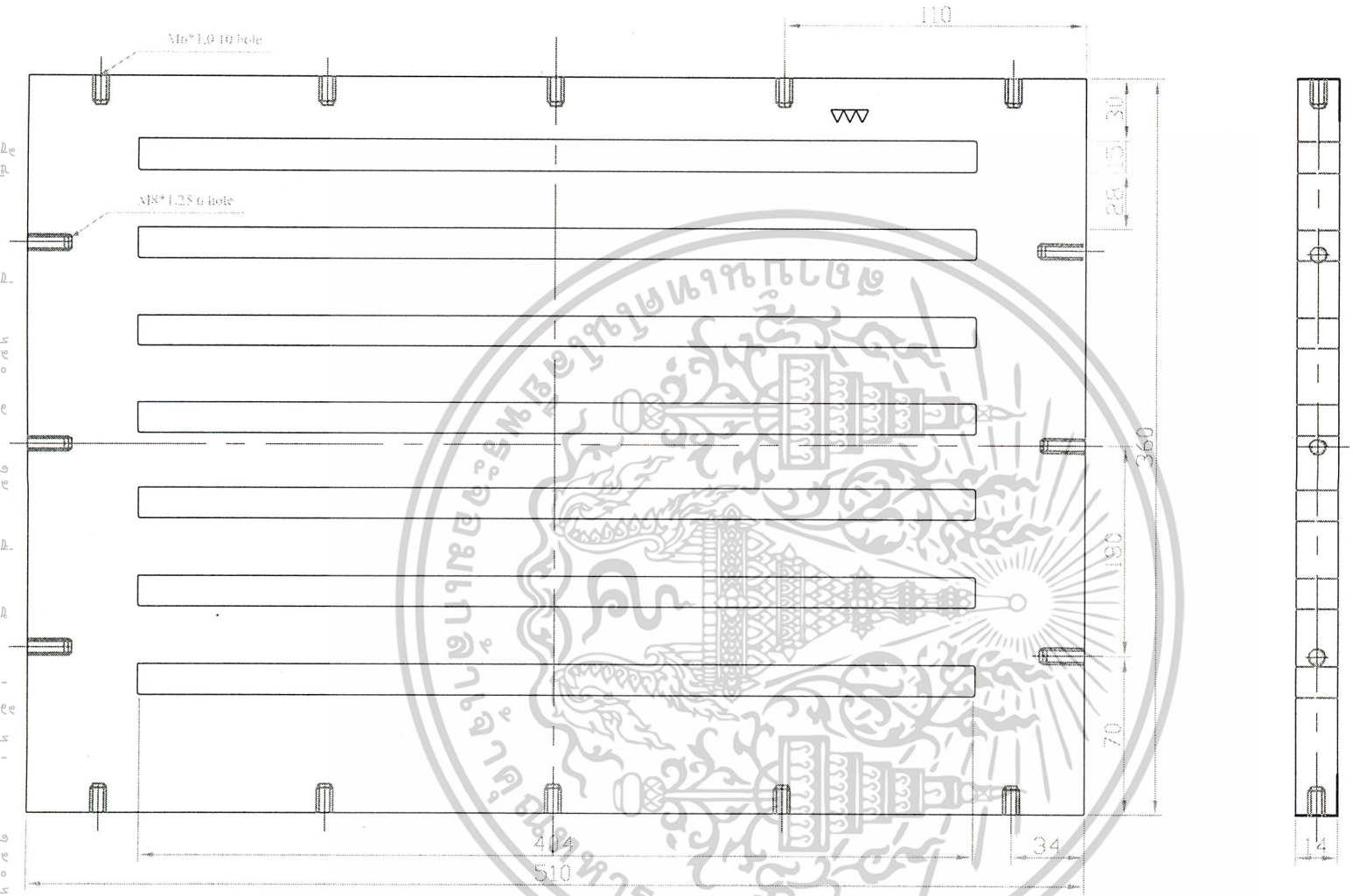
ห้องสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





Designed By	Tawatchai Saeung	Date	Title: A-02-Large Cutter DWG.
Drawn By	Sarun Maseng	Date	
File name :	Large Cutter		
	KMITL	Material : SKS 9	
		Dwg. No. A-02	Scale 1:3

ห้องสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

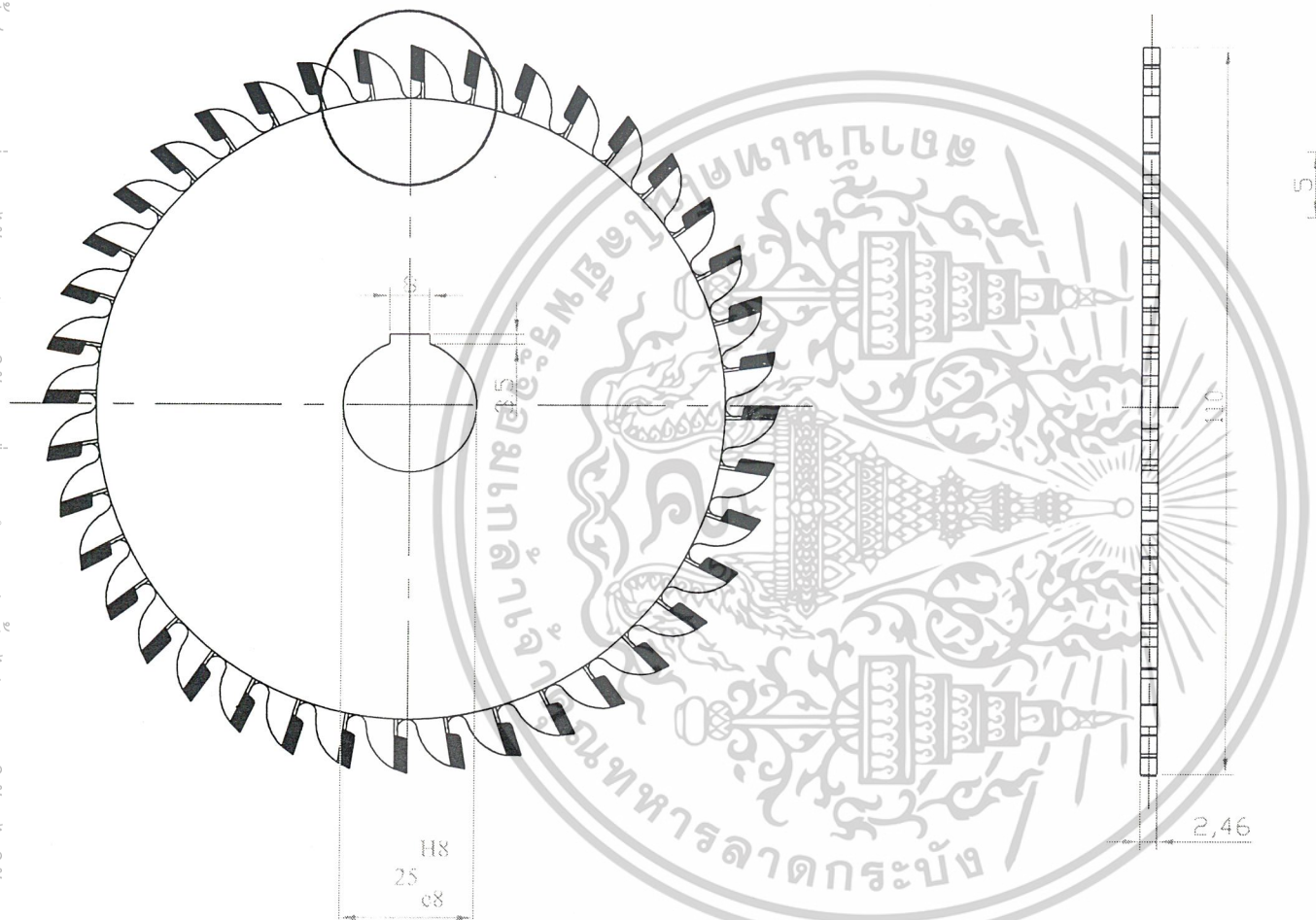


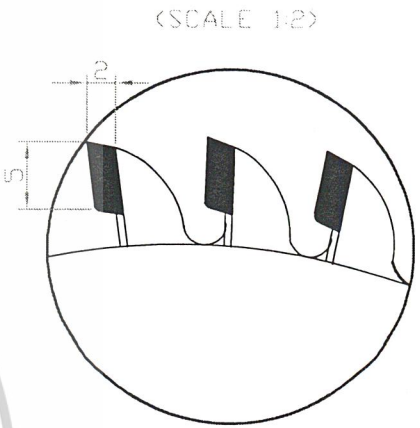
Designed By	Tawatchai Saeung	Date	Title: A-01-Guide Plate DWG.
Drawn By	Sarun Maseng	Date	
File name :	Guide Plate		
KMITL			Material : St 50
			Dwg. No. A-01 / Scale 1:3

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Designed By	Tawatchai Sacung	Date	Title: A-03-Support Ring DWG,
Drawn By	Sarun Maseng	Date	
File name :	Support Ring		
	KMITL		Material : St 33
			Dwg. No. A-03 / Scale 1:1

ม.10

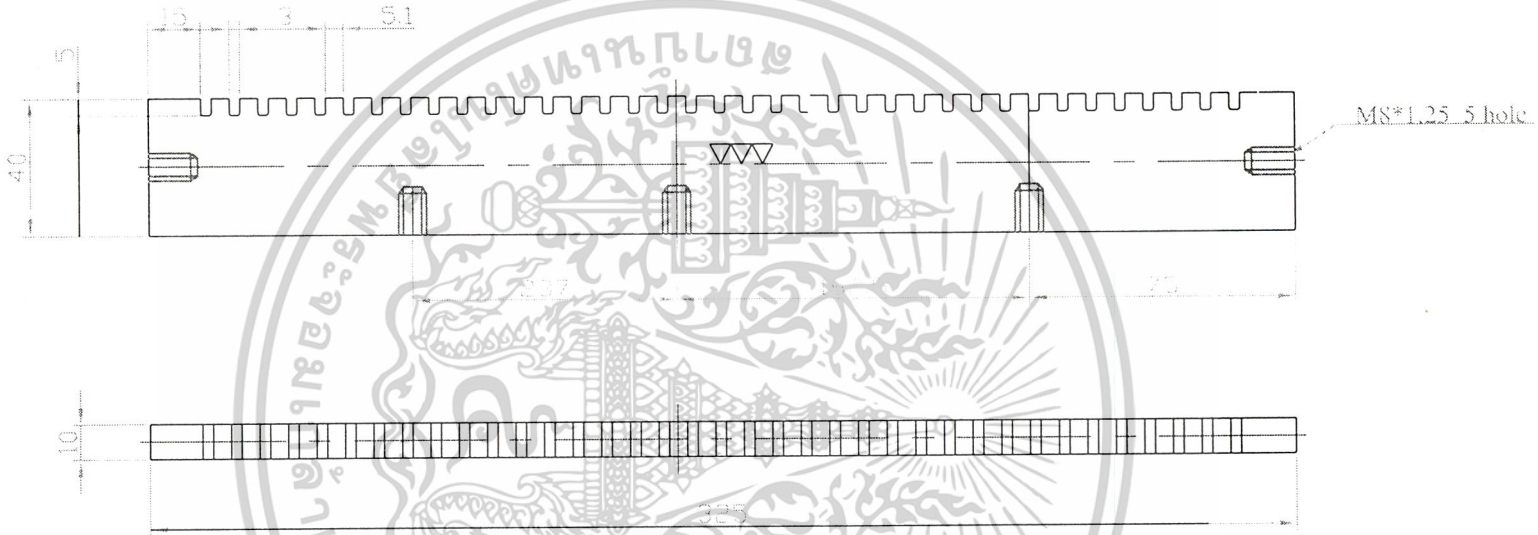




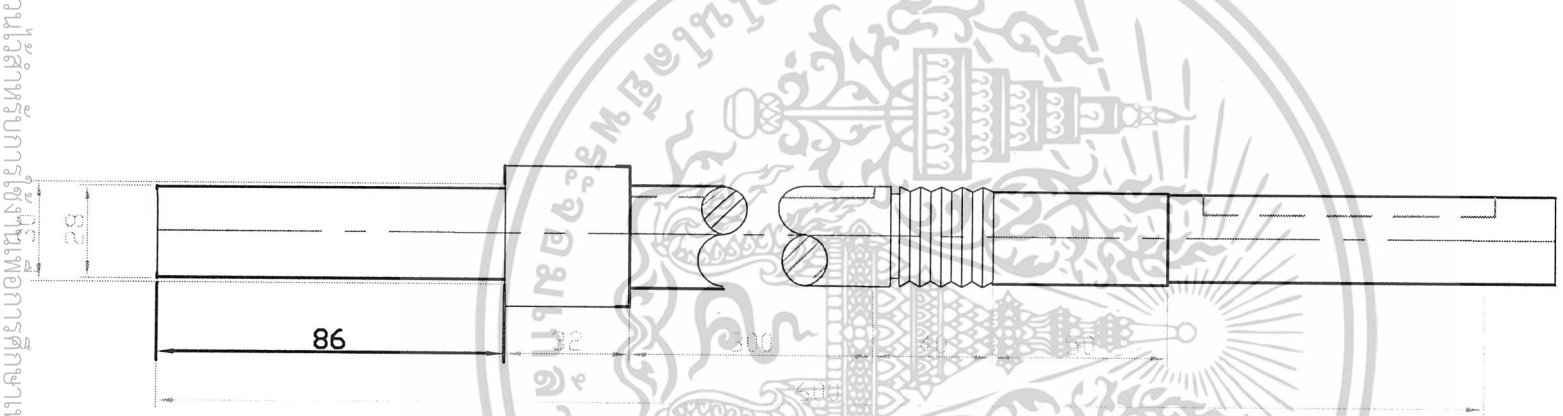
Designed By	Tawatchai Saeung	Date	Title: A-07-Small Cutter DWG.
Drawn By	Sarun Maseng	Date	
File name :	Small Cutter		
	KMITL		Material : Carbide
			Dwg. No. A-07 / Scale 1:1

ห้องสมุดกลาง วิทยาลัยนายทหารสัตกระบัง

ภาคผนวก ข
ข-12



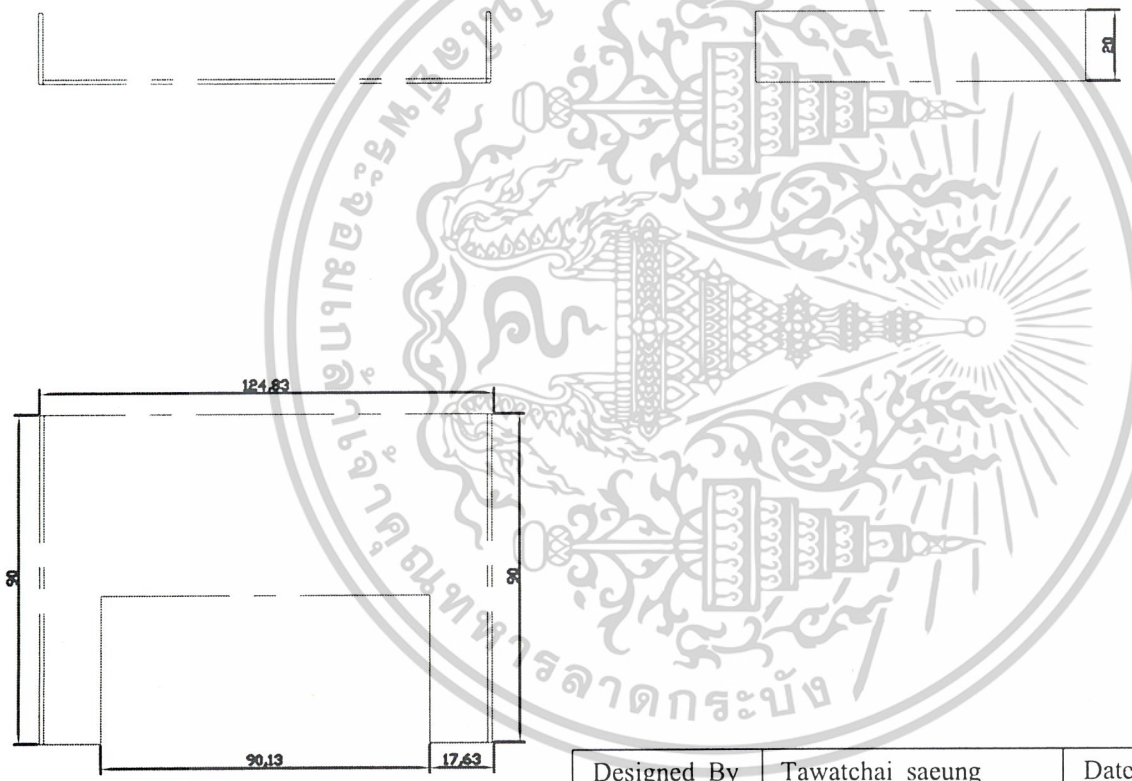
Designed By	Tawatchai Saeung	Date	Title: A-06-Small Guide Plate DWG.
Drawn By	Sarun Maseng	Date	
File name :	Small Guide Plate		
KMITL			Material : St 50
			Dwg. No. A-06 / Scale 1:2



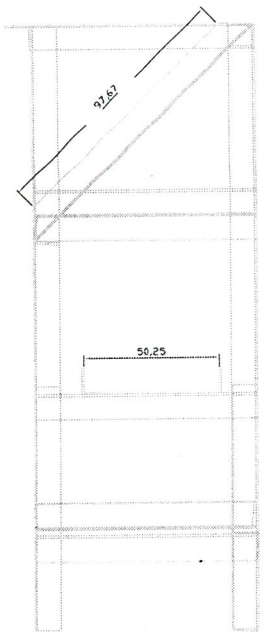
Designed By	Tawatchai Saeung	Date	Title - A-04-Large Cutter Shaft DWG.
Drawn By	Sarun Maseng	Date	
File name :	Large Cutter Shaft		
KMITL			Material : St 50
			Dwg. No. A-04 / Scale 1:2

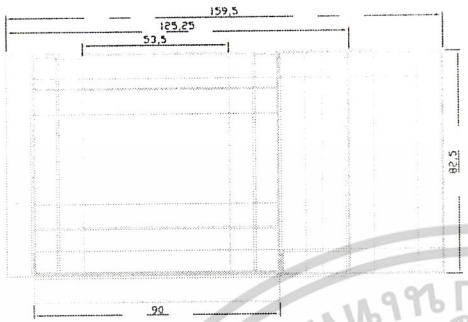
ภาคนวัตกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

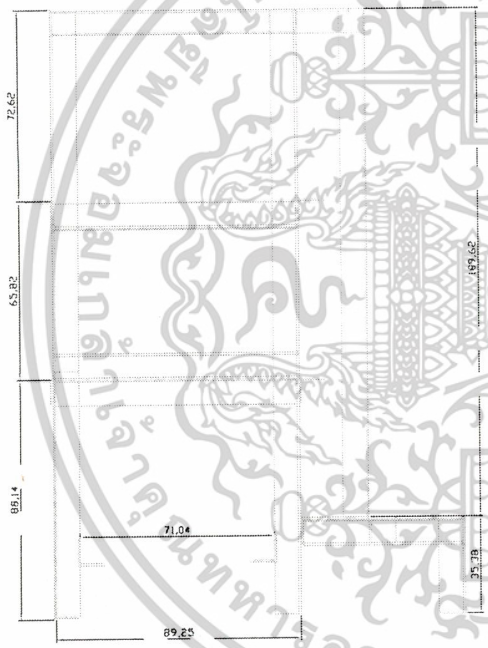
ม.14



Designed By	Tawatchai saeung	Date	Title: A-11-plate DWG.
Drawn By	Sarun Maseng	Date	
File name :	Plate		
KMITL			Material : St 37
			Dwg. No. A-11 / Scale 1:2







Designed By	Tawatchai saeung	Date	Title: Stucture
Drawn By	Sarun Maseng	Date	
File name :	Stucture		
KMITL			Material : St 37
			Dwg. No. A-11 / Scale 1:2

M.I.S