สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องตัดโลหะแบบคันโยก

นางสาวทวินันท์ เฉาว์พันธ์
นายรัฐธีร์ ข่ายม่าน
นายปัณณวิชญ์ วสุอนันต์กุล
นางสาวสุมลทา โกษาจันทร์

วศ.
ท181ค
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....83052
วัน,เดือน,ปี.....31 ก.ค. 2551

b.....11960802
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SHEAR CUTTING MACHINE

MISS TAWINAN THAOPAN

MR. RATTHEE KHAYMARN

MR PANNAWIT VASUANUNKUL

MISS SUMOLTA KOSAJAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องตัดโลหะแบบคันโยก

SHEAR CUTTING MACHINE

นักศึกษา	นางสาวทวินันท์ เถาว์พันธ์	รหัสประจำตัว	48015662
	นายรัฐธีร์ ข่ายม่าน	รหัสประจำตัว	48015678
	นายปัณณวิชญ์ วสุอนันต์กุล	รหัสประจำตัว	48015682
	นางสาวสุมลทา โกษาจันทร์	รหัสประจำตัว	48015688

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(รศ. พรศักดิ์ อรรถวานิช)

(ดร. อนิรุท ไชยจารุวณิช)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	**เครื่องตัดโลหะแบบคันโยก**
นักศึกษา	**นางสาวทวินันท์ เฉาว์พันธ์**
	นายรัฐธีร์ ช่ายม่าน
	นายปัณณวิชญ์ วสุอนันต์กุล
	นางสาวสุมลทา โกษาจันทร์
หลักสูตร	**วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ**
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2550
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	**รศ.พรศักดิ์ อรรถวานิช**
	ดร.อนิรุท ไชยจารุวณิช

บทคัดย่อ

โครงงานฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องตัดโลหะแบบคันโยก (Shear Cutting Machine) เครื่องตัดโลหะได้ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกและลดเวลาในการตัดโลหะ เป็นเครื่องมือที่สามารถตัดโลหะเส้นแบนและโลหะเส้นกลม มีความยาวของใบมีดตัด 20 เซนติเมตร ตัดโลหะโดยอาศัยแรงคนในการโยกและส่งกำลังผ่านเฟืองไปยังชุดมีดตัด เพื่อกดมีดตัดของเครื่องตัด สามารถตัดเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนไม่เกิน 0.1% ลักษณะโลหะเส้นแบนมีขนาดความกว้าง 50 มิลลิเมตร หนาตั้งแต่ 2 มิลลิเมตร ถึง 6 มิลลิเมตร และตัดโลหะเส้นกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 2 มิลลิเมตร ถึง 10 มิลลิเมตร สำหรับโครงงานนี้การออกแบบโครงสร้าง และชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องตัดโลหะ ใช้โปรแกรม SolidWorks2006 ในการออกแบบ ได้มีการคำนวณขนาดของโครงสร้าง สลักเกลียวและการเลือกใช้วัสดุต่างๆ ของตัวเครื่อง และสร้างชุดใบมีดตัดโลหะซึ่งทำจากเหล็กกล้าผสม DC53 มีค่าความแข็งหลังการชุบ 55-58 HRC จากผลการออกแบบและจัดสร้างเครื่องตัดโลหะแบบคันโยกคือ ได้เครื่องตัดโลหะตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ และ ผลการทดสอบตัดโลหะเส้นแบนและโลหะเส้นกลม สามารถตัดโลหะได้ตามขอบเขตของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Shear Cutting Machine
Student	Miss Tawinan Thaopan
	Mr. Ratthee Khaymarn
	Mr. Pannawit Vasuanunkul
	Miss Sumolta Kosajan
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2550
Thesis Advisor	Associate Prof. Pornsak Attavanich
	Dr. Anirut Chaijaruwanich

ABSTRACT

This this thesis describs the designing and construction of shear cutting machine. The shear cutting machine was created to accommodate and reduce the consumption of time for cutting both metal flat bars and metal round bars. The length of cutter is 20 centimeter. The machine will cut the metal by man power in swaying the bar. The gear wheel will work and push the cutter. This can be applied to steel which has carbon less than 0.1%. The shapes of the steel can be either a metal flat bar having the width less than 50 millimeter and the thickness from 2 millimeters to 6 millimeters and a round bar having the diameter form 2 millimeters to 10 millimeters. The designing of structure and parts of the shear cutting machine in this thesis was performed on SolidWorks2006 program. Was considered the size of structure and bolt screws were calculated and the selection of materials for the machine body. The constructed cutter was made of DC53 tool steel. This steel had the strength 55-58 HRC after hardening treatment. From the result of design and construction, we got the shear cutting machine as defined objective. The result of cutting the metal flat bars and metal round bars achieved as the scope of thesis.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง เครื่องตัดโลหะแบบคันโยก สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์พรศักดิ์ อรรถวานิช และอาจารย์อนิรุท ไชยจารุวณิช ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือและความเอาใจใส่ในทุกๆด้านตลอดเวลาที่ผ่านมา รวมไปถึงอาจารย์ท่านอื่นๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ส่งผลให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็นสถานที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆมากมายทางด้านวิศวกรรมและความรู้รอบตัวต่างๆรวมไปถึงประสบการณ์ที่ดีตลอดระยะเวลาที่ได้มาศึกษาที่นี่ ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ตลอดมาจนทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นางสาวทวินันท์ เฉาว์พันธ์
นายรัฐธีร์ ข่ายม่าน
นายปัณณวิชญ์ วสุอนันต์กุล
นางสาวสุมลทา โกษาจันทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		**ก**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		**ข**
กิตติกรรมประกาศ		**ค**
สารบัญ		**ง**
สารบัญตาราง		**ฉ**
สารบัญรูป		**ช**
บทที่ 1	**บทนำ**	
	1.1 ความสำคัญของโครงงาน	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
	1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2	**ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง**	
	2.1 การออกแบบเครื่องจักรกลเบื้องต้น	2
	2.2 การเลือกใช้วัสดุ	2
	2.2.1 คุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุที่ใช้ทำเครื่องจักรกล	2
	2.2.2 ชนิดของเหล็กที่นิยมใช้	3
	2.2.3 คุณสมบัติของธาตุต่างๆ ในโลหะผสม	3
	2.3 ความแข็งแรงของวัสดุ	5
	2.3.1 แรงต่างๆที่ควรทราบ	5
	2.3.2 ความเค้นและความเครียด	7
	2.3.3 โมเมนต์	10
	2.3.4 สมดุล	12
	2.4 ทฤษฎีงานตัด	13
	2.4.1 ลักษณะการตัดเฉือน	13
	2.4.2 Clearance	14
	2.4.3 การคำนวณหาแรงตัด	14
	2.4.4 การลดแรงในการตัด	15
	2.4.5 รูปร่างของหน้าตัดที่เกิดขึ้น	17
	2.5 การเลือกใช้สลักเกลียว	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	2.6 กรรมวิธีการชุบแข็ง	19
	2.5.1 การแข็งเฉพาะผิว	20
	2.5.2 การชุบแข็งในเตาสุญญากาศ	22
บทที่ 3	**การออกแบบและวิธีการดำเนินงาน**	
	3.1 ด้านโครงสร้าง	23
	3.1.1 ออกแบบโครงสร้างของเครื่องจักร	23
	3.1.2 ภาพรายละเอียดแบบแยกชิ้นส่วนของโครงสร้างสำหรับการขึ้นรูป	24
	3.2 เลือกใช้วัสดุที่จะนำมาเป็นชิ้นส่วนของเครื่องตัดโลหะ	30
	3.2.1 โครงสร้างเครื่อง	30
	3.2.2 มีดตัด	30
	3.3 ศึกษาข้อมูลของเครื่องตัดโลหะแบบคันโยก	30
	3.3.1 สมการการคำนวณหาแรงกดของใบมีด	30
	3.3.2 การคำนวณหาแรงตัดที่เกิดจากการเอียงมุมมีดตัด	31
	3.3.3 ทำการออกแบบและสร้างคันโยกของเครื่องตัดโลหะ	32
	3.3.4 การคำนวณระยะห่างระหว่างมีดบนและมีดล่าง (Clearance)	32
	3.3.5 สลักเกลียวที่ใช้ยึดใบมีดตัด	33
	3.3.6 ขนาดของสลักที่ใช้เป็นจุดหมุนของมีดตัด	33
	3.3.7 การชุบผิวแข็งบริเวณเฟืองโดยใช้วิธี Carburizing	33
	3.3.8 การดำเนินการสร้างเครื่องจักร	34
บทที่ 4	**ผลการดำเนินงาน**	
	4.1 ผลการทำงานด้านออกแบบ	38
	4.2 ผลการทำงานด้านเครื่องจักร	38
	4.3 ผลการทดสอบการตัดโลหะแผ่นและเหล็กกลม	40
บทที่ 5	**สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน**	
	5.1 สรุปผล	41
	5.2 ข้อเสนอแนะ	41
บรรณานุกรม		42
ภาคผนวก		ผ1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางกลของโลหะชนิดต่างๆ 16

ตารางที่ 2.2 ตารางเปอร์เซ็นต์ penetration ของ Steel 16

ตารางที่ 2.3 ตารางเปอร์เซ็นต์ penetration ของ Steel แบ่งค่าตาม Shearing Strength 17

ตารางที่ 2.4 เวลาที่ใช้ในการชุบผิวแข็งโดยใช้สารเพิ่มคาร์บอนที่เป็นของเหลว 22

ตารางที่ 3.1 ขนาดของสลักแบบธรรมดาตามมาตรฐาน ISO 2338 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ทิศทางของแรงน้ำหนัก	5
รูปที่ 2.2 ทิศทางของแรงดึงในลักษณะต่างๆ	6
รูปที่ 2.3 ทิศทางของแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัส	6
รูปที่ 2.4 ทิศทางของแรงปฏิกิริยาตั้งฉาก	6
รูปที่ 2.5 ทิศทางของแรงปฏิกิริยาลัพธ์	7
รูปที่ 2.6 ทิศทางของแรงที่ทำให้เกิดความเค้น	7
รูปที่ 2.7 ทิศทางของแรงที่ทำให้เกิดความเค้นดึง	8
รูปที่ 2.8 ทิศทางของแรงที่ทำให้เกิดความเค้นอัด	8
รูปที่ 2.9 ทิศทางของแรงที่ทำให้เกิดความเค้นเฉือนแบบหนึ่งแรง	8
รูปที่ 2.10 ทิศทางของแรงที่ทำให้เกิดความเค้นเฉือนแบบสองแรง	8
รูปที่ 2.11 ทิศทางของแรงที่ทำให้เกิดความเครียดดึง อัด และเฉือน ตามลำดับ	9
รูปที่ 2.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress กับ Strain	10
รูปที่ 2.13 โมเมนต์พื้นฐาน	11
รูปที่ 2.14 ตัวอย่างระยะแขนของโมเมนต์ที่หาค่าได้ง่าย	11
รูปที่ 2.15 ตัวอย่างการใช้ทฤษฎีของวาริยอง	12
รูปที่ 2.16 การรับแรงที่ทำให้เกิดความสมดุล	12
รูปที่ 2.17 ลักษณะการตัดเฉือนแบบ Shearing Process	13
รูปที่ 2.18 ลำดับขั้นของการตัดโลหะ	13
รูปที่ 2.19 แรงตัด	14
รูปที่ 2.20 การลดแรงตัด	15
รูปที่ 2.21 สภาพของรอยตัดจากการตัดด้วย Clearance ต่างกัน	18
รูปที่ 2.22 การใช้งานเกลียวชนิดต่างๆ	19
รูปที่ 2.23 แสดงลักษณะการแพร่ซึมของคาร์บอนเข้าสู่ผิวของแท่งเหล็กระหว่างการทำ Carburizing	21
รูปที่ 3.1 การออกแบบโครงสร้างด้วยโปรแกรมโซลิดเวิคส์ (SolidWorks)	23
รูปที่ 3.2 โครงส่วนบน	24
รูปที่ 3.3 โครงส่วนกลาง	24
รูปที่ 3.4 โครงส่วนล่าง	25
รูปที่ 3.5 ตัวประกบชุดตัวเลื่อน	25
รูปที่ 3.6 ชุดตัวเลื่อน	26
รูปที่ 3.7 ชุดเฟืองคันโยก	26
รูปที่ 3.8 ตัวกดชิ้นงาน	27
รูปที่ 3.9 ตัวค้ำคันโยก	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.10 ขาเครื่องตัดโลหะ	28
รูปที่ 3.11 สกรูดันโยก	28
รูปที่ 3.12 สกรูหัวเครื่อง	29
รูปที่ 3.13 ชุดตัวตั้งระยะตัด	29
รูปที่ 3.14 คันโยก	30
รูปที่ 3.15 มีดตัดโลหะเส้นแบน	30
รูปที่ 3.16 มีดตัดโลหะเส้นกลม	31
รูปที่ 3.17 ภาพมีดตัดขณะตัดชิ้นงาน	32
รูปที่ 3.18 ขนาดและแนวแรงของการตัด	33
รูปที่ 3.19 มีดตัดโลหะเส้นแบน และกลม หลังการขึ้นรูป	35
รูปที่ 3.20 ชิ้นส่วนต่างๆ หลังการขึ้นรูป	36
รูปที่ 3.21 เครื่องตัดโลหะแบบคันโยก ก่อนและหลังทำสี	37
รูปที่ 4.1 เครื่องตัดโลหะแบบคันโยกแบบสมบูรณ์	39
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างการตัดโลหะเส้นกลม	39
รูปที่ 4.3 ผิวหน้าตัดของโลหะเส้นแบนขนาดความหนา 2 มิลลิเมตร	40
รูปที่ 4.4 ผิวหน้าตัดของโลหะเส้นแบนขนาดความหนา 4 มิลลิเมตร	40
รูปที่ 4.5 ผิวหน้าตัดของโลหะเส้นแบนขนาดความหนา 6 มิลลิเมตร	40
รูปที่ 4.6 ผิวหน้าตัดของโลหะเส้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากเครื่องตัดโลหะที่ใช้อยู่ในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ เป็นเครื่องเลื่อยโลหะแบบชัก และแบบพลาสมา ทำให้ผู้ปฏิบัติงานใช้เครื่องดังกล่าวตัดโลหะเส้นแบนและโลหะเส้นกลม ต้องใช้เวลาในการตัดโลหะเป็นเวลานาน และมีต้นทุนสูง ดังนั้น จึงได้เกิดแนวความคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องตัดโลหะแบบคันโยกที่สามารถตัดชิ้นงานโลหะเส้นแบนและโลหะเส้นกลมขนาดเล็กได้ ซึ่งคาดว่าจะช่วยทำให้ลดเวลาในการปฏิบัติงาน และอำนวยความสะดวกในการทำงาน ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีความชำนาญในการใช้เครื่องตัดโลหะก็สามารถตัดชิ้นงานได้ตามขนาดที่ต้องการ หลักการทำงานของเครื่องตัดโลหะชนิดนี้เป็นไปตามการออกแบบและสร้างเครื่องตัดโลหะจะพิจารณาถึงความเหมาะสมกับการใช้งาน เป็นไปตามหลักการออกแบบเครื่องจักรกลและทฤษฎีการตัด คือ จะทำการสร้างเครื่องตัดโลหะแบบคันโยกโดยอาศัยแรงคนในการโยกเพื่อส่งแรงไปยังชุดมีดตัด สามารถตัดโลหะเส้นแบนและโลหะเส้นกลมได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาทฤษฎีและหลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องตัดโลหะ

1.2.2 เพื่อศึกษาหลักการออกแบบและสร้างเครื่องตัดโลหะ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ตัดโลหะเส้นกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 2 มิลลิเมตร ถึง 10 มิลลิเมตร

1.3.2 ตัดโลหะเส้นแบนที่มีความหนาตั้งแต่ 2 มิลลิเมตร ถึง 6 มิลลิเมตร

1.3.3 ความยาวของมีดตัดมีขนาด 20 เซนติเมตร

1.3.4 ตัดเหล็กกล้าผสม มีส่วนผสมของคาร์บอนไม่เกิน 0.1% (Shear Stressไม่เกิน 250 N/mm^2)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถนำเครื่องตัดโลหะไปใช้ในภาควิชา และเป็นการช่วยลดต้นทุนในการจัดซื้อเครื่องจักรของภาควิชาฯ

1.4.2 เรียนรู้หลักการออกแบบและวิธีการสร้างเครื่องตัดโลหะแบบคันโยก

1.4.3 เรียนรู้การวางแผนและการดำเนินงานของโครงงาน

1.4.4 เรียนรู้การนำเสนอและจัดทำรายงานของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การสร้างเครื่องจักรกลสิ่งแรกที่ต้องทำคือการออกแบบเครื่องจักรกลและชิ้นส่วนต่างที่ใช้ในการประกอบของเครื่องจักรกล การออกแบบเครื่องจักรกลเป็นวิชาที่รวบรวมความรู้ในด้านต่างๆของสาขาวิศวกรรมมาทำการประยุกต์ใช้ในการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องจักรกล ซึ่งเป็นกระบวนการที่จะต้องคำนึงถึงรายละเอียดต่างๆของเครื่องจักรกลที่จะสร้างขึ้น โดยต้องกำหนดหน้าที่พื้นฐาน ต้องพิจารณาถึงกลไกการทำงานและโครงสร้างที่จำเป็น นอกจากนี้ยังต้องกำหนดรูปทรงรายละเอียดพื้นฐาน ขนาด วัสดุ ข้อมูลพื้นฐานทั้งหมดของเครื่องจักรกลจะต้องถูกกำหนดออกมาก่อน โดยจะพิจารณาจากหลักการทำงานและหน้าที่ของชิ้นส่วนนั้นๆ

2.1 การออกแบบเครื่องจักรกลเบื้องต้น

ขั้นตอนของการออกแบบเริ่มต้นจะพิจารณาถึงแบบของเครื่องจักรว่าจะออกแบบอย่างไร มีแนวคิดและแรงบันดาลใจใดที่จะสร้างเครื่องจักร วัตถุประสงค์ในการสร้างเครื่องจักรต้องเด่นชัด กำหนดหน้าที่โดยรวมที่ต้องการของเครื่องจักรกลว่าคืออะไร กำหนดรายละเอียดเชิงปริมาณของเครื่องจักรกลให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์

2.2 การเลือกใช้วัสดุ

2.2.1 คุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุที่ใช้ทำเครื่องจักรกล

1). มีความแข็งแรงที่พอเพียง ความแข็งแรงต่อแรงดึงและแรงกดมีค่าสูง ค่าสัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นมีค่าสูง มีความแข็งแกร่ง หรืออีกนัยหนึ่งคือ แตกหักได้ยาก ความแข็งแรงต่อความต่อความล้ามีค่าสูง และทนต่อการกัดกร่อน

2). สามารถปรับแต่งได้ง่าย สามารถปรับแต่งได้โดยการปาดเนื้อหรือเชื่อม สามารถปรับแต่งให้เกิดการดัดงอหรือยืด เปลี่ยนแปลงรูปทรงได้ดี

3). คุณสมบัติทางฟิสิกส์ ความหนาแน่น อัตราการขยายตัวเนื่องจากความร้อน ความสามารถในการนำความร้อน ความสามารถในการนำไฟฟ้า จุดหลอมละลาย เป็นต้น

วัสดุที่ใช้ในเครื่องจักรส่วนใหญ่มักเป็นโลหะในจำพวกโลหะด้วยกัน เหล็กจะถูกใช้มากที่สุด เหตุผลที่เหล็กถูกนำมาใช้มากที่สุดเนื่องจากหาได้ง่าย ราคาถูก มีความแข็งแรงสูงปรับแต่งได้ง่าย และทำให้ได้คุณสมบัติที่จำเป็นตามที่ต้องการได้โดยการขึ้นรูปความร้อนและอื่นๆ ในการออกแบบจริงนั้นสามารถพิจารณาว่าวัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่แล้วคือเหล็กได้เลย แต่ถึงแม้วัสดุจะเป็นเหล็กก็ตามถ้าใส่ส่วนผสมชนิดต่างๆ ในปริมาณที่แตกต่างกัน ก็จะได้วัสดุที่มีคุณสมบัติต่างกัน ซึ่งวัสดุที่ถูกใช้มากที่สุดคือ เหล็กกล้า SS400 โครงแผ่นกระดานหรือวัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างทั่วไปนั้นส่วนใหญ่สามารถใช้วัสดุ SS400 ได้ ในกรณีของแกนเพลาหรือส่วนที่ต้องการความแข็งแรงเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิเศษจะใส่คาร์บอนประมาณ 0.5% ลงในเนื้อเหล็ก ทำให้ได้เป็นคาร์บอนเหล็กคาร์บอนที่ถูกใช้มากคือ วัสดุ S45C (มีปริมาณคาร์บอนผสม 0.45%) เหล็กคาร์บอนสามารถขึ้นรูปทางความร้อนได้โดยการชุบแข็งหรืออบนิ่มเพิ่มความแข็งได้ หากต้องการเพิ่มความแข็งให้มากขึ้นอีกก็สามารถทำได้โดยผสมโครเมียมลงไป ความสามารถในการเพิ่มความแข็งแรงได้โดยการเพิ่มสารประกอบต่างๆลงไป หรือการขึ้นรูปด้วย ความร้อนจึงเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของเหล็ก

2.2.2 ชนิดของเหล็กที่นิยมใช้

ความแข็งแรงของเหล็กขึ้นอยู่กับปริมาณของคาร์บอนหรือสารประกอบอื่นๆ ที่ใส่ลงไปนอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการขึ้นรูปความร้อนอีกด้วย เหล็กที่นิยมใช้เป็นวัสดุในเครื่องจักรกลมีดังต่อไปนี้

2.2.2.1 SS400 (ชื่อเดิม SS41)

เหล็กที่นิยมใช้มากที่สุดคือเหล็กกล้า SS400 อักษร SS ย่อมาจาก Steel Structure หรือเหล็กโครงสร้าง ตัวเลข 400 หมายถึง ความแข็งแรงต่อการดึงมีค่าสูงกว่า 400 MPa (41 kgf/mm^2) จุดยินยอมมีค่าสูงกว่า 245 MPa (25 kgf/mm^2) มีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่ 0.01% ดังนั้นจึงมีความอ่อนเหนียว สามารถยืดได้ดี แต่ไม่สามารถเพิ่มความแข็งแรงโดยการชุบแข็งหรือวิธีการอื่นได้ หากเอ่ยถึงวัสดุที่ใช้ในเครื่องจักรกลแล้ว ให้สามารถนึกถึง SS400 ได้ทันที วัสดุ SS นั้นสามารถตัดได้ด้วยก๊าซ ปาดเนื้อ หรือเชื่อมได้ง่าย

2.2.2.2 S45C

S45C ใช้มากในบริเวณที่ต้องการความแข็งแรงเป็นพิเศษ ซึ่งวัสดุเสริมความแข็งแรงที่ใช้ต้องผ่านกระบวนการขึ้นรูปความร้อน เช่น ชุบแข็งหรืออบนิ่ม อักษร S หมายถึง steel หรือเหล็ก ตัวเลข 45 หมายถึงปริมาณคาร์บอนที่ผสมอยู่ 0.45% และอักษร C หมายถึง คาร์บอน หลังจากผ่านกระบวนการขึ้นรูปด้วยความร้อน จะทำให้มีความแข็งแรงต่อการดึงสูงกว่า 685 MPa (70 kgf/mm^2) จุดยินยอมมีค่าสูงกว่า 490 MPa (50 kgf/mm^2) ใช้ในเครื่องจักรกลบริเวณที่ต้องการความแข็งแรงและทนทานต่อการสึกกร่อน เช่น แกนหมุนของเพลา หรือสลักยึด เป็นต้น หลังจากปรับแต่งโดยการปาดเนื้อออกแล้วสามารถนำไปผ่านกระบวนการปรับแต่งขั้นสุดท้าย เช่น ชุบแข็ง อบนิ่ม หรือขัดผิวได้

2.2.2.3 S20C

เหล็ก S20C มีปริมาณของคาร์บอน 0.2% มีความแข็งแรงเท่ากับเหล็ก SS400 จึงเป็นวัสดุที่ใช้ได้เหมือน SS400 หากกล่าวถึงเหล็ก SS400 แท่งกลมโดยทั่วไปจะใช้ S20C เนื่องจากมีปริมาณของคาร์บอนน้อย ดังนั้นจึงไม่ขึ้นรูปด้วยความร้อนเช่นเดียวกับ SS400

2.2.3 คุณสมบัติของธาตุต่างๆ ในโลหะผสม

โลหะผสมที่เจตนาผสมลงไปในโลหะก็เพื่อเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกลของโลหะ เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา (Plain Carbon Steel) ซึ่งมีปริมาณแมงกานีส ฟอสฟอรัส และซิลิกอนอยู่น้อย และไม่เพียงพอที่จะเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆ ที่เนื่องมาจากคาร์บอน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใส่โลหะผสมชนิดต่างๆ ลงในเหล็กกล้าคาร์บอนจำนวนมากหรือน้อยตามความต้องการ เพื่อให้เกิดผลอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างดังต่อไปนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพิ่มความต้านแรง
- ปรับปรุงคุณสมบัติในการชุบแข็ง
- ปรับปรุงคุณสมบัติที่อุณหภูมิต่ำหรือสูง
- เพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อน
- ปรับปรุงคุณสมบัติในการตัดกลึง
- ปรับปรุงคุณสมบัติต้านทานต่อการสึกหรอ
- เพิ่มความเหนียวนุ่ม

ผลของโลหะผสมที่สำคัญบางชนิดในเหล็กกล้ามีดังต่อไปนี้

1). โคบอลต์ ทำให้ความแข็งขณะที่อุณหภูมิสูง โดยทำให้เฟอร์ไรต์แข็งขึ้น

2). โครเมียม เพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อนและการเกิดออกไซด์ เพิ่มคุณสมบัติในการชุบแข็ง เพิ่มความต้านแรงที่อุณหภูมิสูง ทนต่อการขูดขีดและสึกหรอ (ถ้ามีคาร์บอนสูง)

3). ซิลิกอน โดยทั่วไปใช้ในการลดออกซิเจนในเนื้อโลหะ ทำให้แผ่นเหล็กมีคุณสมบัติแม่เหล็กเพื่อใช้งานทางด้านไฟฟ้า (ทำแกนหม้อแปลงไฟฟ้า) เพิ่มความต้านทานต่อการเกิดออกไซด์ เพิ่มคุณสมบัติในการชุบแข็งของเหล็กกล้า

4). ทังสเตน เมื่อผสมในเหล็กเครื่องมือจะทำให้คุณสมบัติที่สามารถชุบแข็งได้ดีและทนต่อการขูดขีด ทำให้มีความแข็งแรงและความต้านแรงที่อุณหภูมิสูง

5). ไททาเนียม ทำให้คาร์บอนในเนื้อเหล็กเป็นอนุภาคเฉื่อย ลดความแข็งมาร์เทนซิติก และคุณสมบัติในการชุบแข็งของเหล็กกล้าโครเมียมปานกลาง ป้องกันการเกิดออสเตไนต์ ในเหล็กกล้าโครเมียมสูง และป้องกันการรวมตัวของโครเมียมในเหล็กกล้าไร้สนิมระหว่างการให้ความร้อนเป็นเวลานาน

6). นิกเกิล เพิ่มความต้านแรงให้เหล็กกล้าที่ไม่ผ่านการชุบหรือแอนนีล ทำให้เหล็กกล้า เพอร์ไลต์- เฟอร์ไรต์มีความเหนียวนุ่มดีขึ้น

7). ฟอสฟอรัส เพิ่มความแข็งแรงให้กับเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ เพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อน ปรับปรุงคุณสมบัติในการตัดกลึงของเหล็ก

8). แมงกานีส ช่วยลดกำมะถันที่จะทำให้เนื้อเหล็กเปราะ และเพิ่มคุณสมบัติในการตัดกลึง

9). โมลิบดินัม ช่วยเพิ่มอุณหภูมิที่จะทำให้เกรนออสเตไนต์หยาบสูงขึ้น ชุบแข็งได้อีกช่วยลดความเปราะของเหล็ก เพิ่มความต้านแรง และลดการคืบ พร้อมทั้งเพิ่มความแข็งที่อุณหภูมิสูงทำให้เหล็กกล้าไร้สนิมมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนเพิ่มขึ้นและทำให้เกิดอนุภาคที่ทนต่อการขูดขีด

10). วานาเดียม ช่วยเพิ่มอุณหภูมิที่จะทำให้เกรนของออสเตไนต์หยาบสูงขึ้น (ทำให้เกรนละเอียด) เพิ่มคุณสมบัติในการชุบแข็งทำให้ความแข็งของเหล็กไม่ลดลงในขณะที่ทำเทอเปอริ่ง

11). อะลูมิเนียม ช่วยลดการเกิดออกไซด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต่อด้านการขยายตัวของเกรน และใช้เป็นโลหะผสมของเหล็กกล้าไนไตร (Nitriding Steel)

นอกจากโลหะผสมที่กล่าวข้างต้นนี้แล้วยังมีธาตุอีก 5 ชนิด ที่เมื่อใส่ในโลหะผสมบางชนิดแล้วจะทำให้มีคุณสมบัติเฉพาะบางอย่าง ซึ่งมีดังนี้คือ

1). กำมะถัน เป็นอโลหะ ซึ่งเป็นสารเจือปนที่ไม่พึงปรารถนาในเหล็กกล้า ทั้งนี้เพราะจะรวมตัวกับเหล็กเกิดเป็นเหล็กซัลไฟด์ ทำให้เปราะและแตกร้าวได้ ถ้ามีแมงกานีสผสมอยู่อย่างพอเหมาะก็จะรวมตัวกันเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แมงนีสซัลไฟด์ ช่วยทำให้คุณสมบัติในการตัดกลึงของเหล็กกล้าดีขึ้น กำมะถันที่ผสมอยู่ในเนื้อเหล็กควรอยู่ระหว่าง 0.06% ถึง 0.30%

2). ตะกั่ว เมื่อใส่ในเหล็กจะไม่เกิดเป็นโลหะผสม แต่จะปรับปรุงคุณสมบัติในการตัดกลึงให้ดีขึ้น และไม่มีผลต่อคุณสมบัติของเหล็กกล้า ตะกั่วมีคุณสมบัติในการหล่อลื่นด้วยตัวเองจึงช่วยลดความเสียดทานระหว่างเครื่องมือกับเหล็กกล้า จึงเรียกว่าปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านการตัดกลึง จำนวนตะกั่วที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของเหล็กกล้า แต่จะอยู่ระหว่าง 0.15% ถึง 0.35%

3). ทองแดง ใช้ปรับปรุงคุณสมบัติในการต้านทานการกัดกร่อนของเหล็กกล้าเมื่ออยู่ในบรรยากาศ อีกทั้งยังช่วยให้เหล็กกล้าไหลได้ดีขณะหลอมเหลวและเทลงในแบบ โดยปกติจะใส่ทองแดงในเหล็กกล้าประมาณ 0.10% ถึง 0.40%

4). เทลูเรียม มีสีขาว คุณสมบัติคล้ายกำมะถัน เมื่อผสมลงไปในเหล็กกล้าที่ผสมตะกั่วจะทำให้คุณสมบัติในการตัดกลึงดีขึ้นอีก จำนวนเทลูเรียมที่ใช้ขึ้นอยู่กับจำนวนตะกั่วที่ผสมอยู่ในเหล็กกล้าและมีค่าอยู่ระหว่าง 0.03% ถึง 0.05%

5). โบรอน เป็นอโลหะซึ่งเมื่อผสมลงในเหล็กกล้ามีปริมาณไม่เกิน 0.0003% แล้ว จะมีผลทำให้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำและคาร์บอนปานกลางมีคุณสมบัติในการชุบแข็งดีขึ้น โบรอนไม่มีผลต่อความต้านแรงดึงของเหล็กกล้า

2.3 ความแข็งแรงของวัสดุ

2.3.1 แรงต่างๆที่ควรทราบ

ในทางกลศาสตร์ มีแรงอยู่หลายชนิดด้วยกัน แต่ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะแรงที่เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของวัสดุพอสังเขป ดังนี้

2.3.1.1 น้ำหนัก (Weight)

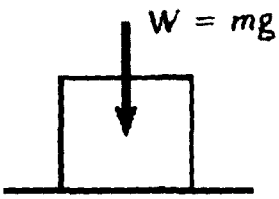
ภาระ (Load) เป็นแรงโดยธรรมชาติอันเนื่องมาจากแรงดึงดูดระหว่างมวลโลกกับมวลใดๆ บนโลก มีค่าเป็น

$$W = mg \qquad \text{สมการ 2.1}$$

กำหนดให้ W = น้ำหนักของวัตถุ (นิวตัน)

m = มวลของวัตถุ (กิโลกรัม)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก มีค่า 9.81 m/s^2

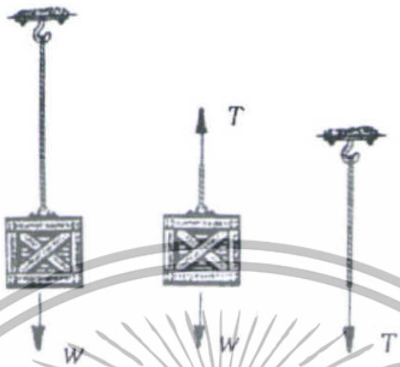


รูปที่ 2.1 ทิศทางของแรงน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2 แรงดึง (Tension)

เป็นแรงภายในที่เกิดขึ้นในเส้นเชือก ลวดสลิง สายเคเบิ้ล โซ่ สายพาน อันเนื่องจากมีการรับ Load หรือมีแรงภายนอกมากระทำให้เกิดความตึง ซึ่งแรงตึงนี้จะเกิดได้สูงสุดไม่เกินขีดจำกัดความยืดหยุ่นของเส้นเชือก ลวดสลิง สายเคเบิ้ล แต่ละชนิด ถ้าแรงมากระทำเกินขีดจำกัดจะทำให้ขาดได้



รูปที่ 2.2 ทิศทางของแรงดึงในลักษณะต่างๆ

2.3.1.3 แรงเสียดทาน (Friction)

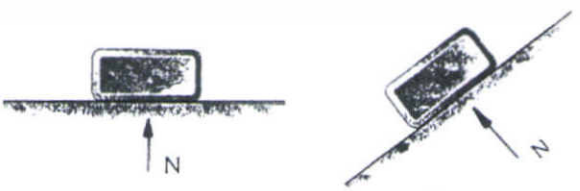
เป็นแรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ เกิดขึ้นตรงระหว่างผิววัตถุกับผิวสัมผัสใดๆ เช่น พื้นที่มีความฝืด หยาบ ขรุขระ โดยจะมีทิศทางสวนทาง หรือตรงกันข้ามกับแนวโน้มการเคลื่อนที่ของวัตถุ

รูปที่ 2.3 ทิศทางของแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัส

2.3.1.4 แรงปฏิกิริยา (Reaction)

เป็นแรงที่ผิดสัมผัสกระทำกับวัตถุแยกพิจารณาได้ 2 ชนิดคือ

1). แรงปฏิกิริยาตั้งฉาก แทนด้วย N เป็นแรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัสกระทำต่อวัตถุในทิศทางที่ตั้งฉากกับผิวสัมผัสนั้น ถ้าผิวนั้นไม่มีความเสียดทานจะคิดแรงปฏิกิริยาตั้งฉากเป็นแรงปฏิกิริยา



รูปที่ 2.4 ทิศทางของแรงปฏิกิริยาตั้งฉาก

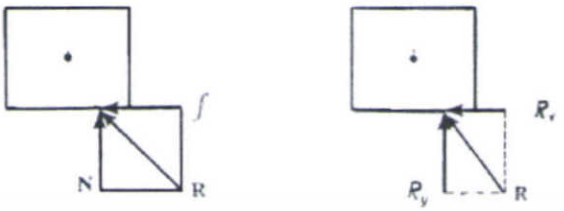
2). แรงปฏิกิริยาลัพธ์ แทนด้วย R เป็นแรงที่ผิวสัมผัสกระทำกับวัตถุ โดยอยู่ในแนวของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงเสียดทานกับแรงปฏิกิริยาตั้งฉากรวมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\vec{R} = \vec{f} + \vec{N}$$

หรือเกิดจากแรงปฏิกิริยาในแนวระดับกับแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งรวมกัน

$$\vec{R} = \vec{R}_x + \vec{R}_y$$



รูปที่ 2.5 ทิศทางของแรงปฏิกิริยาลัพธ์

จากแรงปฏิกิริยาทั้งสองจึงพอสรุปได้ว่า

- ถ้าผิวสัมผัสไม่มีแรงเสียดทาน แรงปฏิกิริยาจะเป็นแรงปฏิกิริยาตั้งฉาก
- ถ้าผิวสัมผัสมีแรงเสียดทาน แรงปฏิกิริยาจะเป็นแรงปฏิกิริยาลัพธ์

2.3.2 ความเค้นและความเครียด

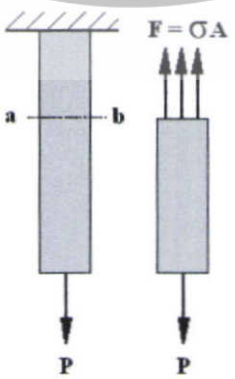
ในการออกแบบโครงสร้าง และชิ้นส่วนเครื่องมือกลต่างๆ จะต้องพิจารณา 2 อย่าง คือ

- ชิ้นส่วนนั้นแข็งแรงพอที่จะรับแรงที่มากระทำได้หรือไม่
- ชิ้นส่วนนั้นจะแข็งแรงพอที่จะไม่เปลี่ยนแปลงขนาดมากเกินไปหรือไม่

2.3.2.1 ความเค้น (Stress)

พิจารณาแท่งวัตถุอันหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัด A อยู่ภายใต้แรงดึง P ถ้าแรง P มีค่าไม่มากนัก วัตถุจะยืดออกเล็กน้อยแล้วไม่ยืดต่อไปอีก ถ้าเราตัด Section a-b วัตถุจะอยู่ในสภาวะสมดุลได้ จะต้องมีแรงมาต้านแรง P เอาไว้ แรงสมดุล F นี้กระทำภายในเนื้อวัสดุเรียกว่าแรงภายใน และจะกระจายไปคลอดพื้นที่หน้าตัด แรงที่กระทำกับอนุภาคเล็กๆ ในเนื้อวัสดุ หรือความเข้มข้นของแรงนั่นคือแรงต่อพื้นที่หน้าตัด จึงมีความสำคัญมาก กำหนดให้ $F = \sigma A = P$

$$\sigma = \frac{P}{A}$$ สมการ 2.2



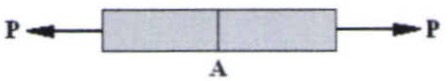
รูปที่ 2.6 ทิศทางของแรงที่ทำให้เกิดความเค้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเค้นแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ

1). ความเค้นดึง (Tensile Stress : σ_t) เกิดขึ้นเมื่อวัตถุอยู่ภายใต้แรงดึง (Tension) พื้นที่หน้าตัด A ตั้งฉากกับแนวแรง P

$$\sigma_t = \frac{P}{A}$$ สมการ 2.3



รูปที่ 2.7 ทิศทางของแรงที่ทำให้เกิดความเค้นดึง

2). ความเค้นอัด (Compressive Stress : σ_c) เกิดขึ้นเมื่อวัตถุอยู่ภายใต้แรงอัด (Compression) พื้นที่หน้าตัด A ตั้งฉากกับแนวแรง P

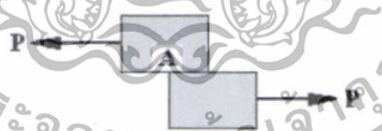
$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$ สมการ 2.4

รูปที่ 2.8 ทิศทางของแรงที่ทำให้เกิดความเค้นอัด

3). ความเค้นเฉือน (Shear Stress : τ) เกิดขึ้นเมื่อวัตถุอยู่ภายใต้แรงเฉือน (Shearing Force) พื้นที่หน้าตัด A ขนานกับแนวแรง P แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

a) ความเค้นเฉือนแบบหนึ่งแรง (Single shear)

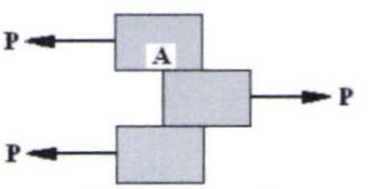
$$\tau = \frac{P}{A}$$ สมการ 2.5



รูปที่ 2.9 ทิศทางของแรงที่ทำให้เกิดความเค้นเฉือนแบบหนึ่งแรง

b) ความเค้นเฉือนแบบสองแรง (Double shear)

$$\tau = \frac{P}{2A}$$ สมการ 2.6



รูปที่ 2.10 ทิศทางของแรงที่ทำให้เกิดความเค้นเฉือนแบบสองแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 <u>ความเครียด (Strain)</u>

เป็นการวัดขนาดที่เปลี่ยนแปลงไปของวัตถุ ให้คำจำกัดความไว้ว่า คือขนาดที่เปลี่ยนไปต่อขนาดเดิม แบ่งเป็น 3 ชนิดคือ

1). ความเครียดดึง (Tensile Strain : ε_t) แท่งวัตถุมีความยาวเดิม (l) เมื่อมีแรง (P) มากระทำ จะยืดออก (δ)

$$\varepsilon_t = \frac{\delta}{l}$$ สมการ 2.7

2). ความเครียดอัด (Compressive Strain : ε_c) แท่งวัตถุมีความยาวเดิม (l) เมื่อมีแรง (P) มากระทำจะลดลง (δ)

$$\varepsilon_c = \frac{\delta}{l}$$ สมการ 2.8

3). ความเครียดเฉือน (Shear Strain : γ) แท่งวัตถุมีความยาวเดิม (l) เมื่อมีแรง (P) มากระทำ จะลดลง (δ)

$$\text{Shear Strain} = \frac{\delta}{l}$$ สมการ 2.9

$$\text{Shear Strain} = \tan\gamma$$ สมการ 2.10

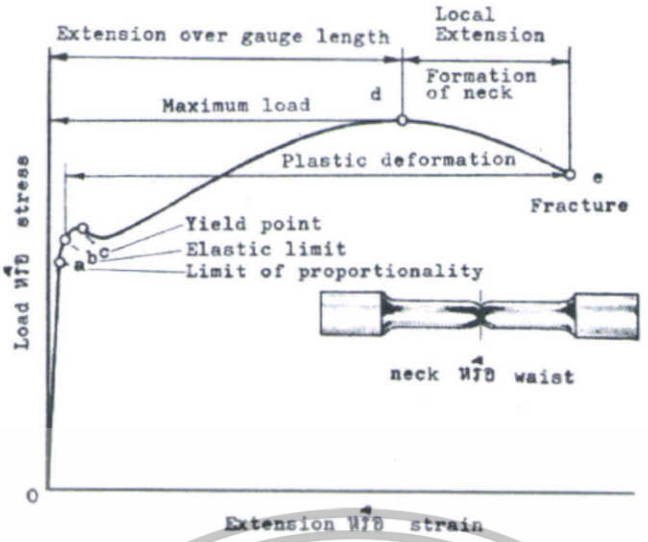
แต่มุมที่เฉไป γ เล็กมาก $\tan\gamma \approx \gamma$ เรเดียน ดังนั้น Shear Strain ใช้วัดโดยวัดมุมที่เฉไปเป็นเรเดียน

รูปที่ 2.11 ทิศทางของแรงที่ทำให้เกิดความเครียดดึง อัด และเฉือน ตามลำดับ

2.3.2.3 <u>ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงกับส่วนที่ยืดออก หรือระหว่าง Stress กับ Strain</u>

ในการหาความแข็งแรงและคุณสมบัติต่างๆ ของวัตถุจะต้องทดสอบตัวอย่างของวัตถุนั้น จนกระทั่งหักหรือขาด จากการทดลองแรงดึงกับวัสดุ mild steel จะสามารถเขียนกราฟได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Stress กับ Strain

มีจุดสำคัญต่างๆดังต่อไปนี้

จาก o - a กราฟเป็นเส้นตรง หมายถึง แรงเป็นปฏิภาคโดยตรงกับส่วนที่ยืดออก

จุด a เรียกว่า Proportional limit หรือ Limit of proportionality เป็นจุดสุดท้ายที่กราฟเป็นเส้นตรง หลังจากจุดนี้แล้ว Stress ไม่เป็นปฏิภาคโดยตรงกับ Strain

จุด b เรียกว่า Elastic limit เป็นจุดสุดท้ายที่ความยาวของวัสดุจะกลับมายาวเท่าเดิมได้เมื่อปล่อยแรง จาก o-b วัสดุเป็นแบบ elastic

จุด c เรียกว่า Yield point เป็นจุดที่วัสดุยืดตัวออกโดยไม่ต้องเพิ่มแรง เรียกว่าจุดคราก จะสังเกตได้ชัดสำหรับ mild steel ส่วนวัสดุอื่นจะ ไม่มีจุดนี้

จุด d เป็นจุดที่มี Stress สูงสุด เรียกว่า Tensile strength ของวัสดุ หรือเรียกว่า Ultimate tensile strength คำนวณได้จาก แรงที่จุด d/พื้นที่หน้าตัดเดิม เรียกว่า σ_u

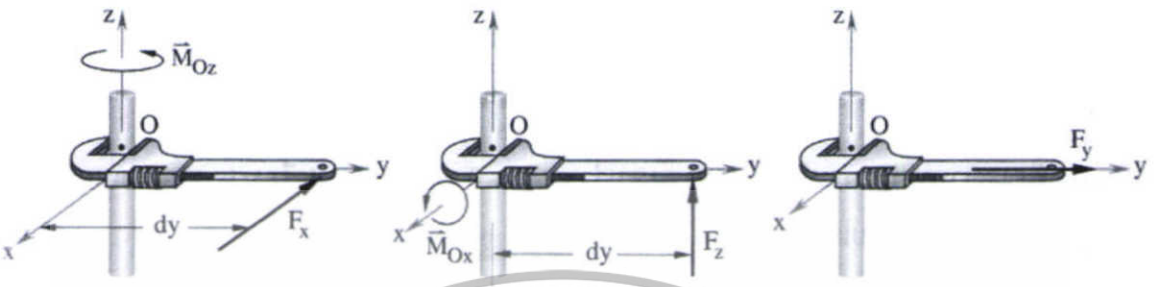
จุด e เรียกว่า Rupture point หรือ Breaking point เป็นจุดที่วัสดุเกิดความเสียหาย แตกหัก หรือขาดออกจากกัน

2.3.3 โมเมนต์

นอกเหนือจากแรงจะทำให้วัสดุมีแนวโน้มเคลื่อนที่แล้ว แรงยังมีแนวโน้มทำให้วัสดุหมุนรอบแกนหนึ่งๆได้ แนวโน้มที่ทำให้วัตถุหมุนเรียกว่า โมเมนต์ หรือ ทอร์ก พื้นฐานของโมเมนต์พิจารณาได้จาก เช่น แรงในแนวแกน x กระทำกับประแจที่จับท่อไว้ แรง F_x จะทำให้ท่อมีแนวโน้มหมุนรอบแกน z ที่ผ่านจุด O หรือกล่าวได้ว่ามีโมเมนต์เกิดขึ้นและให้แทนโมเมนต์ดังกล่าวด้วย M_{Oz} ปัจจัยที่มีผลต่อ M_{Oz} มี 2 ส่วน คือ ขนาดของแรง F_x และระยะที่แรง F_x อยู่ห่างจากแกนหมุน (ระยะ d_y) หากขนาดของแรงหรือระยะห่างของแรงจากแกนหมุนมีค่ามากขึ้น โมเมนต์ M_{Oz} ก็จะยิ่งมีค่ามากขึ้น พิจารณาอีกอย่างคือ ใช้แรงในแนวแกน z หรือ F_z กระทำกับประแจ ในกรณีนี้ถึงแม้ว่าแรง F_z จะไม่สามารถทำให้ท่อหมุนได้จริง แต่ก็ทำให้ท่อมีแนวโน้มที่จะหมุนรอบแกน x ที่ผ่านจุด 0 ดังนั้นในกรณีนี้จึงมีโมเมนต์เกิดขึ้นเช่นกันในและให้แทนด้วย M_{Oz} แต่หากพิจารณาแนวโน้ม การหมุนของท่อรอบแกน z จะพบว่า F_z ไม่ทำให้เกิดโมเมนต์ M_{Oz} ทั้งนี้ เนื่องจากแกนหมุนขนานกับแนวแรง และให้พิจารณาตัวอย่างสุดท้าย โดยใช้แรงในแนวขนานกับแกน y หรือ F_y กระทำกับประแจซึ่งจะเห็นได้ว่าแรง F_y ไม่ทำให้ท่อเกิดแนวโน้มการหมุนเลยไม่ว่าจะ

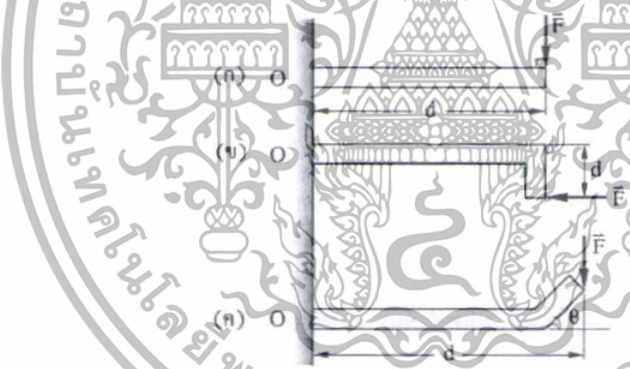
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาการหมุนรอบแกนใด ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าไม่มีโมเมนต์เกิดขึ้น ทั้งนี้ เพราะ F_y มีแนวแรงผ่านแกนหมุนหรือผ่านจุด O นั่นเองจากการพิจารณาทั้งสามข้างต้นสรุปได้ว่า ความหมายที่แท้จริงของโมเมนต์ คือ แนวโน้มจากแรงที่จะทำให้วัตถุหมุนไม่ว่าวัตถุจะมีโอกาสหมุนได้จริงหรือไม่ และแกนหมุนที่พิจารณาจะต้องไม่ขนานหรือตัดกับแนวแรง



รูปที่ 2.13 โมเมนต์พื้นฐาน

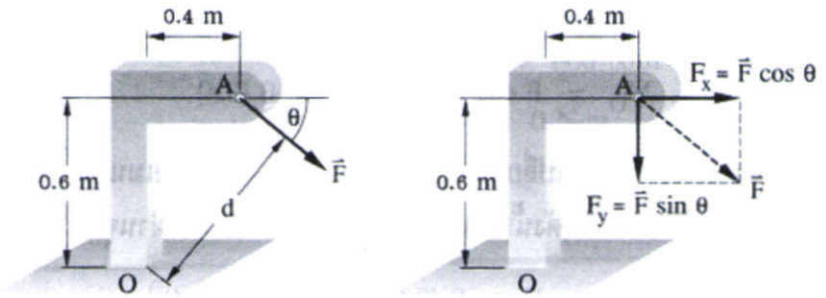
การคำนวณโมเมนต์แบบสเกลาร์ หมายถึงการคำนวณขนาดและทิศทางของโมเมนต์แยกออกจากกัน โดยขนาดของโมเมนต์คำนวณจากสมการ $M_o = Fd$ ซึ่ง d เป็นระยะ ในทิศทางตั้งฉากจากแกนหมุนจนถึงแนวแรง F และระยะ d จะวัดค่าได้ง่ายเมื่อระบบที่พิจารณา เป็นระนาบ 2 มิติ



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างระยะแขนของโมเมนต์ที่หาค่าได้ง่าย

ในบางกรณีถึงจะเป็นระนาบ 2 มิติ แต่การวัดระยะ d ก็ยังคงมีความยุ่งยาก อย่างไรก็ดี เราสามารถทำให้การคำนวณง่ายขึ้นได้ โดยใช้ ทฤษฎีของวาริยอง (Varignon' s theorem) โมเมนต์ของแรง F ใดๆ มีค่าเท่ากับผลรวมของโมเมนต์จากแรงที่เป็นส่วนประกอบของแรง F ดังนั้นเราจึงสามารถนำผลจากทฤษฎีนี้มาใช้ โดยแยกแรง F ออกเป็นส่วนประกอบ 2 แรง ในแนวที่สามารถหาระยะ d ของแรงแต่ละแรงได้ง่าย ในที่นี้จะแยกแรง F ออกเป็น แรงในแนวแกน x และ y ซึ่งสะดวกต่อการคำนวณค่าโมเมนต์จากแรงแต่ละแรง ระยะ d ของแรง F_x เท่ากับ 0.6 เมตร และระยะ d ของแรง F_x เท่ากับ 0.6 เมตร และระยะ d ของแรง F_y เท่ากับ 0.4 เมตร การคำนวณผลรวมของโมเมนต์จากแรงทั้งสองจะต้องรวมกันโดยคำนึงถึงทิศทางของแต่ละโมเมนต์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 ตัวอย่างการใช้ทฤษฎีของวาริยอง

2.3.4 สมดุล

การศึกษาสมดุลนั้น หลักการต่างๆ จะมีไม่มาก ดังนั้นในเนื้อหาจึงแยกประเด็นหลักๆ ไว้เพื่อทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น

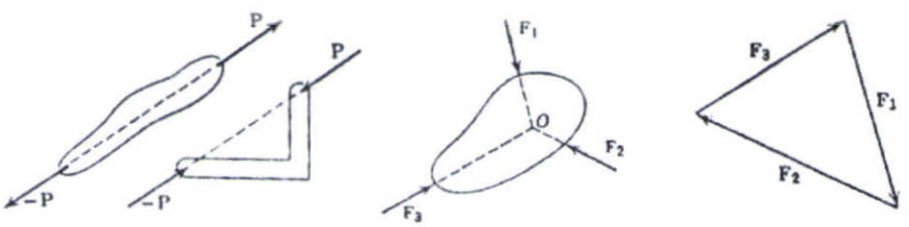
1). กฎข้อที่ 1 ของนิวตัน กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันนั้น มีอยู่ 3 ข้อ แต่กฎที่จะสามารถอธิบายหลักการของสมดุลได้นั้น คือกฎข้อที่ 1 โดยให้คำนิยามไว้ว่า "เมื่อวัตถุไม่มีแรงภายนอกมากระทำ หรือมากระทำแล้วเกิดแรงลัพธ์เป็นศูนย์ วัตถุจะหยุดนิ่งหรืออาจเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่"

2). ความหมายของสมดุล จากกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน สามารถอธิบายความหมายสมดุลได้ คือ ถ้าวัตถุมีแรงลัพธ์เป็นศูนย์ ($\sum F = 0$)

- หยุดนิ่ง เรียกว่า วัตถุเกิดการสมดุลแบบสถิต หรือสมดุลแบบ Statics (Statics equilibrium) ความเร็วและความเร่งของวัตถุจะเป็นศูนย์
- เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ เรียกว่า วัตถุเกิดการสมดุลแบบ Dynamics (Dynamics equilibrium) วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ทำให้ความเร่งเป็นศูนย์

สมดุลแบบ Statics นั้นเป็นการสมดุลในสภาพที่วัตถุไม่เคลื่อนที่และไม่หมุน จะเป็นสภาพสมดุลที่เราสนใจนำมาใช้ในที่นี้ แยกพิจารณาได้เป็น

- วัตถุไม่เคลื่อนที่คือวัตถุเกิดสมดุลที่เราสนใจนำมาใช้ในที่นี้ แยกพิจารณาแรงลัพธ์ที่มากระทำต่อวัตถุจนเป็นศูนย์ $\sum F = 0$
- วัตถุไม่หมุนคือวัตถุเกิดสมดุลต่อการหมุน หรือสมดุลของโมเมนต์ เป็นการพิจารณาแรงที่กระทำต่อวัตถุทำให้ไม่เกิดการหมุน หรือ โมเมนต์รอบจุดหมุนใดๆ เป็นศูนย์ $\sum M = 0$



(ก) (ข) (ค)

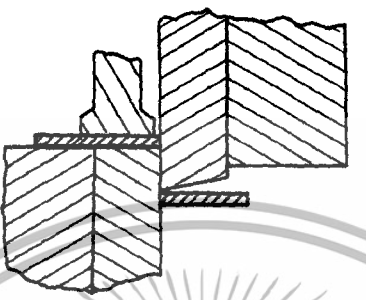
รูปที่ 2.16 การรับแรงที่ทำให้เกิดความสมดุล (ก) รับแรงสองแรง (ข) รับแรงสามแรง (ค) รูปสามเหลี่ยมปิดแสดง $\sum F = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ทฤษฎีงานตัด

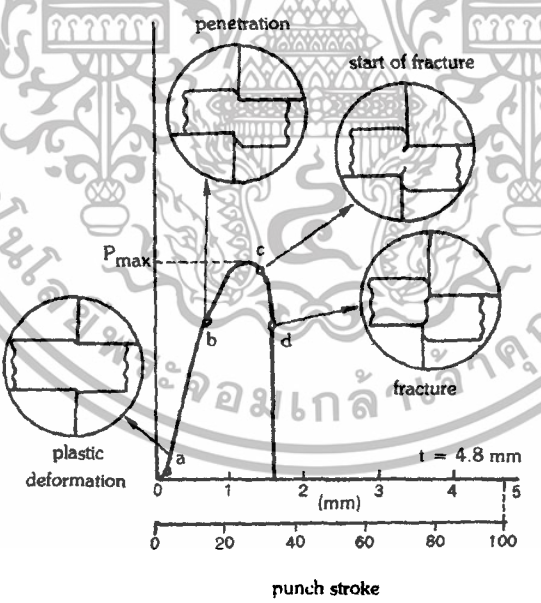
2.4.1 ลักษณะการตัดเฉือน

Shearing Process คือ การตัดโลหะออกจากกันโดยใช้คมตัดของพั้นซ์ (Punch) และดาย (Die) กดโลหะจนเลยจุด Ultimate strength ซึ่งจะทำให้โลหะฉีกขาดออกจากกัน



รูปที่ 2.17 ลักษณะการตัดเฉือนแบบ Shearing Process

ขั้นตอนในการตัดเริ่มจาก การที่พั้นซ์กดลงบนโลหะ และพาเนื้อโลหะเข้าไปในช่องว่างของดาย จนเลยจุด Elastic limit ของโลหะ ช่วงนี้ทางผิวด้านล่างของโลหะจะเริ่มย้อยเข้าไปในดายและทางผิวด้านบนก็จะเท่ากับส่วนที่ถูกกดลงในดาย ทางผิวด้านล่าง เมื่อแรงกดเพิ่มขึ้นจนเลยจุด Ultimate strength ของโลหะแล้วโลหะจะฉีกขาดออกจากกัน



รูปที่ 2.18 ลำดับขั้นของการตัดโลหะ

จุด a พั้นซ์ เริ่มกดลงบนเนื้อชิ้นงาน

จุด b พั้นซ์ เพิ่มแรงกดลงบนเนื้อโลหะ

จุด c โลหะเริ่มฉีกตัว

จุด d การฉีกของโลหะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

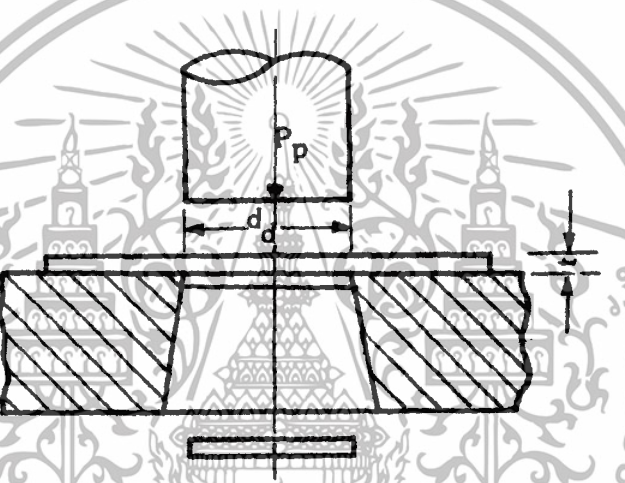
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การฉีกของโลหะจะดีหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับ Clearance ระหว่างพั้นซ์กับดาย ถ้า Clearance มากไปหรือน้อยไป จะทำให้เพิ่มแรงที่มากระทำต่อพั้นซ์ และดายทำให้สึกเร็ว นอกจากนั้นยังทำให้รอยฉีกไม่เรียบร้อยอีกด้วย

2.4.2 Clearance

คือ ช่องว่างระหว่างพั้นซ์กับดาย ซึ่งจะบอกเป็นค่าของผลต่างของรัศมีของพั้นซ์กับดายมาตรฐาน Clearance ของวัสดุชนิดต่างๆ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความหนาของโลหะ Clearance จะแตกต่างกันไปตามชนิดของโลหะ ความหนาและรูปร่างของชิ้นงานก็มีส่วนสำคัญในการกำหนดขนาดของ Clearance ด้วย โดยชิ้นงานยิ่งมีความหนามากเท่าไหร่ Clearance ก็ยิ่งมากขึ้นเท่านั้น

2.4.3 การคำนวณหาแรงตัด



รูปที่ 2.19 แรงตัด

สูตรการคำนวณหาแรงตัด

$$P_p = \frac{A\sigma_s}{1000}$$ สมการ 2.11

เมื่อ P_p = แรงตัด (ตัน)

A = พื้นที่ของส่วนที่ถูกตัด (ตารางมิลลิเมตร)

σ_s = Shearing strength (กิโลกรัม/ตารางมิลลิเมตร)

และ A = $l \times t$

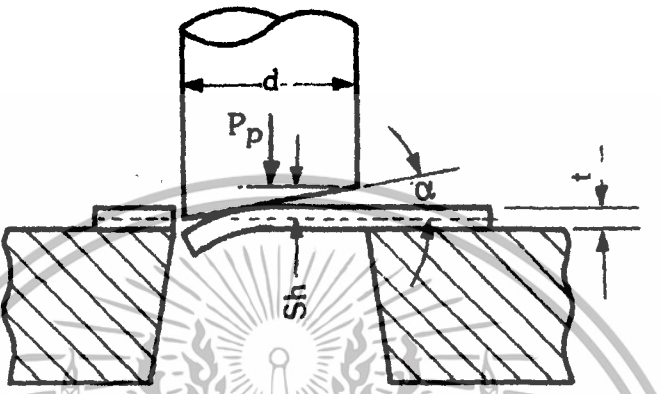
l = ความยาวของส่วนที่ถูกตัด (มิลลิเมตร)

t = ความหนาของชิ้นงาน (มิลลิเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 การลดแรงในการตัด

ในการตัดทั่วๆ ไปนั้นผิวหน้าของคมตัดของพั้นซ์และดาย จะเป็นแบบเรียบหรือขนานกัน ซึ่งแบบนี้จะทำให้ต้องใช้แรงในการตัดมาก เพราะการตัดเกิดขึ้นพร้อมกันทุกจุด เราสามารถที่จะลดแรงในการตัดได้ โดยการออกแบบคมตัดของพั้นซ์และดาย ให้มีความเอียงลาด เพื่อที่จะทำให้การตัดเกิดขึ้นไม่พร้อมกัน ซึ่งแรงที่ใช้ตัดก็จะลดลงไปด้วย



รูปที่ 2.20 การลดแรงตัด

สูตร

$$P_{PS} = \frac{P_p (tf_p)}{S_h}$$ สมการ 2.12

เมื่อ P_{ps} = แรงตัดที่เกิดจากการลดมุม (ตัน)

t = ความหนาของชิ้นงาน (มิลลิเมตร)

f_p = ระยะที่พั้นซ์กดเข้าไปในเนื้อโลหะก่อนที่จะขาดออกจากกัน (ตารางที่ 2.2,2.3)

S_h = ระยะความเอียงคมตัด (มิลลิเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางกลของโลหะชนิดต่างๆ

MATERIAL	SHEAR STRENGTH (Kg/mm²)		TENSILE STRENGTH (Kg/mm²)		PENETRATION %
	SOFT	HARD	SOFT	HARD	
LEAD	2 – 3	—	2.5 – 4	—	50
TIN	3 – 4	—	4 – 5	—	40
ALUMINUM	7 – 11	13 – 16	8 – 12	17 – 22	60 – 30
DURALUMIN	22	38	26	48	—
ZINC	12	20	15	25	50 – 25
COPPER	18 – 22	25 – 30	22 – 28	30 – 40	30 – 55
NICKEL (German) SILVER	28 – 36	45 – 56	35 – 45	55 – 70	—
SILVER	19	—	26	—	—
SPN 1 8	26 UP		28 UP		60 – 38
SPC 1 3	26 UP		28 UP		60 – 38
MILD STEEL, DEEP DRAWING	30 – 35	—	32 – 28	—	60 – 38
SS 34	27 – 36		33 – 44		40 – 28
SS 41	33 – 42		41 – 52		40 – 28
STEEL 0.1%C	25	32	32	40	50 – 38
" 0.2%C	32	40	40	50	40 – 28
" 0.3% C	36	48	45	60	33 – 22
" 0.4%C	45	56	56	72	27 – 17
" 0.6%C	56	72	72	90	20 – 9
" 0.8%C	72	90	90	110	15 – 5
" 1.0%C	80	105	100	130	10 – 2
STAINLESS STEEL	52	56	65 – 70	—	—
NICKEL	25	—	44 – 50	57 – 63	55
MICA t = 0.5 mm	8		—		—
" t = 2	5		—		—
FIBRE	9 – 18		—		—

Penetration คือ ระยะที่ Punch กดเข้าไปในเนื้อโลหะก่อนที่โลหะจะขาดออกจากกัน คิดเป็นเปอร์เซนต์เทียบกับความหนาของโลหะ

ตารางที่ 2.2 ตารางเปอร์เซ็นต์ Penetration ของ Steel

MATERIAL THICKNESS	IN.	1	3/4	5/8	1/2	3/8	5/16	1/4	3/16	1/8	3/32	1/16	1/32
	MM.	25.4	19.1	15.9	12.7	9.5	7.9	6.4	4.8	3.2	2.4	1.6	0.8
PENETRATION %		25	31	35	37	44	47	50	56	62	67	75	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าฉาดกระบัง

ตารางที่ 2.3 ตารางเปอร์เซ็นต์ Penetration ของ Steel แบ่งค่าตาม shearing strength

MATERIAL	THICKNESS (mm)			
	UPTO 1	1 – 2	2 – 4	4 AND OVER
STEEL				
(σ_s = 25 – 35 kg/mm^2)	75 – 70	70 – 65	65 – 55	50 – 40
(σ_s = 35 – 50 kg/mm^2)	65 – 60	60 – 55	55 – 48	45 – 35
(σ_s = 50 – 70 kg/mm^2)	50 – 47	47 – 45	44 – 38	35 – 25
ALUMINUM COPPER	80 – 75	75 – 70	70 – 60	65 – 50

σ_s= shearing strength

2.4.5 รูปร่างของหน้าตัดที่เกิดขึ้น

เมื่อนำเอาเหล็กกล้ามาตัดโดยการใช้ช่องว่างระหว่างพั้นซ์และดายน้อยกว่าความหนาของแผ่นชิ้นงาน จะเกิดลักษณะบนหน้าตัดที่ถูกตัดขาดแล้วได้ 4 ส่วนคือ

1). ส่วนที่เกิดโค้งมน (Roll over) ส่วนนี้จะเกิดขึ้นเมื่อแท่งพั้นซ์กดชิ้นงานให้ไหลตัวลงไปในช่องว่างของพั้นซ์และดายทำให้มีรูปร่างคล้ายกับก้นจาน การเกิดโค้งมนจะมีมากขึ้นถ้าใช้ช่องว่างของพั้นซ์ และดายมากและโลหะที่นำมาตัดนั้นเป็นโลหะอ่อน

2). ส่วนหน้าตัดเฉือน (Burnish) เป็นส่วนที่เกิดขึ้นหลังจากแท่งพั้นซ์ ถูกกดกินลึกลงไปในเนื้อของโลหะระยะหนึ่งแล้วก็จะเกิดการตัดเฉือนชิ้นงานในแนวดิ่ง ทำให้เกิดการขัดถูระหว่างขอบคมตัดของพั้นซ์ และเนื้อของโลหะที่ถูกตัด ส่วนที่ถูกตัดตรงบริเวณพื้นที่นี้จะมีลักษณะเป็นมันวาวและแนวที่ถูกตัดจะได้ฉากกับผิวหน้าของชิ้นงาน

หน้าตัดเฉือนเป็นส่วนที่สำคัญมากเพราะขนาดและความเที่ยงตรงของผลผลิตจะถูกกำหนดไว้ที่ส่วนนี้ สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของหน้าตัดเฉือนและช่องว่างระหว่างพั้นซ์ และดาย มีดังนี้คือ ถ้าใช้ขนาดของช่องว่างมากจะทำให้ความสูงของหน้าตัดเฉือนน้อยลง เพราะแทนที่แผ่นชิ้นงานจะถูกของหน้าตัดเฉือนมากขึ้นและพื้นที่ที่ถูกตัดจะดูแลสวยงาม ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวจะเป็นจริงก็ต่อเมื่อกำหนดให้ใช้ขนาดของช่องว่างเท่ากับ 8% ของความหนาของแผ่นชิ้นงาน

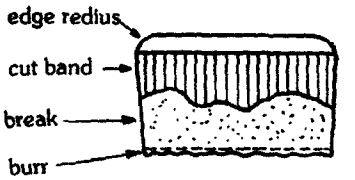
3). ส่วนที่เกิดรอยแยก (Fracture) เป็นส่วนที่เกิดหลังจากมีการตัดเฉือนของพั้นซ์บนแผ่นชิ้นงานแล้ว แรงที่ใช้บนแท่งพั้นซ์ จะทำให้เกิดความเค้นดึงสูงกว่าความแข็งแรงสูงสุดของโลหะนั้น การแตกจะเกิดขึ้นในลักษณะถูกดึงขาด ดังนั้นรูปร่างของรอยฉีกจึงมีรูปร่างขรุขระไม่เป็นระเบียบ ความสัมพันธ์ของรอยแตกที่เกิดขึ้น และขนาดของช่องว่างระหว่างพั้นซ์และดายนั้นจะแตกต่างกับความสัมพันธ์ในส่วนอื่นๆ ในกรณีที่ใช้ขนาดของช่องว่างน้อยกว่า 10% ของความหนาของแผ่นชิ้นงานจะทำให้ความกว้างของรอยแตกเล็กลงตามลำดับ แต่ถ้าใช้ขนาดของช่องว่างมากกว่า 10 ถึง 25 % เกือบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่รอยแยก แต่ถ้าขนาดของช่องว่างที่ใช้มากกว่า 25% จะทำให้ความกว้างของรอยแตกเพิ่มขึ้นอีก และถ้าใช้ขนาดของช่องว่างมากที่มุมที่รอยแยกกระทำกับพื้นผิวของแผ่นชิ้นงานก็จะยิ่งโตขึ้น ดังนั้นจึงควรกำหนดขนาดของช่องว่างที่ใช้ให้เหมาะสมกับชิ้นงานนั้นๆ

4). ส่วนที่เกิดรอยขรุขระ (Burr) ที่ผิวหน้าแผ่นชิ้นงาน ส่วนนี้เกิดจากขอบคมตัดที่แท่งพั้นซ์ และดายที่อ ซึ่งในการตัดโลหะแผ่นด้วยดายจะต้องมีเกิดขึ้น ถ้าขอบคมตัดที่อมากจะเกิดรอยขรุขระสูงมาก โลหะอ่อนจะเกิดรอยขรุขระสูงมาก นอกจากนั้นรอยขรุขระยังมีส่วนสัมพันธ์กับช่องว่างระหว่างพั้นซ์กับดายอีกด้วย ซึ่งถ้ากำหนดให้

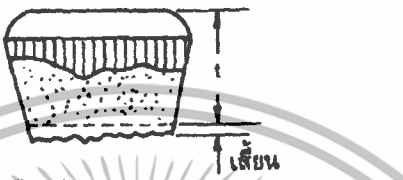
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

83052

ขนาดของช่องว่างมากกว่า 18% ของความหนาของชิ้นงานแล้วรอยขรุขระจะเกิดมากขึ้นตามลำดับ การทำให้รอยขรุขระให้มีค่าความสูงประมาณ 0.025 มิลลิเมตร อยู่คงที่นั้นเป็นสิ่งที่ทำได้ยากเพราะว่าต้องคอยลับคมอยู่เสมอ



(a) clearance พอดี



(b) clearance มาก

(c) clearance น้อยและน้อยไป

รูปที่ 2.21 สภาพของรอยตัดจากการตัดด้วย Clearance ต่างกัน

2.5 การเลือกใช้สลักเกลียว

เกลียวเป็นชิ้นส่วนที่เป็นพื้นฐานที่สุดของเครื่องจักรกล การประกอบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลแทบทุกอย่างจำเป็นต้องใช้เกลียว ชิ้นส่วนที่ใช้หลักการของเกลียวในการยึดคือ สลักเกลียวและแป้นเกลียว ในการยึดชิ้นส่วนเข้าด้วยกันนั้น นอกจากการใช้เกลียวแล้วยังมีการใช้หมุดยึด การเชื่อม การใช้กาวหรือสารยึด รวมถึงการกดย้ำแผ่นกระดาน เป็นต้น ข้อเสียของการใช้วิธีต่างๆที่กล่าวมานี้คือ หลังจากยึดแล้วไม่สามารถถอดออกจากกันได้อีก แต่เกลียวเป็นชิ้นส่วนที่ทำให้สามารถถอดและประกอบได้โดยยังรักษาความแข็งแรงไว้

เกลียวประกอบด้วยเกลียวตัวผู้และเกลียวตัวเมีย เกลียวตัวผู้เป็นเกลียวที่ได้จากการสร้างร่องเกลียวบนพื้นผิวด้านข้างของแท่งทรงกระบอก ส่วนเกลียวตัวเมียเป็นเกลียวที่ได้จากการสร้างร่องเกลียวบริเวณผิวภายในของรู โดยปกติเกลียวจะสร้างให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้าเมื่อหมุนเกลียวไปทางขวา เกลียวชนิดนี้เรียกว่า เกลียวขวา เกลียวที่มีอยู่ทั่วไปมักทำให้เป็นเกลียวขวา ในทางกลับกัน เกลียวที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าเมื่อหมุนเกลียวไปทางซ้าย เรียกว่า เกลียวซ้าย เกลียวซ้ายเป็นเกลียวที่ใช้เฉพาะกรณีพิเศษเท่านั้น เช่น หลังจาก เชื่อมเข้าด้วยกันแล้วมีแรงบิดกระทำในทิศวนซ้าย หากใช้เกลียวขวาแล้วจะทำให้เกลียวคลาย หรือในกรณีของเกลียวที่ไม่ต้องการให้ถอดออกเป็นต้น นอกจากนี้ยังบางชนิดต้องหมุนเกลียวเข้าทั้งสองด้านเหมือนหัวเข็มขัด (Buckle) ที่มักเห็นในงานก่อสร้าง ด้านหนึ่งจะเป็นเกลียวขวา ส่วนอีกด้านหนึ่งจะเป็นเกลียวซ้าย

เกลียวไม่ได้นำมาใช้ในการยึดอย่างเดียวเท่านั้น ยังใช้ในการส่งกำลัง โดยรูปร่างของฟันเกลียวจะต่างกันไปตามหน้าที่การใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

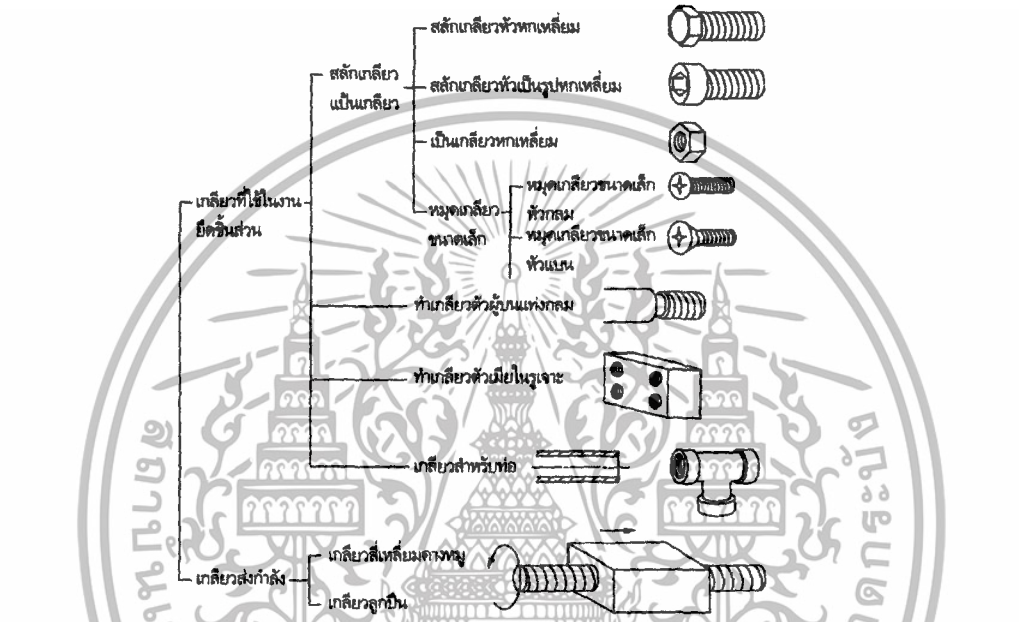
ประเภทของการใช้งานเกลียวสามารถจัดหมวดหมู่ได้ดังรูปที่ 2.22 โดยจะอธิบายถึงเกลียวที่ใช้ในการยึดชิ้นงาน

การยึดชิ้นส่วนโดยเกลียวสามารถแบ่งได้เป็น 2 กรณีดังนี้

1). การยึดชิ้นส่วน 2 ชิ้นโดยใช้สลักเกลียว

2). การยึดชิ้นส่วนโดยการสร้างเกลียวบนชิ้นส่วนแล้วยึดเข้าด้วยกัน

การยึดในกรณีที่ 1 จะเลือกสลักเกลียวมาตรฐานที่เหมาะสมมาใช้ ส่วนในกรณีที่ 2 จะทำเกลียวที่ชิ้นงานส่วนที่เป็นแท่งกลมหรือในรู



รูปที่ 2.22 การใช้งานเกลียวชนิดต่างๆ

2.6 กรรมวิธีการชุบแข็ง

2.6.1 การชุบแข็งเฉพาะผิว (Surface Hardening)

การชุบแข็งพื้นผิว เป็นการชุบแข็งเพื่อให้ได้ความแข็งเฉพาะตามบริเวณผิวเท่านั้น ส่วนเนื้อเหล็กภายใต้ผิวแข็งจนถึงใจกลางยังคงเป็นเนื้อเหล็กเดิมซึ่งมีความเหนียวสูง ความมุ่งหมายก็เพื่อต้องการให้เหล็กทนต่อการสึกหรอในขณะใช้งาน ทนต่อแรงบิดหรือแรงกระแทกอย่างรุนแรงได้ดีโดยไม่แตกหัก นับเป็นกรรมวิธีชุบแข็งเหล็กที่มีส่วนดีกว่าการชุบแข็งตามที่ได้กล่าวมาแล้ว เพราะการชุบแข็งโดยวิธีที่กล่าวมาแล้วแม้จะได้ความแข็งที่ผิวสูงก็ตาม แต่จะสูญเสียความเหนียวของเหล็ก การทำ Tempering จะช่วยเพิ่มความเหนียวได้บ้าง แต่กลับจะต้องสูญเสียความแข็งไปบ้าง ยกเว้นเหล็กผสมสูงบางชนิดที่ทำให้ได้คุณภาพทั้งความแข็งและความเหนียว แต่เหล็กผสมสูงส่วนมากราคาจะแพง ดังนั้นจะเห็นว่าการชุบแข็งพื้นผิว จึงนับว่าเป็นกรรมวิธีชุบแข็งที่น่าสนใจมากในด้านความประหยัด และได้ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ดีมีคุณภาพพร้อมทั้งความแข็งผิวและความเหนียว ตัวอย่างชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่นิยมทำการชุบแข็งผิวได้แก่ เพลาข้อเหวี่ยง เพลาราวลิ้น เฟืองเกียร์ และอื่น ๆ การชุบแข็งพื้นผิวกระทำได้หลาย ๆ วิธีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1.1 <u>การชุบแข็งพื้นผิวโดยวิธี Carburizing หรือ Case Hardening</u>

เหล็กที่ชุดผิวแข็งพื้นผิวด้วยกรรมวิธีนี้จะต้องเป็นเหล็กที่มีคาร์บอนต่ำประมาณ 0.1 – 0.2% และอาจจะมีธาตุบางตัว เช่น นิเกิล โครเมียม วานาเดียม ผสมอยู่บ้างในปริมาณเล็กน้อย เพื่อเพิ่มความเหนียวให้กับเหล็ก ปกติเหล็กที่มีคาร์บอนต่ำจะไม่สามารถทำการชุบแข็งด้วยวิธีธรรมดา เพราะมีคาร์บอนน้อย จะไม่มีโอกาสได้โครงสร้าง Martensite แต่เหล็กชนิดนี้จะมีความเหนียวสูง ทนได้ดีต่อแรงบิดและแรงกระแทก หลักในการชุบด้วยวิธีนี้ใช้หลักการเพิ่มปริมาณคาร์บอนให้กับบริเวณผิวเหล็กได้สูงประมาณ 0.8% ซึ่งเป็นเหล็กคาร์บอนที่มีคุณสมบัติชุบแข็งดีที่สุด หลังจากนั้นจะนำเหล็กไปทำการชุบ เพื่อให้ได้ความแข็ง และความเหนียวต่อไป

วิธีการเพิ่มปริมาณคาร์บอนให้กับบริเวณผิวเหล็กมี 3 ลักษณะด้วยกันคือ

1). การเพิ่มโดยใช้สารเพิ่มคาร์บอนในสภาพของแข็ง (Solid Carburizing)

สารเพิ่มคาร์บอนที่ใช้ ได้แก่ ผงถ่านไม้ (Charcoal) ประมาณ 70 – 80% โดยน้ำหนัก ผสมกับสารตัวเร่งปฏิกิริยา (Energizer) ได้แก่ ผงแบเรียมคาร์บอเนต หรือ โซเดียมคาร์บอเนต และแคลเซียมคาร์บอเนต รวมกันอีกประมาณ 20 – 30% ดังตัวอย่างเช่น

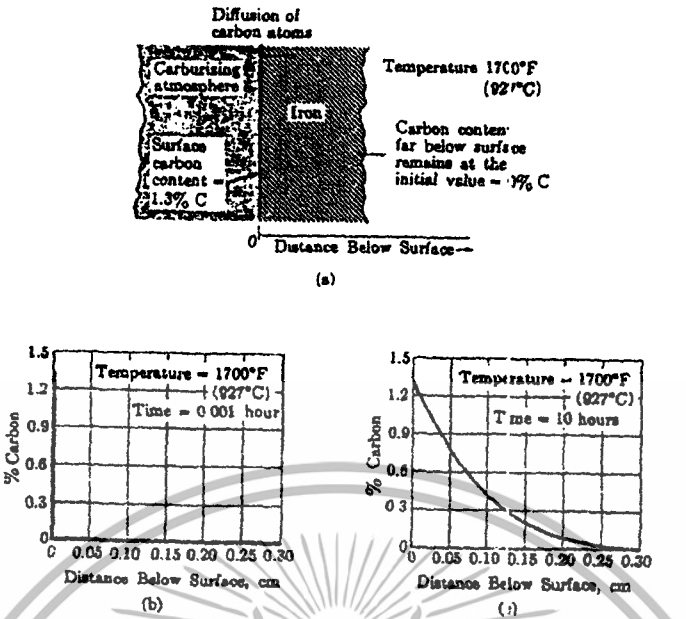
ถ่านไม้	74 – 78%
$BaCO_3$	12 – 15%
Na_2CO_3	1 – 1.5%
$CaCO_3$	3 – 5%

น้ำมันหรือน้ำเหลือน้ำตาล (Molasses) 4.5 – 55% (เพื่อช่วยให้อัดตัวได้แน่น) นำเอาแท่งเหล็กที่จะชุบผิวแข็งมาบรรจุในหีบเหล็ก หรือภาชนะเคลือบที่ทนความร้อนโดยอัดผงสารเพิ่มคาร์บอนให้รอบแท่งเหล็ก และอัดให้แน่นถ้ามีแท่งเหล็กหลาย ๆ ชิ้นบรรจุในหีบใบเดียวกัน จะต้องวางให้ห่างกันประมาณ 20 – 25 มม. หรือจะมากกว่านี้ก็ไม่มีผลเสีย เมื่อบรรจุและอัดผงสารเพิ่มคาร์บอนจนแน่นดีแล้วจะต้องมีฝาปิดอย่างมิดชิด โดยใช้ดินทนไฟยาตามรอยให้สนิทเพื่อป้องกันมิให้อากาศแทรกเข้าไปทำการเผาไหม้กับคาร์บอนได้

จากนั้นนำเอาหีบเหล็กไปเผาในเตาช้า ๆ จนถึงอุณหภูมิระหว่าง 900 - 950 °C เวลาที่ใช้ในการเพิ่มปริมาณคาร์บอนจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักของเหล็กที่จะชุบแข็งผิว และที่สำคัญก็คือ ความหนาของผิวแข็งที่ต้องการตามปกติถือหลักปฏิบัติง่าย ๆ คือ จะเผานาน 1 ชั่วโมงต่อความหนาของผิวแข็ง 0.1 มม. แต่ปริมาณคาร์บอนที่ผิวและใต้ผิวจนถึงใจกลางจะลดลงโดยลำดับ ดังรูปที่ 2.23

ความหนาผิวแข็ง (Case depth) คือ ความหนา หรือความลึกของผิวแข็ง ที่มีความแข็งสูงกว่า 500HV หรือประมาณ 500 HB การวัดความหนาผิวนี้จะวัดจากแท่งเหล็กตัวอย่าง หลังจากทำการชุบแข็งผิวแล้วจะตัดหรือตีหักแล้วขัดให้เรียบเพื่อสะดวกต่อการวัดความแข็งจากผิวลึกเข้ามาภายใน จากนั้นนำไปเขียนกราฟระหว่างความแข็งกับระยะที่ห่างจากผิว ระยะจากผิวลึกเข้ามาจนถึงระดับความแข็ง 550 HV คือ ค่าความหนาผิวแข็ง ซึ่งค่าความหนาผิวแข็งนี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการทำ Carburizing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The diffusion of carbon in iron during carburizing. (a) Schematic representation of the procedure used in carburizing an iron plate. (b) Carbon penetration curve near the beginning of the carburizing process, and (c) after 10 hours.

รูปที่ 2.23 แสดงลักษณะการแพร่ซึมของคาร์บอนเข้าสู่ผิวของแท่งเหล็กระหว่างการทำ Carburizing

2). การชุบแข็งผิว โดยใช้ก๊าซ (Gas Carburizing)

การชุบแข็งผิวโดยการเพิ่มคาร์บอน ด้วยวิธีใช้ก๊าซมีข้อที่ดีกว่าการใช้ของแข็งอยู่หลายประการ เช่น เวลาที่ใช้ในการชุบแข็งผิวจะสั้นกว่า เพราะไม่ต้องเสียเวลาไปเผาหีบ (Case) และสารตัวเพิ่มคาร์บอนที่เป็นของแข็งซึ่งเป็นฉนวนความร้อน สามารถใช้เตาที่มีเนื้อที่เล็กกว่า การควบคุมปริมาณคาร์บอน และความหนาของผิวแข็งทำได้แน่นอนกว่า ประการสุดท้ายก็คือ ลดแรงงานในการบรรจุเหล็กลงหีบ และรื้อออกเมื่อสำเร็จ

ก๊าซที่ใช้เป็นตัวเพิ่มคาร์บอนจะใช้ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ที่สำคัญได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ (ก๊าซมีเทน CH_4) ซึ่งก๊าซชนิดนี้จะต้องมีความบริสุทธิ์มาก เพราะถ้ามีน้ำมันติดเข้ามาจะทำให้เกิดเขม่าของน้ำมันที่เผาไหม้และไปจับตามบริเวณผิวของแท่งเหล็ก อันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อะตอมคาร์บอนที่เกิดจากปฏิกิริยาไม่สามารถแพร่ซึมผ่านผิวเหล็กได้ การชุบแข็งผิวจะได้ผลไม่ดี

หลักในการชุบแข็งผิวแบบก๊าซนี้ จะใช้เตาที่ปิดมิดชิด อาจจะเป็นชนิดบรรจุเหล็กทีละครั้ง หรือแบบต่อเนื่อง โดยสายพานเหล็กทนความร้อน เป็นตัวพาแท่งเหล็กให้เคลื่อนผ่านเตาในอัตราช้า ๆ อุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 900° – 950°C ภายในเตาจะปล่อยให้ก๊าซไฮโดรคาร์บอนให้ไหลผ่านในอัตราที่พอเหมาะเพื่อให้ได้ปริมาณคาร์บอนที่ผิวเหล็กตามที่กำหนด คือ ควรจะได้ปริมาณคาร์บอนที่ผิวประมาณ 0.8%

3). การชุบแข็งผิว โดยใช้สารเพิ่มคาร์บอนที่เป็นของเหลว (Liquid Carburizing)

การชุบแข็งผิวด้วยวิธีนี้ สารเพิ่มคาร์บอนจะเป็นเกลือระหว่าง NaCl 10 – 15% ผสมกับ Na_2CO_3 75 – 85% หลอมในเบ้าหลอมให้ละลายที่อุณหภูมิ 850 - 900 °C ผสมซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) ประมาณ 6 – 10% ปฏิกิริยาที่เกิดในเบ้าหลอมจะเป็นดังนี้

$$2Na_2CO_3 + SiC = Na_2SiO_3 + Na_2O + 2CO + C_{at}$$

$$2CO = CO_2 + C_{at}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากปฏิกิริยาจะเห็นว่า NaCl ไม่มีบทบาทอะไร เพียงแต่เป็นตัวช่วยทำให้โซเดียมคาร์บอเนตหลอมละลายได้ง่าย NaCl ทำหน้าที่เป็น Flux ส่วนโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) และโซเดียมออกไซด์ (Na_2O) จะลอยขึ้นที่ผิวกลายเป็นแสลก (Slag)

สำหรับก๊าซ CO ที่เกิดขึ้นจะแตกตัวให้อะตอมของคาร์บอนแรกเกิดกับก๊าซ CO_2 จะเห็นได้ว่าจากปฏิกิริยามีอะตอมคาร์บอนแรกเกิด ทั้งจากปฏิกิริยาโดยตรง และจาก CO ทำให้การชุบแข็งผิวด้วยวิธีนี้ใช้เวลาสั้นกว่าใช้ก๊าซในแบบธรรมดา แต่จะต้องเคยเติมเกลือโซเดียมคาร์บอเนต และซิลิกอนคาร์ไบด์ลงไปในอ่างเกลือเป็นระยะ ๆ

วิธีการชุบแข็งด้วยวิธีนี้เป็นวิธีที่สะดวก เพียงแต่หุ่มแท่งเหล็กลงไปในอ่างเกลือหลอมละลายในเวลาที่พอเหมาะ แล้วนำเอาแท่งเหล็กไปชุบน้ำได้ทันที จะเห็นว่าการชุบแข็งผิววิธีนี้มีผลดีตรงที่แท่งเหล็กจะร้อนสม่ำเสมอ การบิดตัวของแท่งเหล็กมีน้อย และสามารถชุบแข็งได้ทันทีจากอ่างเกลือ ส่วนเวลาที่ใช้นั้นเร็วกว่าใช้ก๊าซ ดังตัวเลขที่แสดง

ตารางที่ 2.4 เวลาที่ใช้ในการชุบผิวแข็งโดยใช้สารเพิ่มคาร์บอนที่เป็นของเหลว

ความหนาของผิวแข็ง (มิลลิเมตร)	0.2	0.25	0.35	0.4	0.5
เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0

2.6.1.2 การชุบแข็งในเตาสุญญากาศ

ในปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่า การชุบแข็งเหล็กกล้าในเตาอบสุญญากาศเป็นสิ่งที่มีจำเป็นอย่างยิ่ง ข้อดีที่สำคัญคือมีการสูญเสียรูปต่ำ และค่าใช้จ่ายในการตัดเฉือนภายหลังจะมีน้อยกว่าเนื่องจากผิวไม่เสียหายจากออกไซด์ การให้ความร้อนในเตาสุญญากาศต่อชิ้นงานจะเป็นลักษณะที่ไม่รวดเร็วจึงเป็นการลดความเสี่ยงการเสียรูปได้ตั้งแต่ต้น

การเย็นตัวโดยการใช้ก๊าซไนโตรเจนฉีดเข้าไปในเตาด้วยความดัน 1 - 10 bar จะสามารถทำให้เหล็กมีความแข็งสม่ำเสมอตลอดหน้าตัดได้ ชนิดของเหล็กกล้าที่เหมาะสมในการชุบแข็งแบบเตาสุญญากาศ ควรเป็นเหล็กกล้าที่มีความสามารถในการชุบแข็งสูง (High Hardenability) ซึ่งหมายถึงมีอัตราการเย็นตัววิกฤต (Critical Cooling Rate : CCR) ต่ำ ซึ่งส่วนมากเป็นเหล็กกล้าเจือสูง (High Alloy Steels) เช่น เหล็กกล้าเครื่องมือ (Tool Steels) เหล็กกล้ารอบสูง (High Speed Steels) เหล็กกล้าทำวาล์ว (Valve Steels) และเหล็กกล้าไร้สนิมบางชนิดเป็นต้น

หลักการทำงานของเตาสุญญากาศนั้นเป็นการให้มีการเย็นตัวด้วยก๊าซไนโตรเจนความดันสูงทำให้สามารถให้การเย็นตัวได้สูงขึ้น และสามารถครอบคลุมชนิดของเหล็กกล้าได้มากขึ้นด้วย ความเร็วในการเย็นตัวที่ทำได้ใกล้เคียงกับการชุบในบ่อเกลือ

เพื่อให้การเสียรูปของชิ้นงานชุบมีน้อย จึงมีการพัฒนาทิศทางของการเป่าก๊าซสู่ชิ้นงานโดยสลับทิศทางจากด้านบนสู่ด้านล่าง หรือระหว่างด้านซ้ายกับด้านขวา ทำให้สามารถควบคุมการเสียรูปของชิ้นงานให้น้อยลงอย่างมาก

การสลับทิศทางของก๊าซที่วิ่งผ่านชิ้นงานขณะทำให้ชิ้นงานเย็นตัวจะช่วยลดการเสียรูปของชิ้นงานชุบแข็งได้ ความเร็วของงานที่เป่าก็สามารถปรับให้ช้าๆ ได้จน Cooling rate พอๆกับการชุบแข็งในอ่างน้ำเกลือซึ่งสามารถปรับให้เข้ากับขนาดและรูปร่างของชิ้นงานได้อีกด้วยจากค่าความดันของก๊าซ

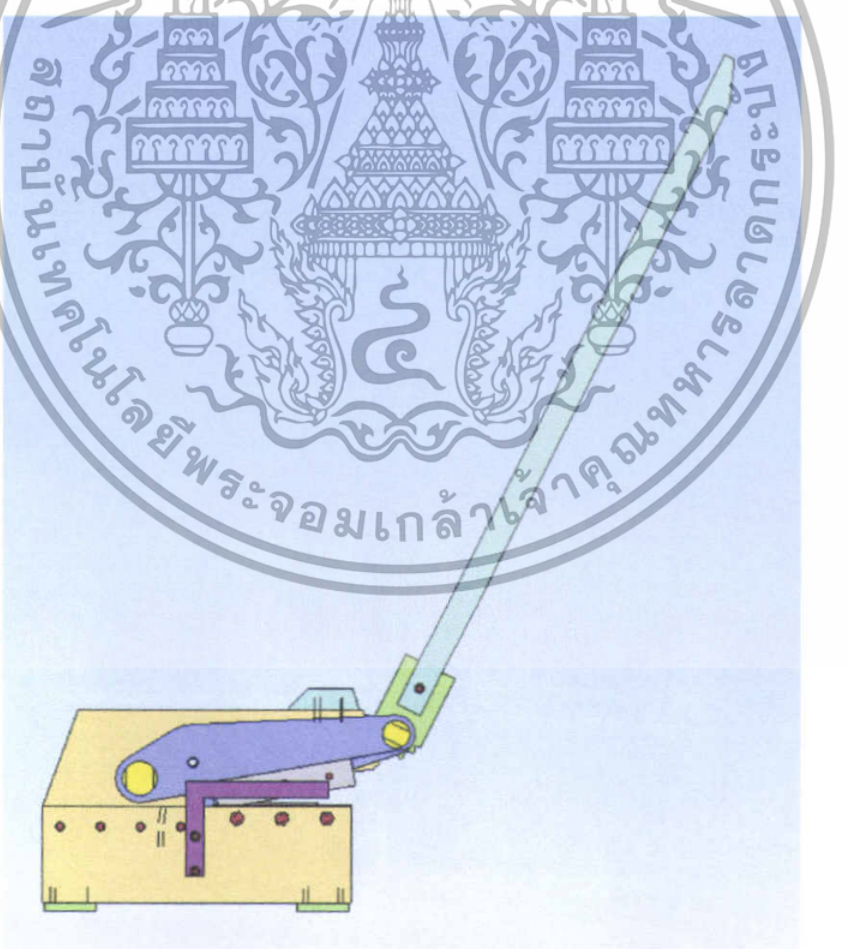
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ด้านโครงสร้าง

3.1.1 ออกแบบโครงสร้างของเครื่องจักร

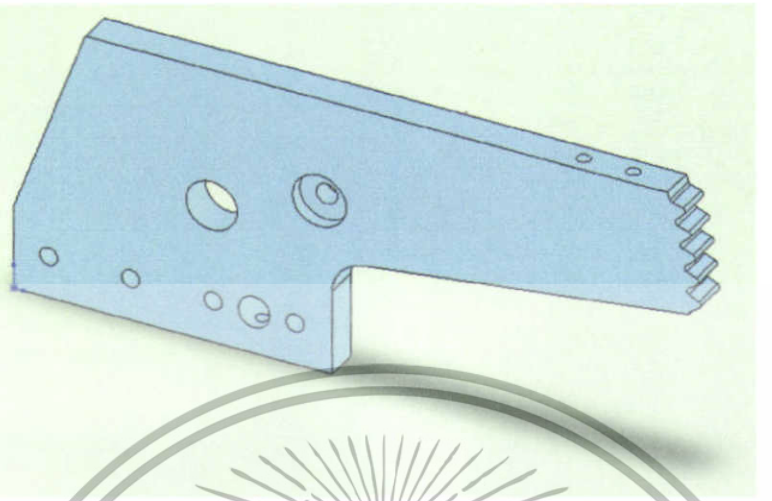
การออกแบบเครื่องตัดโลหะแบบคันโยกด้วยโปรแกรมโซลิดเวิคส์ (SolidWorks) ที่ใช้มือโยกในการตัดเหล็กสามารถตัดโลหะเส้นแบนและโลหะเส้นกลมได้ ออกแบบขนได้รูปของโครงสร้างเครื่องตัดโลหะแบบคันโยก ดังรูปที่ 3.1 เพื่อใช้ในการดำเนินการสร้างต่อไป



รูปที่ 3.1 การออกแบบโครงสร้างด้วยโปรแกรมโซลิดเวิคส์ (SolidWorks)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ภาพรายละเอียดแบบแยกชิ้นส่วนของโครงสร้างสำหรับการขึ้นรูป



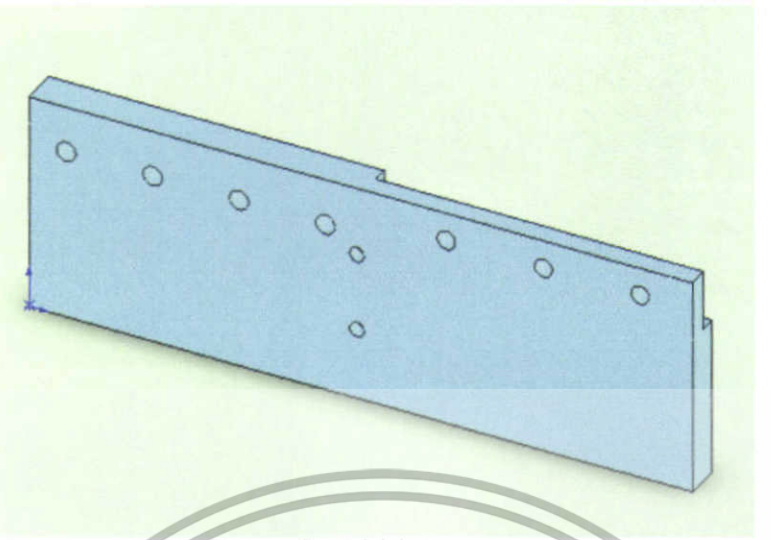
รูปที่ 3.2 โครงส่วนบน

วัสดุ	:	เหล็ก SS400
คุณลักษณะ	:	รับแรงกระแทก ต้องการผิวแข็งบริเวณเฟือง
หน้าที่	:	เป็นส่วนโครงหลักของเครื่องในการตัดโลหะ
เครื่องจักรที่ใช้ผลิต	:	เครื่องไส, เครื่องกัด, เครื่องเจาะ, เครื่องกลึง

รูปที่ 3.3 โครงส่วนกลาง

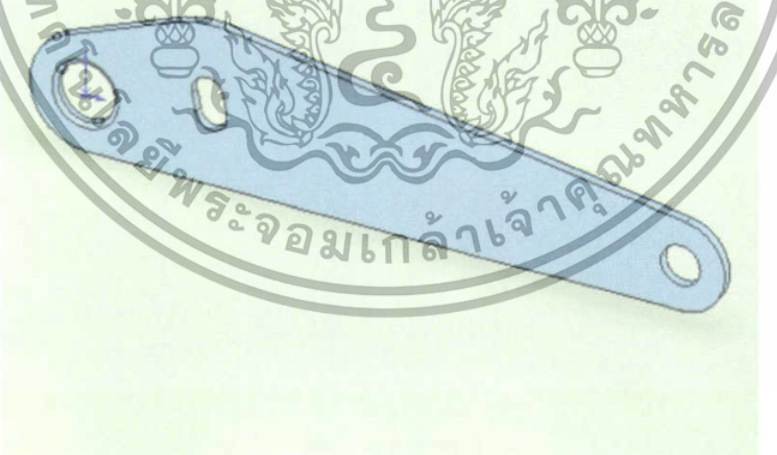
วัสดุ	:	เหล็ก SS400
คุณลักษณะ	:	รับแรงอัด
หน้าที่	:	เป็นส่วนประกอบของโครงหลัก
เครื่องจักรที่ใช้ผลิต	:	เครื่องไส, เครื่องเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 โครงส่วนล่าง

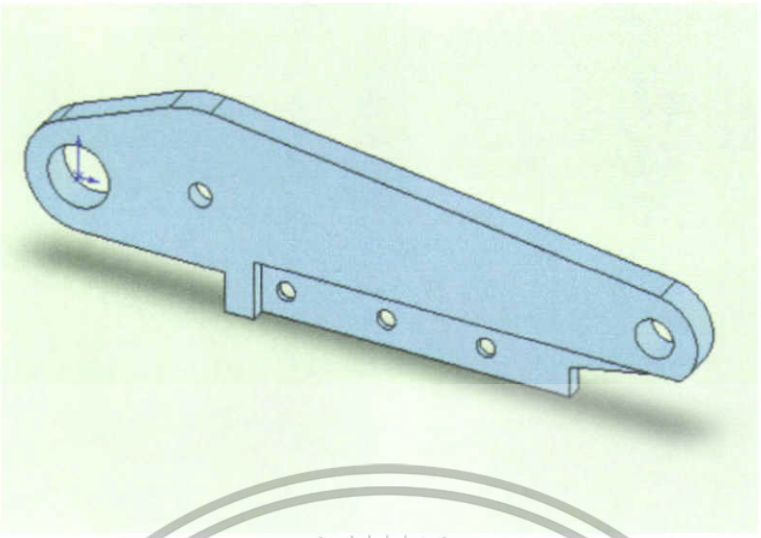
วัสดุ	:	เหล็ก SS400
คุณลักษณะ	:	รับแรงอัด ทนต่อการกระแทก
หน้าที่	:	เป็นส่วนฐานโครงหลักของเครื่อง
เครื่องจักรที่ใช้ผลิต	:	เครื่องไส, เครื่องกัด, เครื่องเจาะ



รูปที่ 3.5 ตัวประกบชุดตัวเลื่อน

วัสดุ	:	เหล็ก SS400
คุณลักษณะ	:	รับแรงกระแทก
หน้าที่	:	เป็นตัวประคองคันโยกในการกดตัดโลหะ
เครื่องจักรที่ใช้ผลิต	:	เครื่องไส, เครื่องกัด, เครื่องเจาะ, เครื่องกลึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



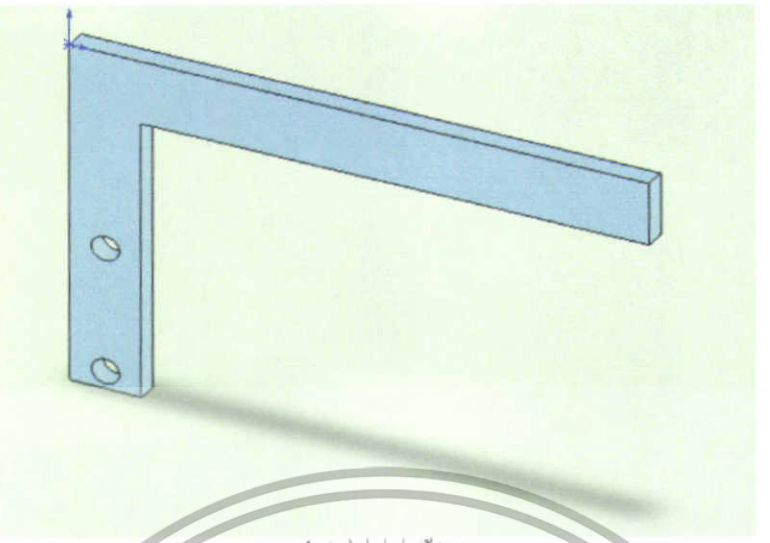
รูปที่ 3.6 ชุดตัวเลื่อน

วัสดุ	:	เหล็ก SS400
คุณลักษณะ	:	รับแรงกระแทก แรงอัดและดึง
หน้าที่	:	เป็นตัวขับใบมีดตัดและเคลื่อนที่ลงเพื่อตัดโลหะ
เครื่องจักรที่ใช้ผลิต	:	เครื่องไส, เครื่องกัด, เครื่องเจาะ, เครื่องกลึง

รูปที่ 3.7 ชุดเฟืองคันโยก

วัสดุ	:	เหล็ก SS400
คุณลักษณะ	:	รับแรงกระแทก ต้องการผิวแข็งบริเวณเฟือง
หน้าที่	:	เป็นตัวส่งกำลังให้กับชุดมีดตัด โดยผ่านเฟือง
เครื่องจักรที่ใช้ผลิต	:	เครื่องไส, เครื่องกัด, เครื่องเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



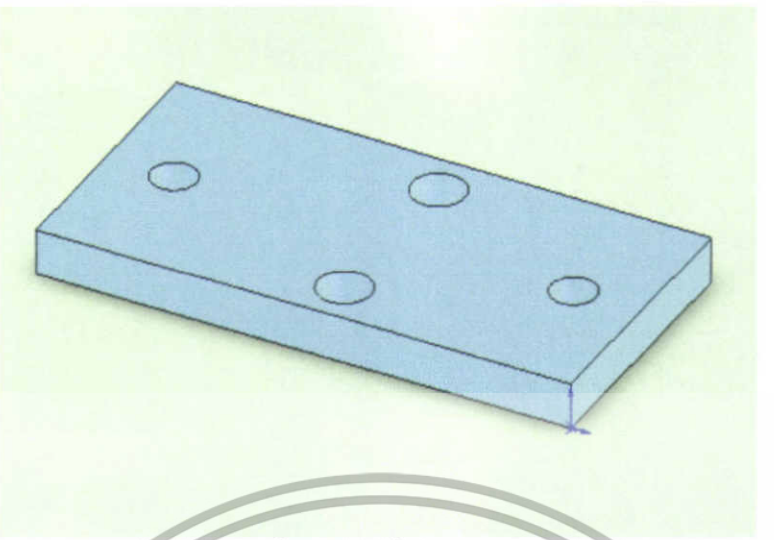
รูปที่ 3.8 ตัวกดชิ้นงาน

วัสดุ	:	เหล็ก SS400
คุณลักษณะ	:	รับแรงดึงและอัด
หน้าที่	:	เป็นตัวกดชิ้นงานเพื่อไม่ให้ชิ้นงานกระดกในขณะตัด
เครื่องจักรที่ใช้ผลิต	:	เครื่องไส, เครื่องเจาะ, เครื่องเชื่อมไฟฟ้า

รูปที่ 3.9 ตัวค้ำคันโยก

วัสดุ	:	เหล็ก SS400
คุณลักษณะ	:	รับแรงกระแทก
หน้าที่	:	เป็นตัวค้ำให้คันโยก
เครื่องจักรที่ใช้ผลิต	:	เครื่องไส, เครื่องเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



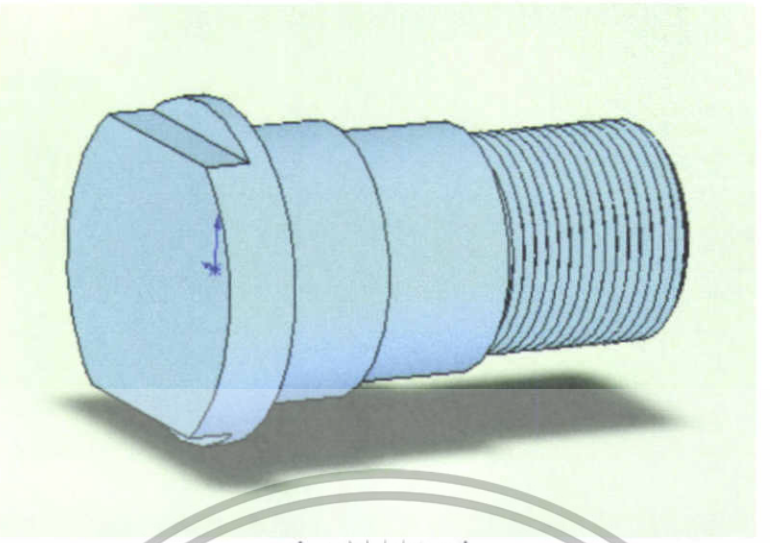
รูปที่ 3.10 ขาเครื่องตัดโลหะ

วัสดุ	:	เหล็ก SS400
คุณลักษณะ	:	รับแรงอัด ทนต่อแรงกระแทก
หน้าที่	:	เป็นฐานของเครื่องตัดเหล็ก
เครื่องจักรที่ใช้ผลิต	:	เครื่องไส, เครื่องเจาะ

รูปที่ 3.11 สกรูคันโยก

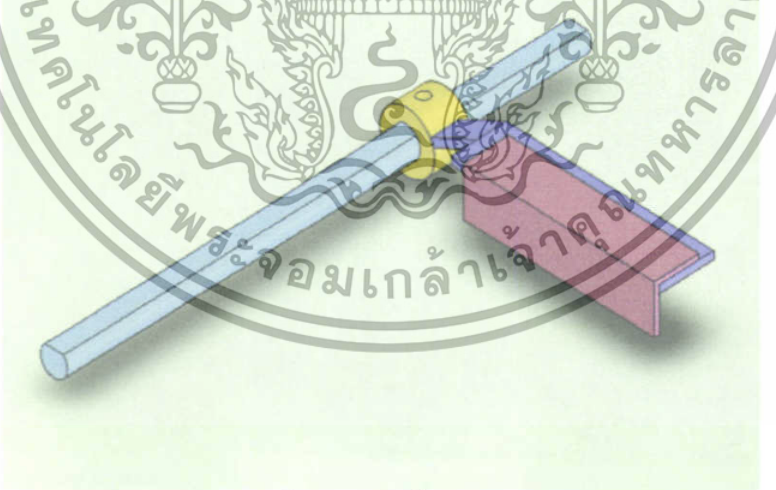
วัสดุ	:	เหล็ก SS400
คุณลักษณะ	:	รับแรงกระแทก แรงเฉือน
หน้าที่	:	เป็นสกรูยึดระหว่างชุดเฟืองคันโยกกับตัวเลื่อน
เครื่องจักรที่ใช้ผลิต	:	เครื่องไส, เครื่องกลึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 สกรูหัวเครื่อง

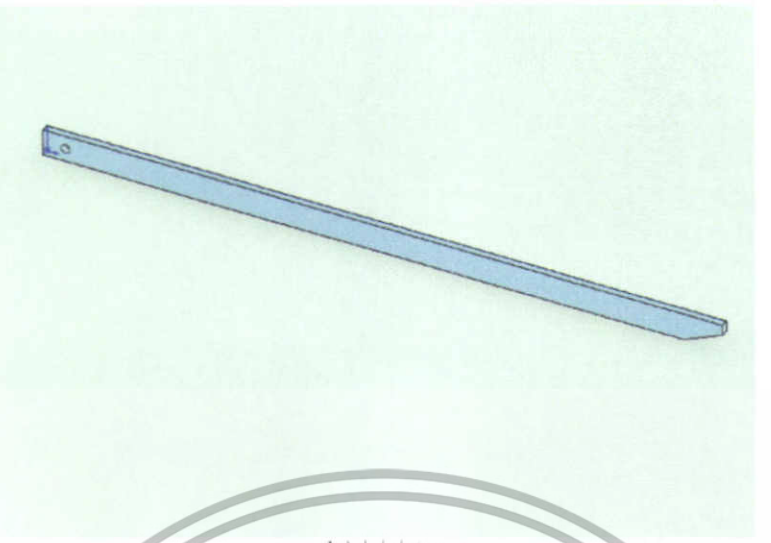
วัสดุ	:	เหล็ก SS400
คุณลักษณะ	:	รับแรงกระแทก แรงเฉือน
หน้าที่	:	เป็นสกรูยึดระหว่างโครงบนกับชุดตัวเลื่อน
เครื่องจักรที่ใช้ผลิต	:	เครื่องไส, เครื่องกลึง



รูปที่ 3.13 ชุดตัวตั้งระยะตัด

วัสดุ	:	เหล็ก SS400
คุณลักษณะ	:	รับแรงกระแทก
หน้าที่	:	เป็นตัวตั้งระยะในการตัดโลหะ
เครื่องจักรที่ใช้ผลิต	:	เครื่องไส, เครื่องกลึง, เครื่องเจาะ, เครื่องเชื่อมไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



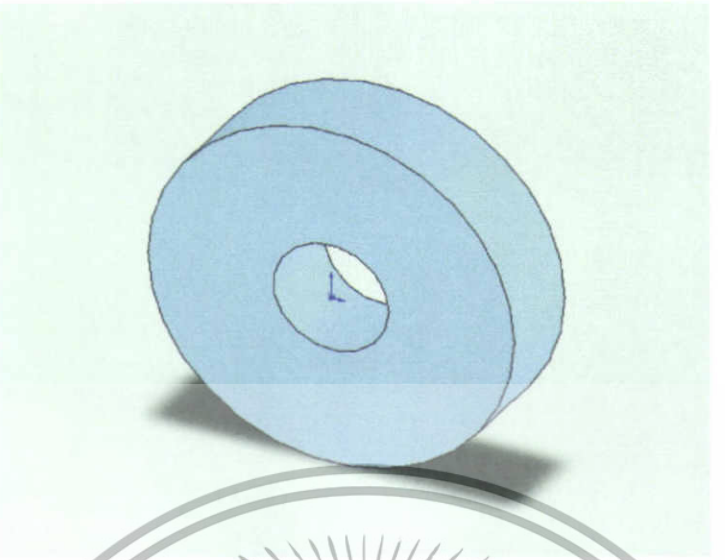
รูปที่ 3.14 ต้นโยก

วัสดุ	:	เหล็ก SS400
คุณลักษณะ	:	รับแรงกระแทก, ทนต่อการตัด
หน้าที่	:	เป็นต้นโยกเพื่อส่งแรงไปยังมีดตัด
เครื่องจักรที่ใช้ผลิต	:	เครื่องไส, เครื่องกลึง, เครื่องเจาะ, เครื่องเชื่อม

รูปที่ 3.15 มีดตัดโลหะเส้นแบน

วัสดุ	:	เหล็ก DC53
คุณลักษณะ	:	รับแรงกระแทกและอัด ชุบแข็งที่ 57 HRC
หน้าที่	:	เป็นใบมีดตัดในการตัดโลหะเส้นแบน
เครื่องจักรที่ใช้ผลิต	:	เครื่องไส, เครื่องเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 มีดตัดโลหะเส้นกลม

วัสดุ : เหล็ก DC53

คุณลักษณะ : รับแรงกระแทกและอัด ชุบแข็งที่ 57 HRC

หน้าที่ : เป็นใบมีดตัดในการตัดโลหะเส้นกลม

เครื่องจักรที่ใช้ผลิต : เครื่องกลึง

3.2 เลือกใช้วัสดุที่จะนำมาเป็นชิ้นส่วนของเครื่องตัดโลหะ

ศึกษาและเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้ในการสร้างชิ้นส่วนเครื่องตัดโลหะให้เหมาะสม โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

3.2.1 โครงสร้างเครื่อง

โครงสร้างเครื่อง ได้แก่ ชิ้นส่วนของโครงส่วนบน โครงส่วนกลาง โครงส่วนล่าง ชุดตัวเลื่อน ตัวประกบชุดตัวเลื่อน ชุดตั้งระยะ และ คันโยก

วัสดุที่ใช้ เหล็กเหนียว SS400 เป็นตัวโครง และชิ้นส่วนทั่วๆ ไป

คุณสมบัติ เหล็ก SS400 เหมาะสำหรับงานโครงสร้างทั่วไป มีคุณสมบัติ เหนียว ทนต่อแรงกระแทก

3.2.2 มีดตัด

มีดตัด ได้แก่ชิ้นส่วนของ มีดตัดโลหะเส้นแบน และมีดตัดโลหะเส้นกลม

วัสดุที่ใช้ เหล็กกล้าผสม DC53

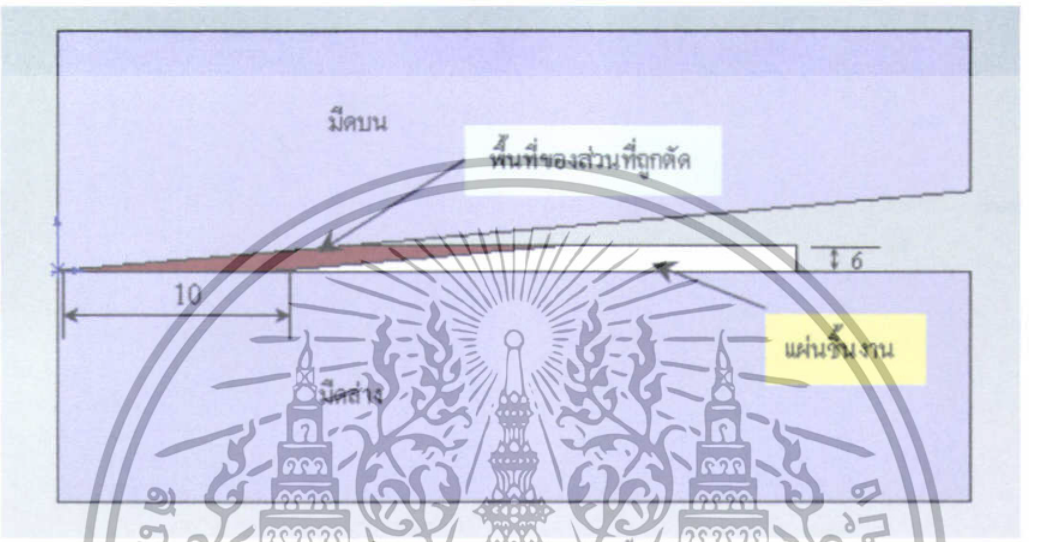
คุณสมบัติ ชุบแข็งได้ง่ายและทนทานการเสียดสีสูง มีความเหนียว เหมาะสำหรับทำแม่พิมพ์งานเย็นคุณภาพสูง สภาพอบอ่อนจะมีความแข็ง 25.4 HRC และหลังการชุบจะมีความแข็ง 62 HRC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ศึกษาข้อมูลของเครื่องตัดโลหะแบบคันโยก

ทำการศึกษาข้อมูลทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง หาข้อมูลใน การคำนวณหาแรงตัด การคำนวณหาแรงตัดที่เกิดจากการลดมุม การคำนวณระยะ Clearance และการเลือกใช้ขนาดของสลักและสลักเกลียว

3.3.1 สมการการคำนวณหาแรงกดของใบมีด



รูปที่ 3.17 ภาพมีดตัดขณะตัดชิ้นงาน

จากสมการ

$$P_p = \frac{A\sigma_s}{1000}$$ สมการ 3.1

โดย P_p = แรงตัด (ตัน)

A = พื้นที่ของส่วนที่ถูกตัด ในที่นี้กำหนดให้หน้ามีดตัดชิ้นงานเต็มหน้ามีด

= 10 มิลลิเมตร × ความหนาชิ้นงาน 6 มิลลิเมตร

σ_s = Shearing Strength ของเหล็กคาร์บอนไม่เกิน 0.1%

= 25 กิโลกรัม / ตารางมิลลิเมตร

แทนค่าจาก สมการที่ (3.1) หาค่าแรงตัด จะได้

P_p = $(A\sigma_s)/1000$

= $((10 \times 6) \times 25)/1000$

= 1.5 ตัน

3.3.2 การคำนวณหาแรงตัดที่เกิดจากการเอียงมุมมีดตัด

จากสมการ

$$P_{ps} = \frac{P_p(tf_p)}{S_h}$$ สมการ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย P_{ps} = แรงตัดที่เกิดจากการลดมุม

t = ความหนา

f_p = ระยะกินลึก เปิดจากตารางมาตรฐาน

= เหล็กคาร์บอนไม่เกิน 0.1% จะเท่ากับ 50%

S_h = ระยะความสูงของคมมีดตัด

แทนค่าจาก สมการที่ (3.2) หาค่าแรงตัดที่เกิดจากการลดมุม จะได้

$$P_{ps} = P_p ((t \times f_p) / S_h)$$

$$= 1500 ((6 \times 0.5) / 18.37)$$

$$= 224.96 \text{ กิโลกรัม}$$

จากขนาดแรงที่คำนวณได้ บวกค่าความเผื่อเพิ่มอีก 20% จะได้

$$P_{ps} = 224.96 \times (20 / 100)$$

$$= 269.95 \text{ กิโลกรัม}$$

ดังนั้น จะได้แรงตัดที่เกิดจากการลดมุม 269.95 กิโลกรัม

3.3.3 ทำการออกแบบและสร้างคันโยกของเครื่องตัดโลหะ

ความยาวของคันโยกจะใช้ขนาดความยาวของเครื่องตัดโลหะทั่วๆ ไป ซึ่งมีความยาวขนาด 1,050 มิลลิเมตร (1.05 เมตร) กว้าง 38 มิลลิเมตร และหนา 12 มิลลิเมตร

รูปที่ 3.18 ขนาดและแนวแรงของการตัด

จากรูปแรงกดของใบมีดที่ได้คำนวณไปแล้วข้างต้นมีขนาด 269.95 กิโลกรัม เมื่อออกแรง F เฟืองจะขับเพื่อกดใบมีดลงชิ้นงานโดยมีจุด A เป็นจุดหมุน

จากสมการ

โมเมนต์ทวน = โมเมนต์ตาม

$$F_1 \times d_1 = F \times d \qquad \text{สมการ 3.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าจาก สมการที่ (3.3) หาค่าแรงตัด จะได้

(269.95) (70) = F (1,090)

F = 17.34 กิโลกรัม

ดังนั้น เมื่อคำนวณแล้วจะต้องออกแรงตัดเหล็กขนาด 6 มิลลิเมตร ไม่น้อยกว่า 17.34 กิโลกรัม

3.3.4 การคำนวณระยะห่างระหว่างมีดบนและมีดล่าง (Clearance)

การคำนวณระยะห่างระหว่างมีดบนและมีดล่าง นี้มีค่าประมาณ 6 – 20% ของความหนาของชิ้นงาน โดยที่กำหนดขอบเขตความหนาของเหล็ก 2 - 6 มิลลิเมตร

- เหล็กความหนา 2 มิลลิเมตร คำนวณระยะ Clearance ได้ระยะ 0.12 - 0.4 มิลลิเมตร
- เหล็กความหนา 6 มิลลิเมตร คำนวณระยะ Clearance ได้ระยะ 0.36 - 1.2 มิลลิเมตร

เพราะฉะนั้นจึงเลือกใช้ Clearance ที่เหมาะสมที่สุด ระยะ = 0.4 มิลลิเมตร

3.3.5 สลักเกลียวที่ใช้ยึดใบมีดตัด

ใช้สกรูขนาด M10 x 1.5 มิลลิเมตร จำนวน 6 ตัว เนื่องจาก สกรูที่ยึดใบมีดรับภาระแรงกดไม่มาก เพราะส่วนโครงได้ทำบ่ารองรับใบมีดซึ่งรับแรงส่วนใหญ่ไว้แล้ว สกรูจึงมีหน้าที่ประคองใบมีดให้อยู่ในตำแหน่งของชุดใบมีดเท่านั้น

3.3.6 ขนาดของสลักที่ใช้เป็นจุดหมุนของมีดตัด

ตารางที่ 3.1 ขนาดของสลักแบบธรรมดาตามมาตรฐาน ISO 2338

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (d)	ความยาว (l)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (d)	ความยาว (l)
0.6	2-6	6	12-60
0.8	2-8	8	14-80
1	4-10	10	20-100
1.2	4-12	12	25-150
1.5	4-16	16	30-180
2	6-25	20	40 ขึ้นไป
2.5	6-25	25	50 ขึ้นไป
3	8-30	30	60 ขึ้นไป
4	8-45	40	80 ขึ้นไป
5	10-50	50	100 ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดความยาวของสลักที่ใช้มีขนาด 60.4 มิลลิเมตร จากตารางมาตรฐานของสลัก ขนาดที่เลือกใช้คือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร เมื่อเพิ่มขนาดความเผื่ออีก 20% จะได้ค่าขนาดของสลักที่ใช้ 36 มิลลิเมตร

3.3.7 การชุบผิวแข็งบริเวณเฟืองโดยใช้วิธี Carburizing

เป็นการชุบแข็งเพื่อให้ได้ความแข็งเฉพาะตามบริเวณผิวเท่านั้น เหล็กที่ชุบผิวแข็งด้วยกรรมวิธีนี้จะต้องเป็นเหล็กที่มีคาร์บอนต่ำประมาณ 0.1 – 0.2% ส่วนเนื้อเหล็กภายใต้ผิวแข็งจนถึงใจกลางยังคงเป็นเนื้อเหล็กเดิมซึ่งมีความเหนียวสูง เพื่อต้องการให้เหล็กทนต่อการสึกหรอในขณะใช้งาน ทนต่อแรงบิดหรือแรงกระแทกอย่างรุนแรงได้ดีโดยไม่แตกหัก ปกติเหล็กที่มีคาร์บอนต่ำจะไม่สามารถทำการชุบแข็งด้วยวิธีธรรมดา เพราะมีคาร์บอนน้อย หลักในการชุบด้วยวิธีนี้ใช้หลักการเพิ่มปริมาณคาร์บอนให้กับบริเวณผิวเหล็ก

การชุบผิวแข็งบริเวณเฟือง มีวิธีโดยการนำไฟเผาบริเวณเฟืองให้มีสีแดง และใช้เกลือไซยาไนด์ทาบริเวณเฟืองในขณะที่เหล็กมีสีแดงเข้ม และรอจนสีของเหล็กเริ่มเปลี่ยนเป็นสีแดงจางๆ จากนั้นนำไปจุ่มในน้ำ

3.3.8 การดำเนินการสร้างเครื่องจักร

ในขั้นตอนแรก เริ่มจากการขึ้นรูปชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องจักรทีละชิ้นส่วนด้วยกรรมวิธีการผลิตจากเครื่องจักรหลายประเภท อาทิเช่น เครื่องไส เครื่องกัด และเครื่องกลึง

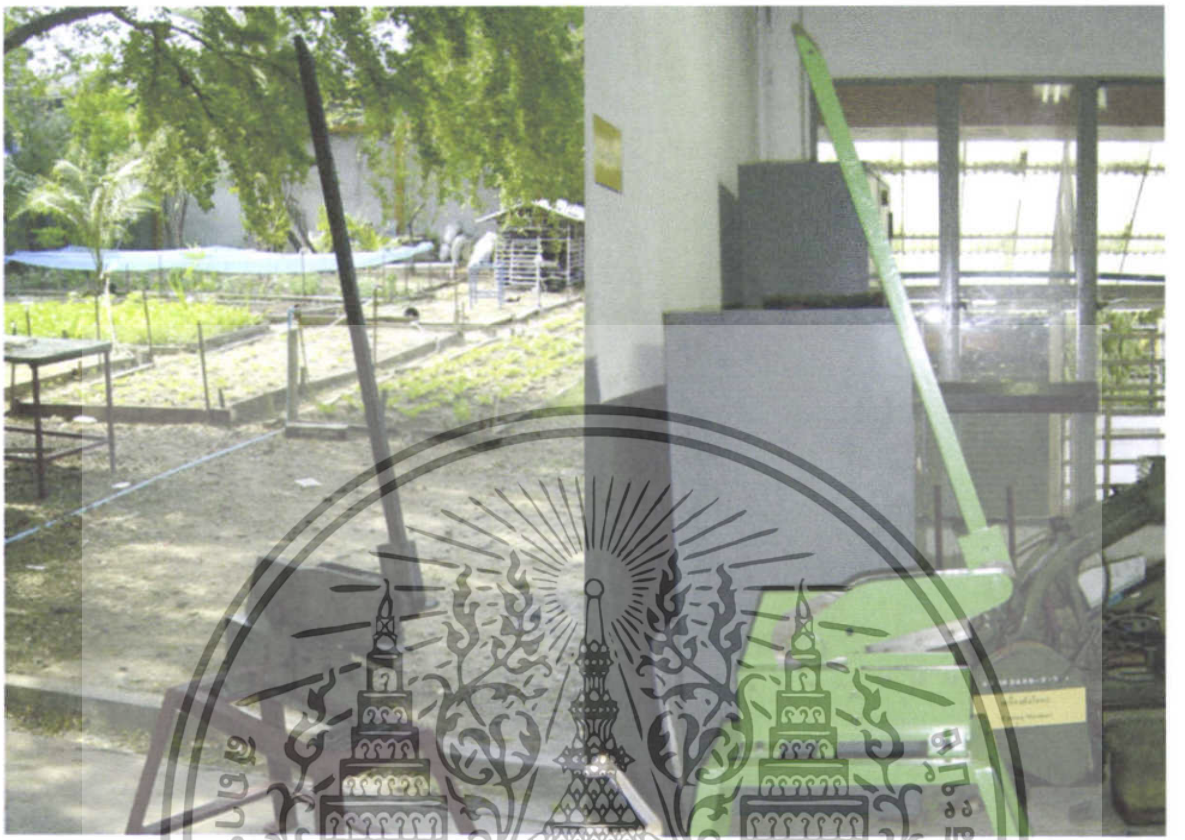
รูปที่ 3.19 มีดตัดโลหะเส้นแบน และกลม หลังการขึ้นรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.20 ชิ้นส่วนต่างๆ หลังการขึ้นรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำชิ้นส่วนที่สร้างทั้งหมดมาประกอบจะได้เครื่องตัดโลหะที่เสร็จสมบูรณ์และนำไปทำสี ดังรูป



รูปที่ 3.21 เครื่องตัดโลหะแบบตั้นโต๊ะ ก่อนและหลังทำสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

ในการจัดทำโครงงานปริญญานิพนธ์เรื่องเครื่องตัดโลหะแบบคันโยก ส่วนนี้จะเป็นส่วนแสดงผลการจัดสร้างและทดสอบ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่วางไว้ โดยดำเนินการสร้างและทำการทดสอบเครื่องตัดโลหะแบบคันโยก รวมถึงรายละเอียดต่างๆของเครื่องตัดโลหะแบบคันโยกเพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้อย่างเหมาะสม

4.4 ผลการทำงานด้านออกแบบ

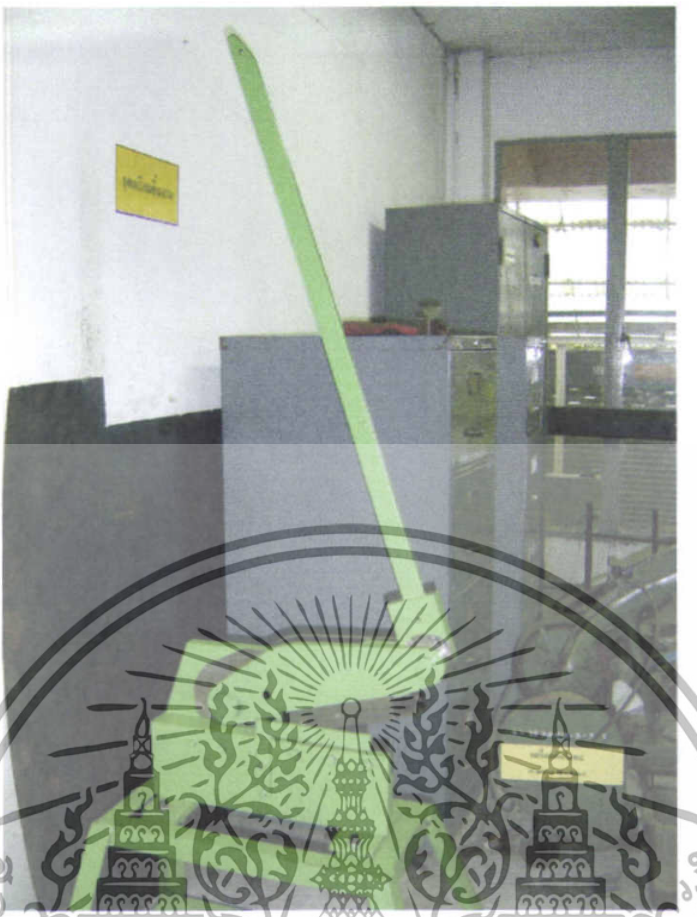
การออกแบบเครื่องตัดโลหะแบบคันโยกโดยนำหลักการของเครื่องตัดโลหะ ที่ใช้ตามโรงงานมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบ และใช้โปรแกรม Solidwork2006 มาช่วยในการออกแบบ จนสำเร็จดังรูปที่ได้ออกแบบเครื่องตัดโลหะแบบคันโยกที่สามารถตัดโลหะเส้นแบนและโลหะเส้นกลม มีความยาวของใบมีดตัด 20 เซนติเมตร ใช้งานได้จริงโดยอาศัยแรงคนในการโยก

4.2 ผลการทำงานด้านเครื่องจักร

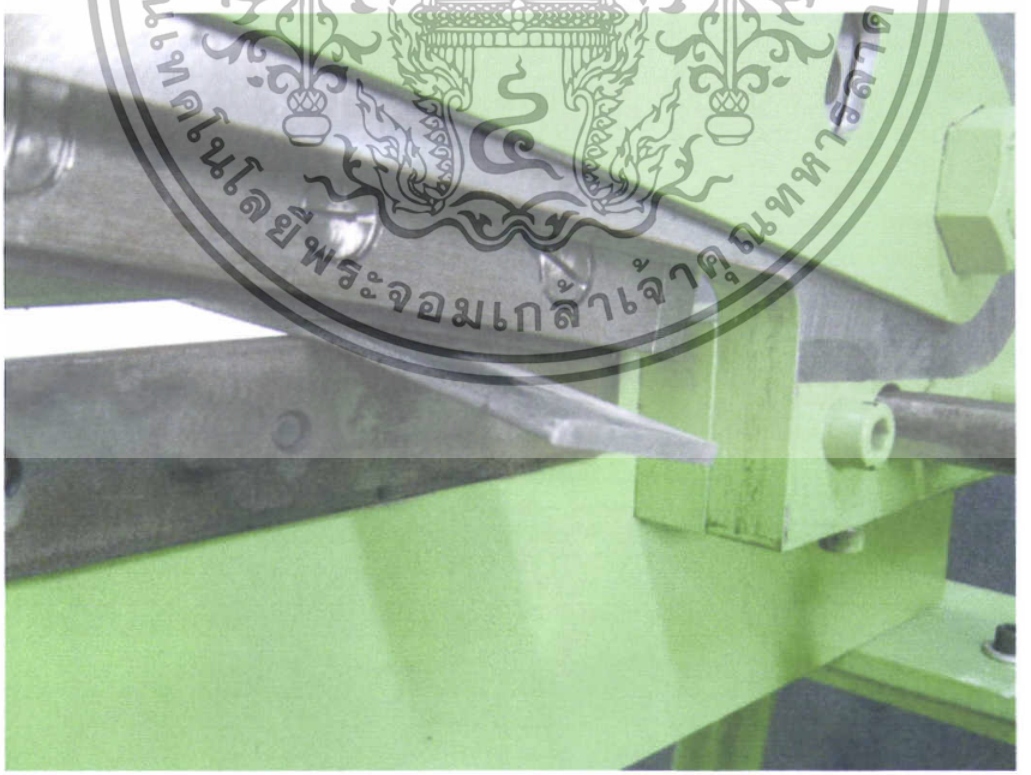
ดำเนินการสร้างเครื่องตัดโลหะแบบคันโยกตามที่ออกแบบไว้แล้วจนเสร็จตามวัตถุประสงค์และได้ทำการทดสอบที่ได้ตั้งข้อกำหนดไว้ คือ สามารถตัดเหล็กกล้าผสมที่มีคาร์บอน ไม่เกิน 0.1% ตัดโลหะเส้นแบนที่มีขนาดความหนาตั้งแต่ 2 มิลลิเมตร ถึง 6 มิลลิเมตร และตัดโลหะเส้นกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 2 มิลลิเมตร ถึง 10 มิลลิเมตร

ผลการสร้างเครื่องตัดโลหะแบบคันโยกแสดงไว้ดังรูปภาพต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 เครื่องตัดโลหะแบบตั้งโดยแบบสมบูรณ์

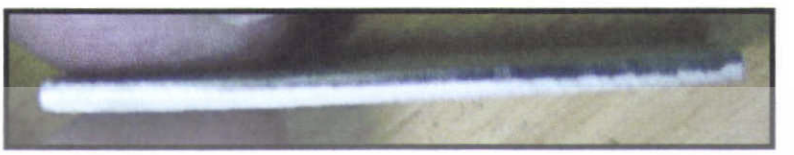


รูปที่ 4.2 ตัวอย่างการตัดโลหะแผ่น

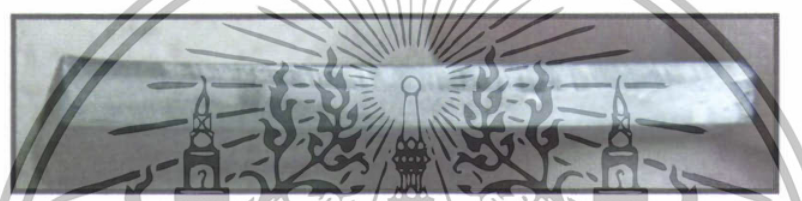
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดสอบการตัดโลหะเส้นแบนและโลหะเส้นกลม

หลังจากทำการสร้างเครื่องตัดโลหะแบบคันโยกเสร็จแล้ว และได้ทำการทดสอบตัดโลหะเส้นแบน ขนาดความหนา 2 มิลลิเมตร และ 6 มิลลิเมตร ตัดโลหะเส้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร สามารถตัดชิ้นงานได้และมีลักษณะผิวหน้าตัด ดังรูปที่จะแสดงต่อไปนี้



รูปที่ 4.3 ผิวหน้าตัดของโลหะเส้นแบนขนาดความหนา 2 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.4 ผิวหน้าตัดของโลหะเส้นแบนขนาดความหนา 4 มิลลิเมตร

รูปที่ 4.5 ผิวหน้าตัดของโลหะเส้นแบนขนาดความหนา 6 มิลลิเมตร

รูปที่ 4.6 ผิวหน้าตัดของโลหะเส้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผล

จากการออกแบบและสร้างเครื่องตัดโลหะแบบคันโยก สามารถตัดโลหะโดยอาศัยแรงคนในการโยกและส่งกำลังผ่านเฟืองไปยังชุดมีดตัด เพื่อกดมีดตัดของเครื่องตัด ในการออกแบบเครื่องตัดโลหะแบบคันโยกได้ผลลัพธ์ดังนี้ เครื่องตัดโลหะสามารถตัดเหล็กกล้าผสมที่มีคาร์บอน ไม่เกิน 0.1 % ตัดโลหะเส้นแบนที่มีขนาดความหนาตั้งแต่ 2 มิลลิเมตร ถึง 6 มิลลิเมตร และตัดโลหะเส้นกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 2 มิลลิเมตร ถึง 10 มิลลิเมตร ได้ คันโยกมีความยาวขนาด 1,050 มิลลิเมตร (1.05 เมตร) กว้าง 38 มิลลิเมตร และหนา 12 มิลลิเมตร โดยมีส่วนของชุดตัวตั้งระยะตัดและตัวกดชิ้นงาน เพื่อป้องกันไม่ให้ชิ้นงานกระดกในขณะที่ตัด ซึ่งผลที่ได้ออกมาจากการตัดโลหะเส้นแบนและโลหะเส้นกลม ด้วยเครื่องจักรที่ดำเนินการสร้างขึ้นมานี้สามารถตัดเหล็กได้ตามวัตถุประสงค์ โดยผู้ปฏิบัติงานไม่จำเป็นที่จะต้องมีความชำนาญ หรือไม่เคยปฏิบัติงานประเภทนี้มาก่อน

5.2 ข้อเสนอแนะ

เครื่องตัดโลหะแบบคันโยกที่ได้จัดทำขึ้นนี้ การทำงานของเครื่องอาจจะอยู่ในข้อจำกัด สามารถนำเครื่องนี้ไปใช้งานในการตัดโลหะเส้นแบนที่มีความหนาตั้งแต่ 2 มิลลิเมตร และไม่เกิน 6 มิลลิเมตร แต่หากทำการตัดโลหะเส้นแบนไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ควรจะใช้กรรไกรตัดเหล็กในการตัดซึ่งจะเหมาะสมกว่า และถ้าต้องการตัดโลหะเกิน 6 มิลลิเมตร ควรจะใช้เครื่องเพรสในการตัด เมื่อรอยตัดเกิดรอยแตกแสดงว่ามีดที่อให้สลับหน้ามีดในการตัดเพราะคมมีดตัดสามารถตัดได้ 4 ด้าน เมื่อคมมีดที่อทั้ง 4 ด้านให้ทำการลับคมมีดโดยใช้เครื่องเจียระไน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. จุลศิริ ศรีงามผ่อง, 2530, วิศวกรรมงานแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะแผ่นเบื้องต้น, 300 เล่ม, พิมพ์ครั้งที่ 2. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพ ฯ

2. ชาญชัย ทรัพยากร, ประสิทธิ์ สวัสดิสรรพ์ และ วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์, 2000 เล่ม, การออกแบบแม่พิมพ์, พิมพ์ครั้งที่ 13, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพ ฯ

3. บรรเลง ศรนิล และ ประเสริฐ ก๊วยสมบูรณ์, ตารางงานโลหะ, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพ ฯ

4. มณฑล ใจกุศล, พงษ์ศักดิ์ ชินนาบัญ และ วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ, 2546, กลศาสตร์วิศวกรรม ภาคสถิตยศาสตร์, พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท วิทยพัฒน์ จำกัด. กรุงเทพ ฯ

5. มนูกิจ พานิชกุล และ อรรณพ เรืองวิเศษ, 2548. แนวคิดและวิธีการออกแบบเครื่องจักรกล, 2000 เล่ม, พิมพ์ครั้งที่ 1. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ

6. วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ฉนัดงาน, การออกแบบเครื่องจักรกล (Machine Design) เล่ม 1, พิมพ์ครั้งที่ 10. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด. กรุงเทพ ฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1 เกลียวเมตริกแบบมาตรฐานระหว่างประเทศ - เกลียวธรรมดา

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ		ระยะพิตช์ P	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ d_2, D_2	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อย		พื้นที่รับความเค้น (A_S) mm^2
ช่องที่ 1	ช่องที่ 2			d_1	D_1	
1.00		0.25	0.838	0.693	0.729	0.456
1.20		0.25	1.038	0.893	0.929	0.730
1.60		0.35	1.373	1.170	1.221	1.270
2.00		0.40	1.740	1.509	1.567	2.070
2.50		0.45	2.208	1.948	2.013	3.390
3.00		0.50	2.675	2.387	2.459	5.030
	3.50	0.60	3.110	2.764	2.850	6.780
4.00		0.70	3.545	3.141	3.242	8.780
	4.50	0.75	4.013	3.580	3.688	11.300
5.00		0.80	4.480	4.019	4.134	14.200
6.00		1.00	5.350	4.773	4.917	20.100
8.00		1.25	7.183	6.466	6.647	36.600
	(9)	1.25	8.188	7.466	7.647	48.100
10.00		1.50	9.026	8.160	8.376	58.000
	(11)	1.50	10.026	9.160	9.376	72.300
12.00		1.75	10.863	9.853	10.106	84.300
	14.00	2.00	12.701	11.546	11.835	115.000
16.00		2.00	14.701	13.546	13.835	157.000
	18.00	2.50	16.376	14.933	15.294	192.000
20.00		2.50	18.376	16.933	17.294	245.000
	22.00	2.50	20.376	18.933	19.294	303.000
24.00		3.00	22.051	20.319	20.752	353.000
	27.00	3.00	25.051	23.319	23.752	459.000
30.00		3.50	27.727	25.706	26.211	561.000
	33.00	3.50	30.727	28.706	29.211	694.000
36.00		4.00	33.402	31.093	31.670	817.000
	39.00	4.00	36.402	34.093	34.670	976.000
42.00		4.50	39.077	36.479	37.129	1120.000
	45.00	4.50	42.077	39.479	40.129	1300.000
48.00		5.00	44.752	41.866	42.587	1470.000
	52.00	5.00	48.752	45.866	46.587	1760.000
56.00		5.50	52.428	49.252	50.046	2030.000
	60.00	5.50	56.428	53.252	54.046	2360.000
64.00		6.00	60.103	56.639	57.505	2680.000
	68.00	6.00	64.103	60.639	61.505	3060.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.2 เกลียวเมตริกแบบมาตรฐานระหว่างประเทศ – เกลียวละเอียด

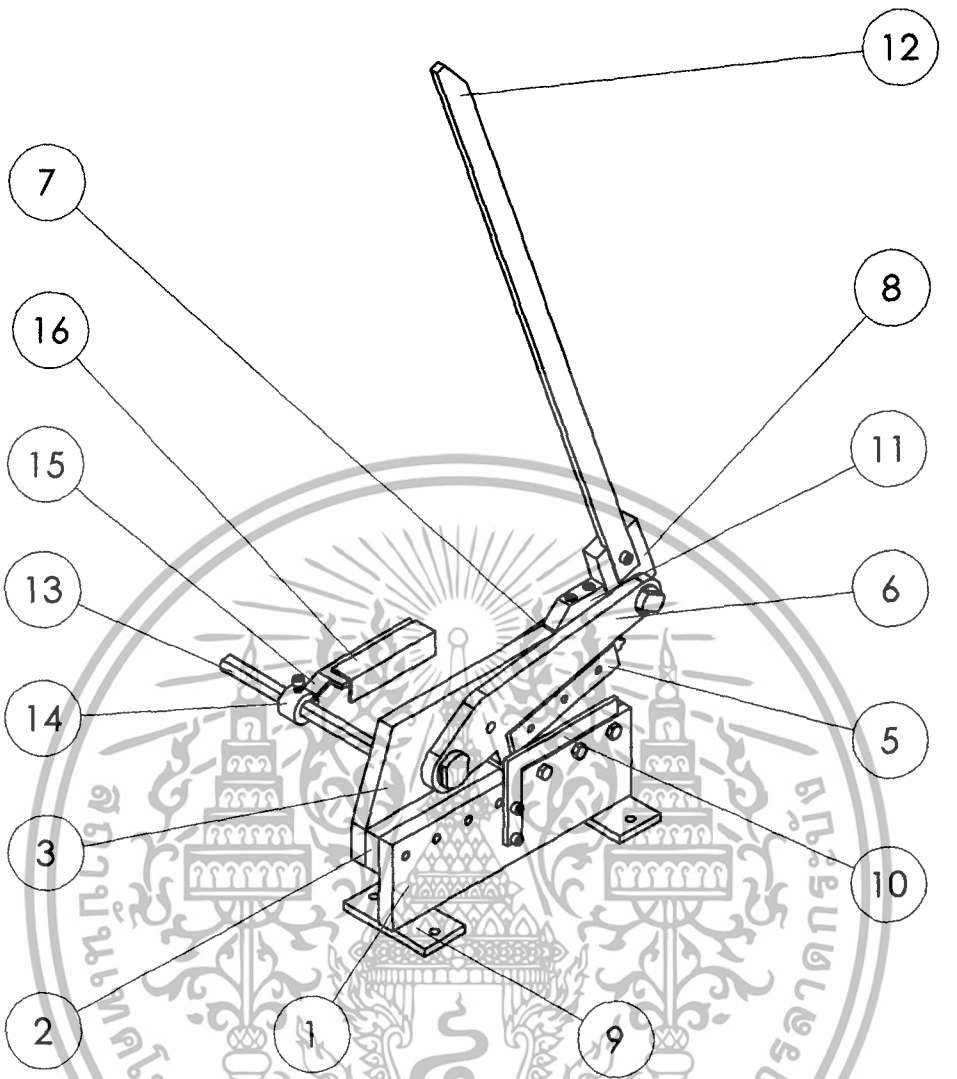
สัญลักษณ์ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ × ระยะพิตช์ P)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ d_2	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อย d_1	พื้นที่รับความเค้น (A_S) mm^2
M8×1	7.35	6.773	39.2
M10×1	9.35	8.773	64.5
M12×1	11.35	10.773	96.1
M16×1	15.35	14.773	178.0
M20×1	19.35	18.773	285.0
M24×1	23.35	22.773	418.0
M30×1	29.35	28.773	663.0
M12×1.25	11.026	10.16	88.1
M16×1.5	15.026	14.16	167.0
M20×1.5	19.026	18.16	272.0
M24×1.5	23.026	22.16	401.0
M30×1.5	29.026	28.16	642.0
M36×1.5	35.026	34.16	940.0
M42×1.5	41.026	40.16	1290.0
M48×1.5	47.026	46.16	1710.0
M56×1.5	55.026	54.16	2340.0
M64×1.5	63.026	62.16	3080.0
M72×1.5	71.026	70.16	3910.0
M80×1.5	79.026	78.16	4850.0
M20×2	18.701	17.546	258.0
M24×2	22.701	21.546	384.0
M30×2	28.701	27.546	621.0
M36×2	34.701	33.546	915.0
M42×2	40.701	39.546	1260.0
M48×2	46.701	45.546	1670.0
M56×2	54.701	53.546	2300.0
M64×2	62.701	61.546	3030.0
M72×2	70.701	69.546	3860.0
M80×2	78.701	77.546	4790.0
M90×2	88.701	87.546	6100.0
M100×2	98.701	97.546	7560.0
M110×2	108.701	107.546	9180.0
M125×2	123.701	122.546	11900.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.3 (ต่อ) เกลียวเมตริกแบบมาตรฐานระหว่างประเทศ เกลียวธรรมดา

สัญลักษณ์ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ × ระยะพิตช์ P)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ d_2	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อย d_1	พื้นที่รับความเค้น (A_S) mm^2
M30×3	28.051	26.319	581.0
M36×3	34.051	32.319	865.0
M42×3	40.051	38.319	1210.0
M48×3	46.051	44.319	1600.0
M56×3	54.051	52.319	2220.0
M64×3	62.051	60.319	2940.0
M72×3	70.051	68.319	3760.0
M80×3	78.051	76.319	4680.0
M100×3	98.051	96.319	7420.0
M125×3	123.051	121.319	11700.0
M140×3	138.051	136.319	14800.0
M160×3	158.051	156.319	19400.0
M42×4	39.402	37.093	1150.0
M48×4	45.402	43.093	1540.0
M56×4	53.402	51.093	2140.0
M64×4	61.402	59.093	2850.0
M72×4	69.402	67.093	3660.0
M80×4	77.402	75.093	4570.0
M90×4	87.402	85.093	5840.0
M100×4	97.402	95.093	7280.0
M125×4	122.402	120.093	11500.0
M140×4	137.402	135.093	14600.0
M160×4	157.402	155.093	19200.0
M180×4	177.402	175.093	24400.0
M72×6	68.103	64.639	3460.0
M80×6	76.103	72.639	4340.0
M90×6	86.103	82.639	5590.0
M100×6	96.103	92.639	7000.0
M110×6	106.103	102.639	8560.0
M125×6	121.103	117.639	11200.0
M140×6	136.103	132.639	14200.0
M160×6	156.103	152.639	18700.0
M180×6	176.103	172.639	23900.0

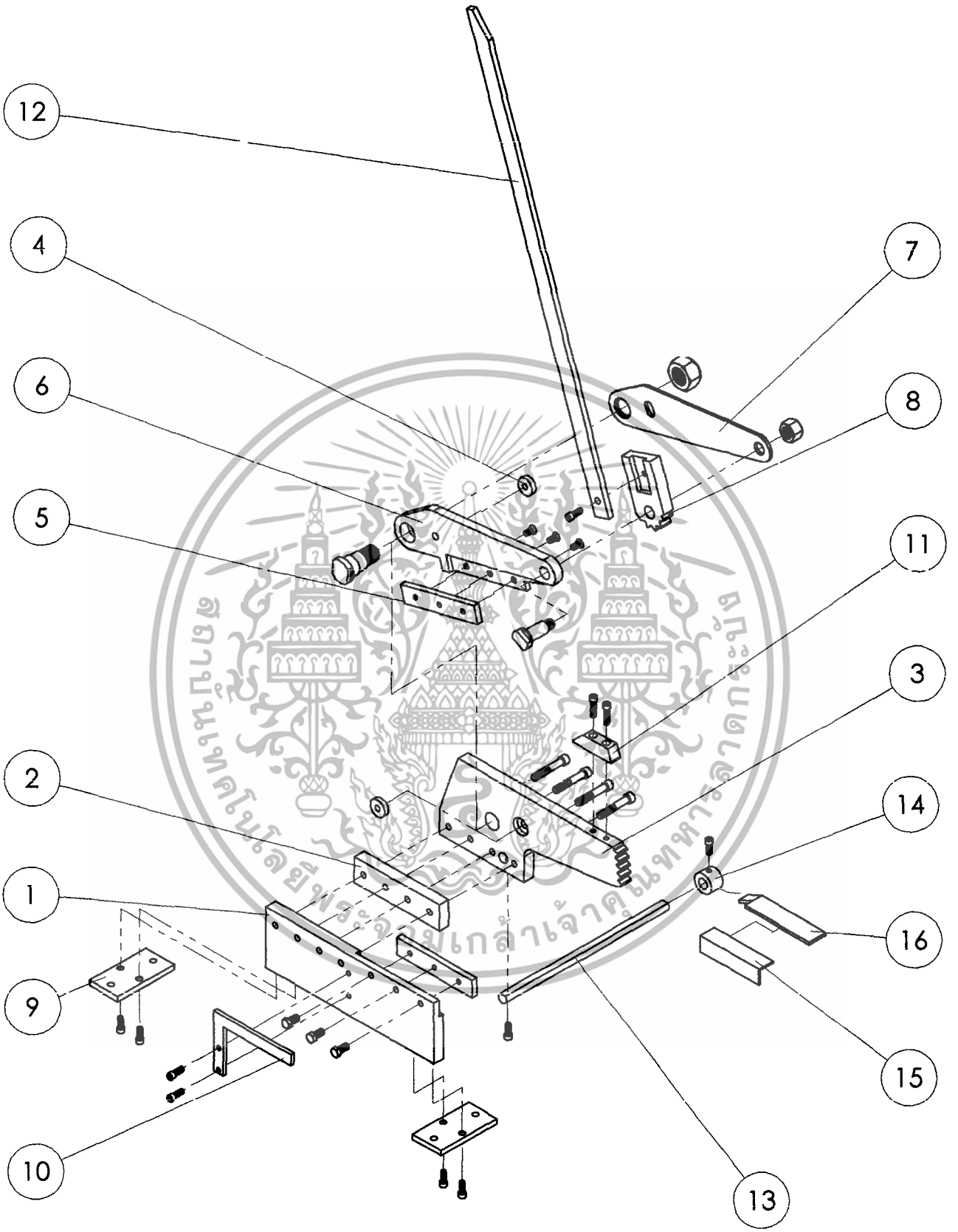
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Pos.	Part Name And Remark	Dimention	Material	Qty.
16	ตัวตั้งระยะ 4	37x37x156 mm.	SS400	1
15	ตัวตั้งระยะ 3	45x208.07x6.62 mm.	SS400	1
14	ตัวตั้งระยะ 2	Ø45x30 mm.	SS400	1
13	ตัวตั้งระยะ 1	430xØ5.5x19 mm.	SS400	1
12	คันโยก	1050x12x38 mm.	SS400	1
11	ตัวค้ำคันโยก	100x24x30 mm.	SS400	1
10	ตัวกดชิ้นงาน	137.4x205x8 mm.	SS400	1
9	ขา	150x75x12 mm.	SS400	2
8	ชุดเฟืองคันโยก	145.72x80x25.4 mm.	SS400	1
7	ตัวประกบชุดตัวเลื่อน	438x100x6 mm.	SS400	1
6	ชุดตัวเลื่อน	438x20x125 mm.	SS400	1
5	มีดตัดเหล็กแผ่น	200x13x40 mm.	DC53	2
4	มีดตัดเหล็กกลม	Ø38x10 mm.	DC53	2
3	โครงส่วนบน	485x25.4x200 mm.	SS400	1
2	โครงส่วนกลาง	225x25.4x60 mm.	SS400	1
1	โครงส่วนล่าง	445x25.4x140 mm.	SS400	1

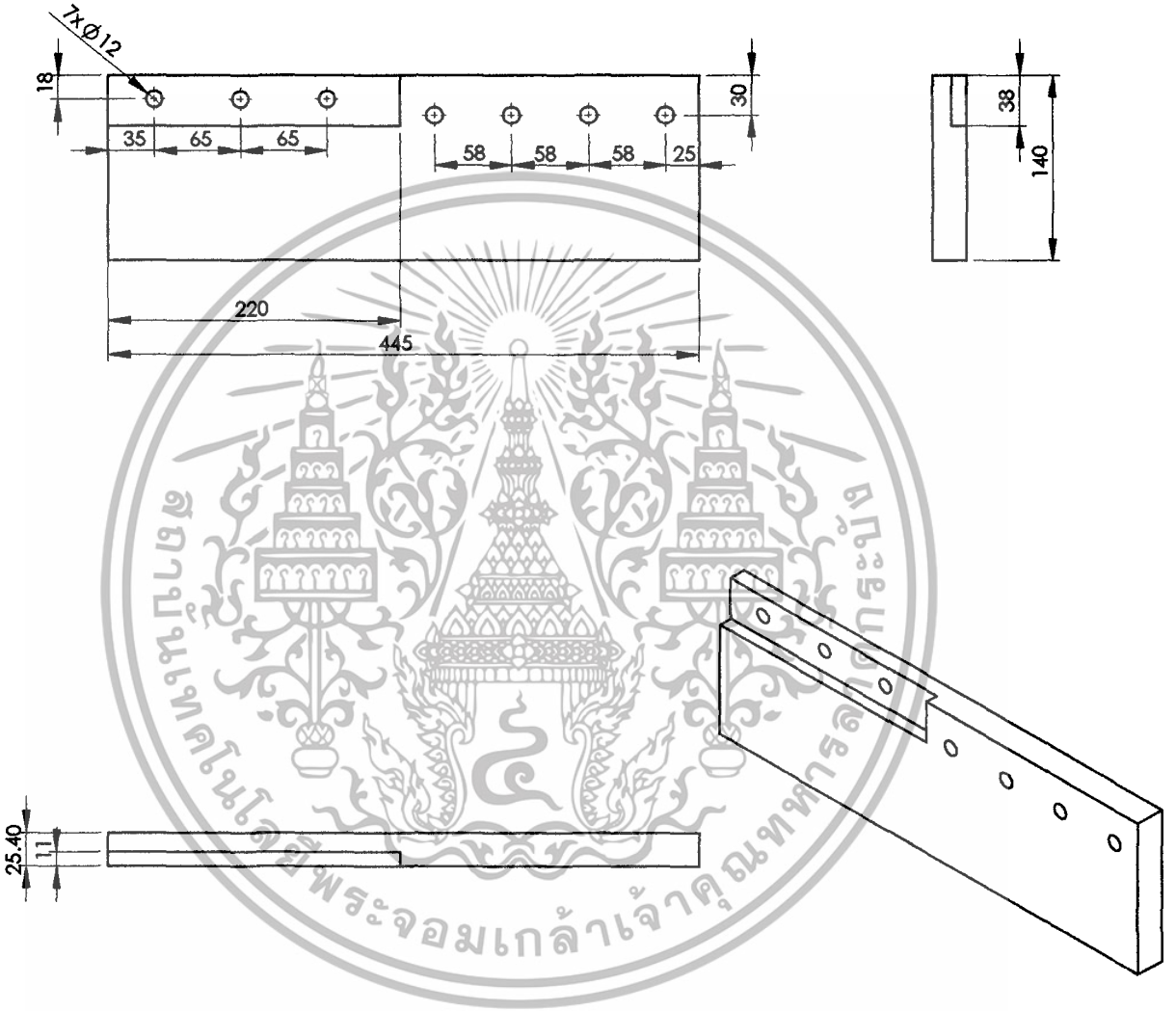
Scale 1:10	Drawn	Mr.Pannawit Vasuanunkul	King Mongkul's Intritute of Technology Ladkrabang
	Designer	Mr.Pannawit Vasuanunkul	
	Approved		
	Shaer Cutting Machine		Drawing No. SCM01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Scale 1:10	Drawn	Mr.Pannawit Vasuanunkul	King Mongkul's Intritute of Technology Ladkrabang
	Designer	Mr.Pannawit Vasuanunkul	
	Approved		
	Shaer Cutting Machine		Drawing No. SCM01

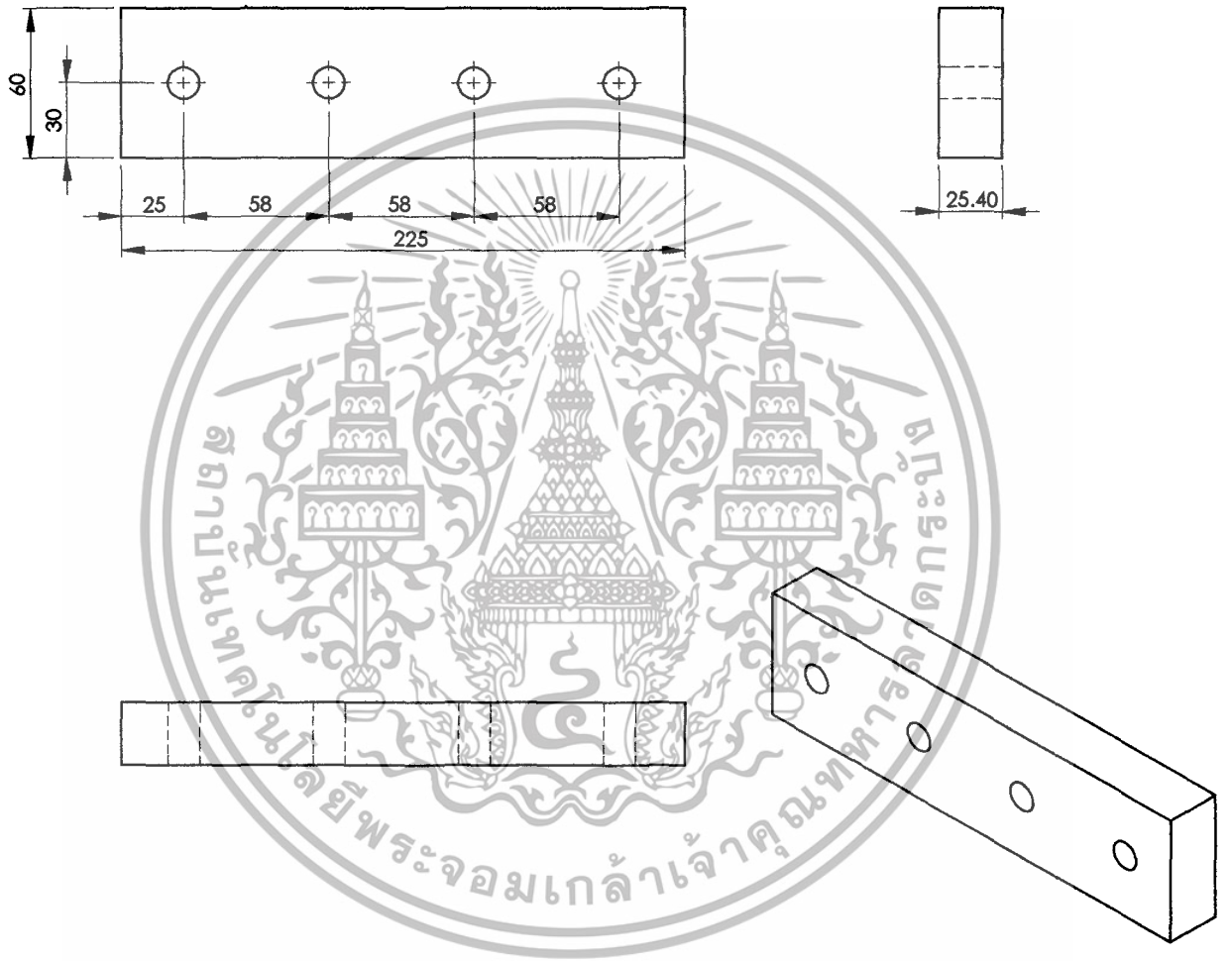
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1	โครงส่วนล่าง	445x25.4x140 mm.	SS400	1
Pos.	Part Name And Remark	Dimention	Material	Qty.

Scale 1:5.5	Drawn	Mr.Pannawit Vasuanunkul	King Mongkul's Intritute of Technology Ladkrabang
	Designer	Mr.Pannawit Vasuanunkul	
	Approved		
	Shaer Cutting Machine		Drawing No. SCM01

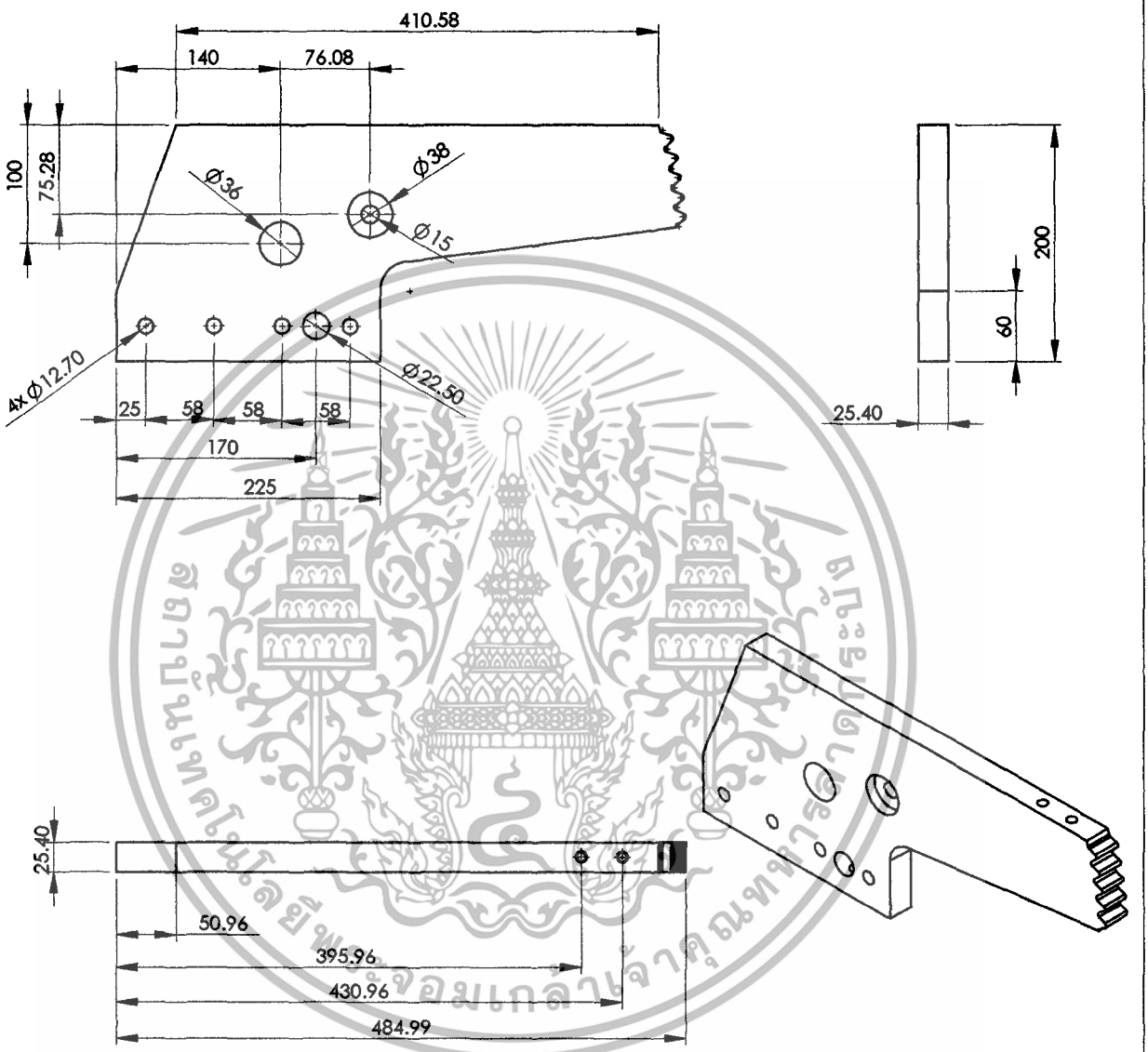
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2	โครงส่วนกลาง	225x25.4x60 mm.	SS400	1
Pos.	Part Name And Remark	Dimention	Material	Qty.

Scale 1:3	Drawn	Mr.Pannawit Vasuanunkul	King Mongkul's Intritute of Technology Ladkrabang
	Designer	Mr.Pannawit Vasuanunkul	
	Approved		
	Shaer Cutting Machine		Drawing No. SCM01

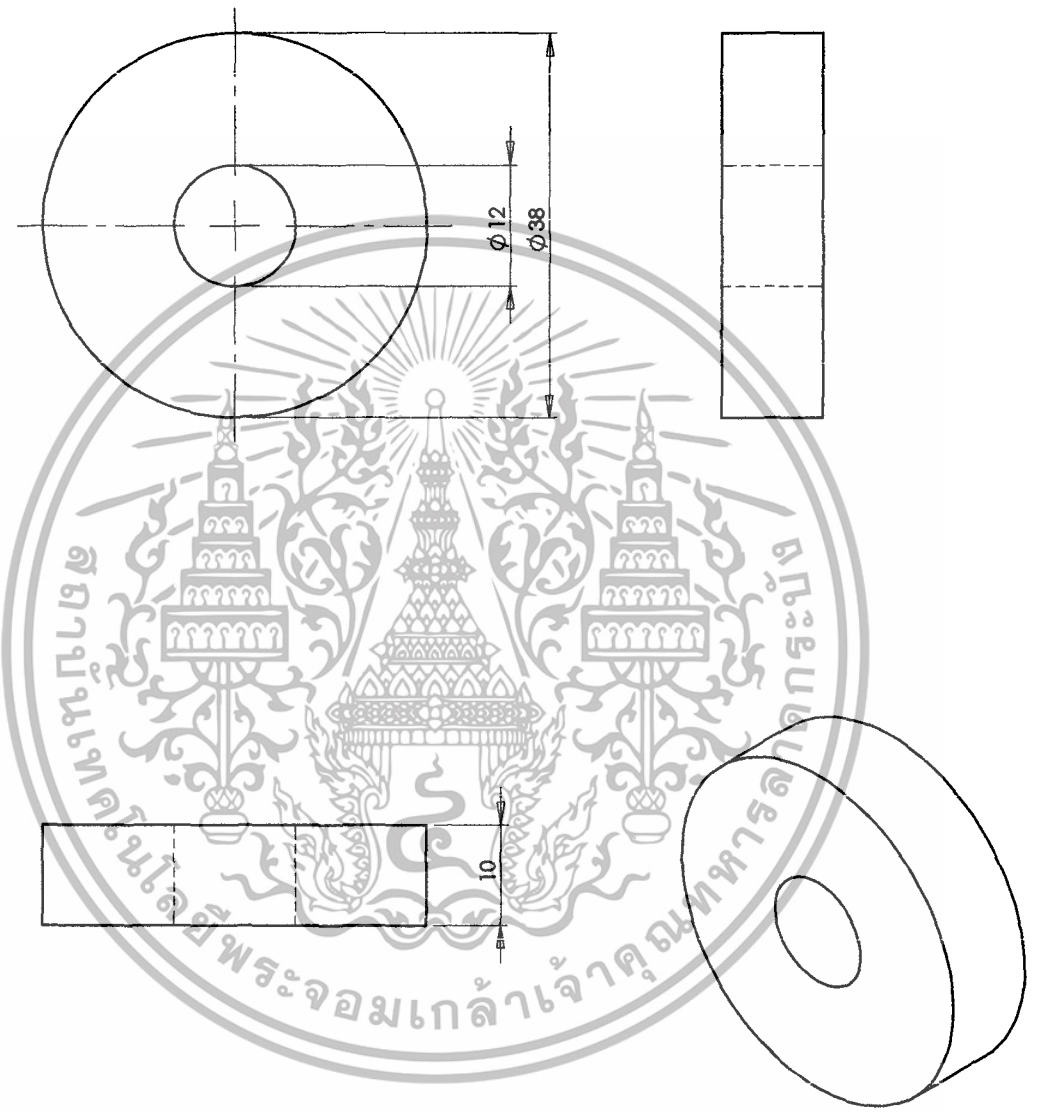
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3	โครงส่วนบน	485x25.4x200 mm.	SS 400	1
Pos.	Part Name And Remark	Dimention	Material	Qty.

Scale 1:6	Drawn	Mr.Pannawit Vasuanunkul	King Mongkul's Intritute of Technology Ladkrabang
	Designer	Mr.Pannawit Vasuanunkul	
	Approved		
	Shaer Cutting Machine		Drawing No. SCM01

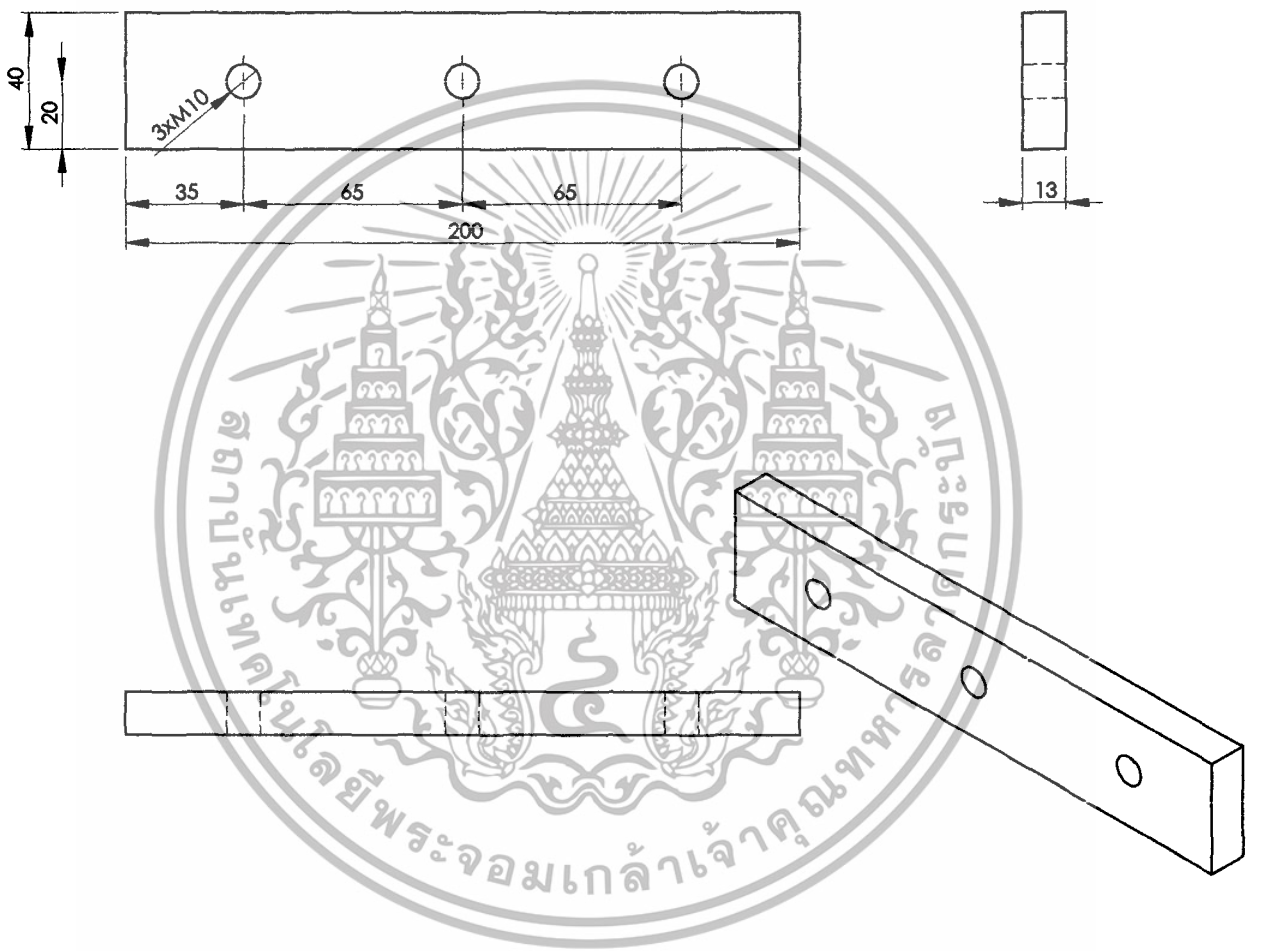
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4	มีดตัดเหล็กกลม	Ø38x10 mm.	DC53	2
Pos.	Part Name And Remark	Dimention	Material	Qty.

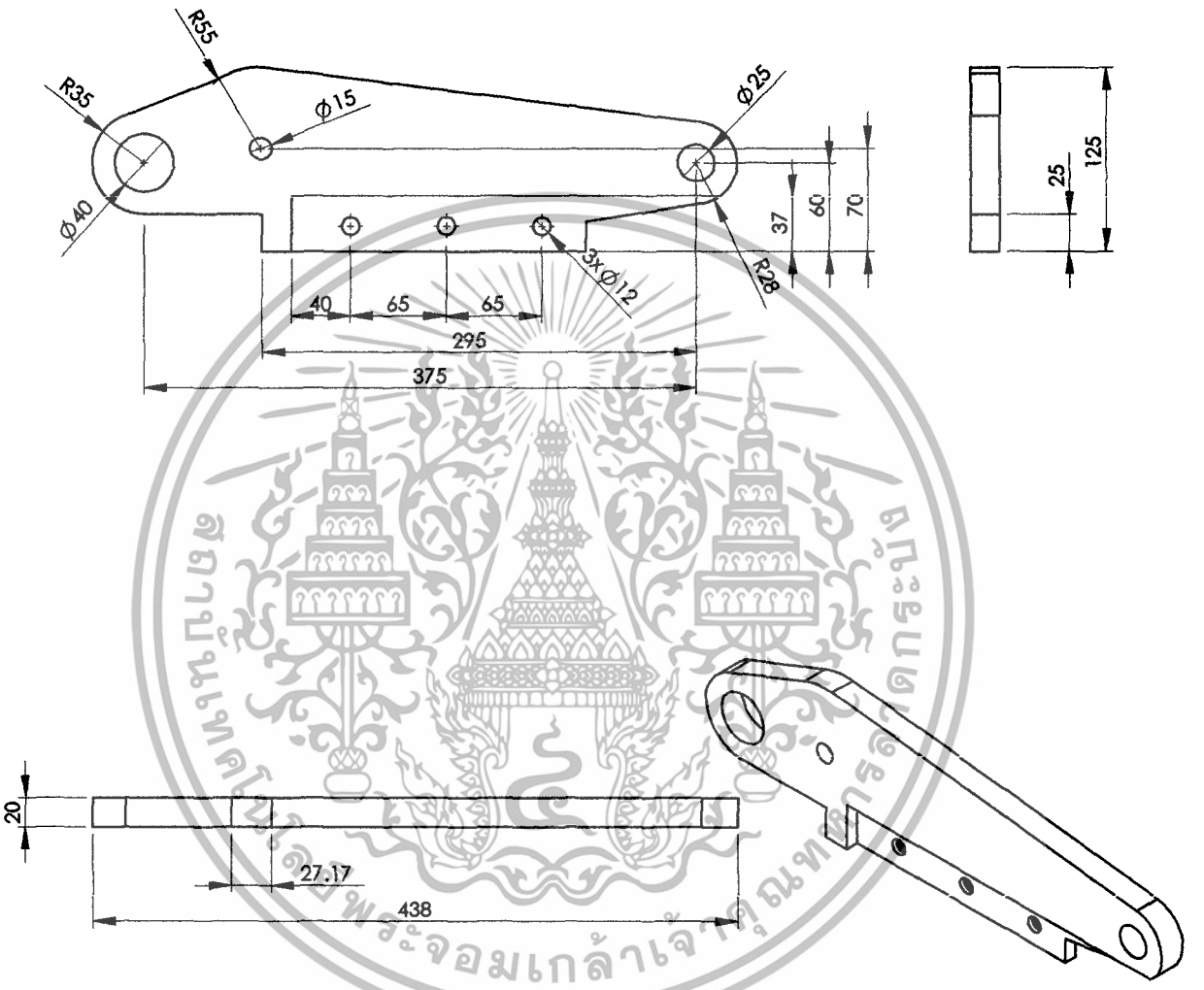
Scale 1:0.75	Drawn	Mr.Pannawit Vasuanunkul	King Mongkul's Intritute of Technology Ladkrabang
	Designer	Mr.Pannawit Vasuanunkul	
	Approved		
	Shaer Cutting Machine		Drawing No. SCM01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5	มีดตัดเหล็กแผ่น		200x13x40 mm.	DC53	2
Pos.	Part Name And Remark		Dimention	Material	Qty.
Scale 1:2.25	Drawn	Mr.Pannawit Vasuanunkul	King Mongkul's Intritute of Technology Ladkrabang		
	Designer	Mr.Pannawit Vasuanunkul			
	Approved				
	Shaer Cutting Machine			Drawing No.	SCM01

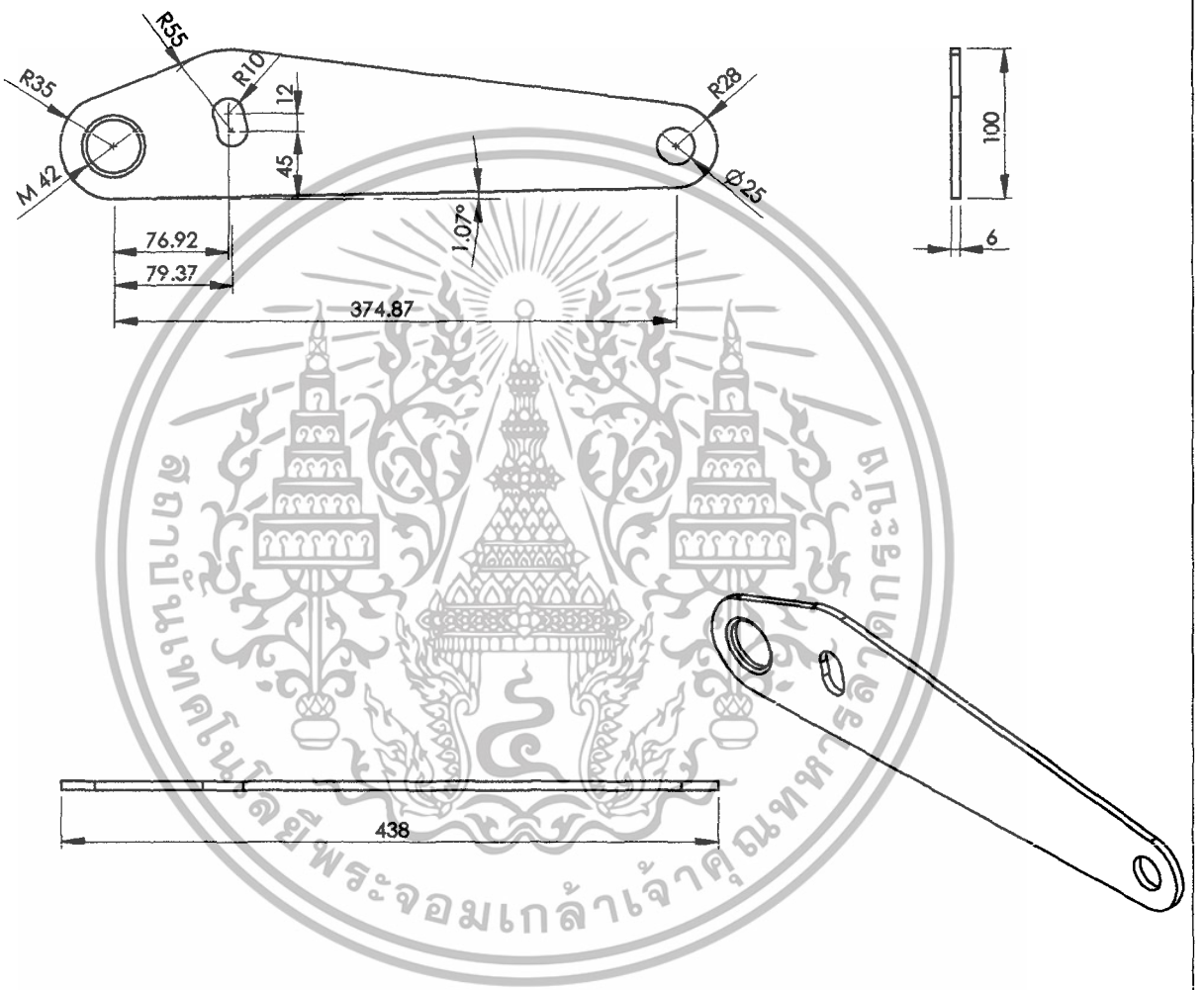
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



6	ชุดตัวเลื่อน	438x20x125 mm.	SS400	1
Pos.	Part Name And Remark	Dimention	Material	Qty.

Scale 1:10	Drawn	Mr.Pannawit Vasuanunkul	King Mongkul's Intritute of Technology Ladkrabang
	Designer	Mr.Pannawit Vasuanunkul	
	Approved		
	Shaer Cutting Machine		Drawing No. SCM01

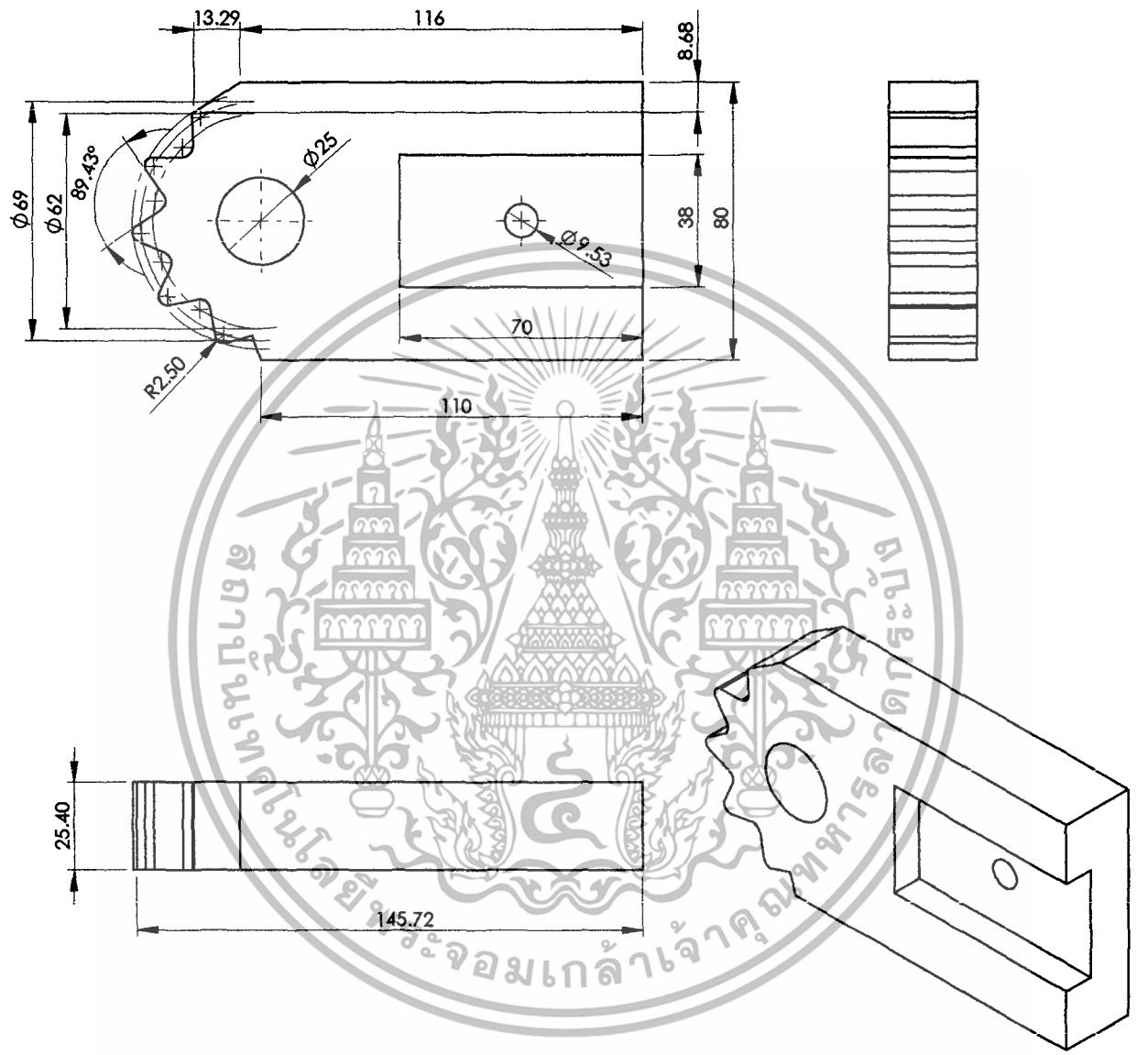
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



7	ตัวประกบชุดตัวเลื่อน	438x100x6 mm.	SS400	1
Pos.	Part Name And Remark	Dimention	Material	Qty.

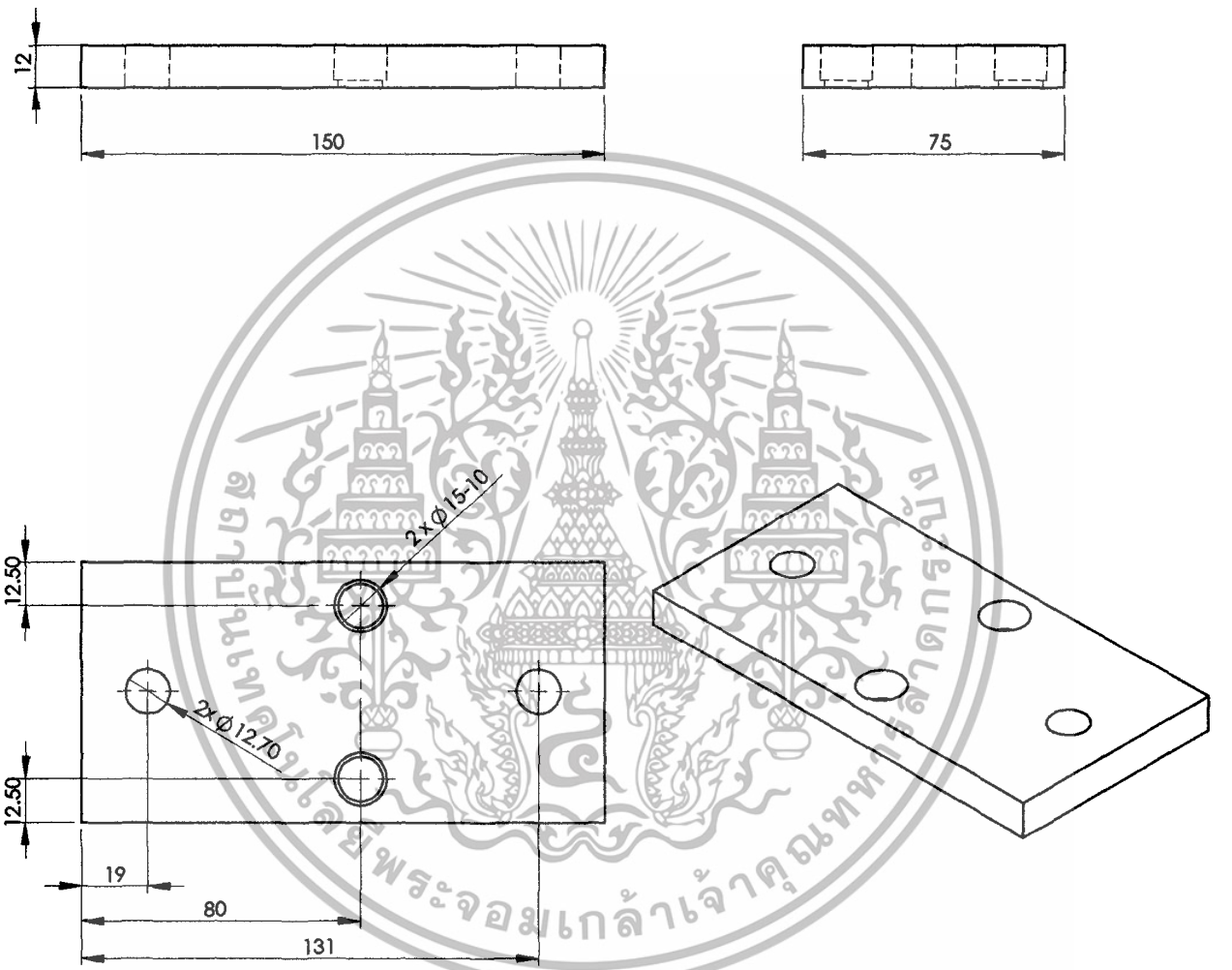
Scale 1:5	Drawn	Mr.Pannawit Vasuanunkul	King Mongkul's Intritute of Technology Ladkrabang
	Designer	Mr.Pannawit Vasuanunkul	
	Approved		
	Shaer Cutting Machine		Drawing No. SCM01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



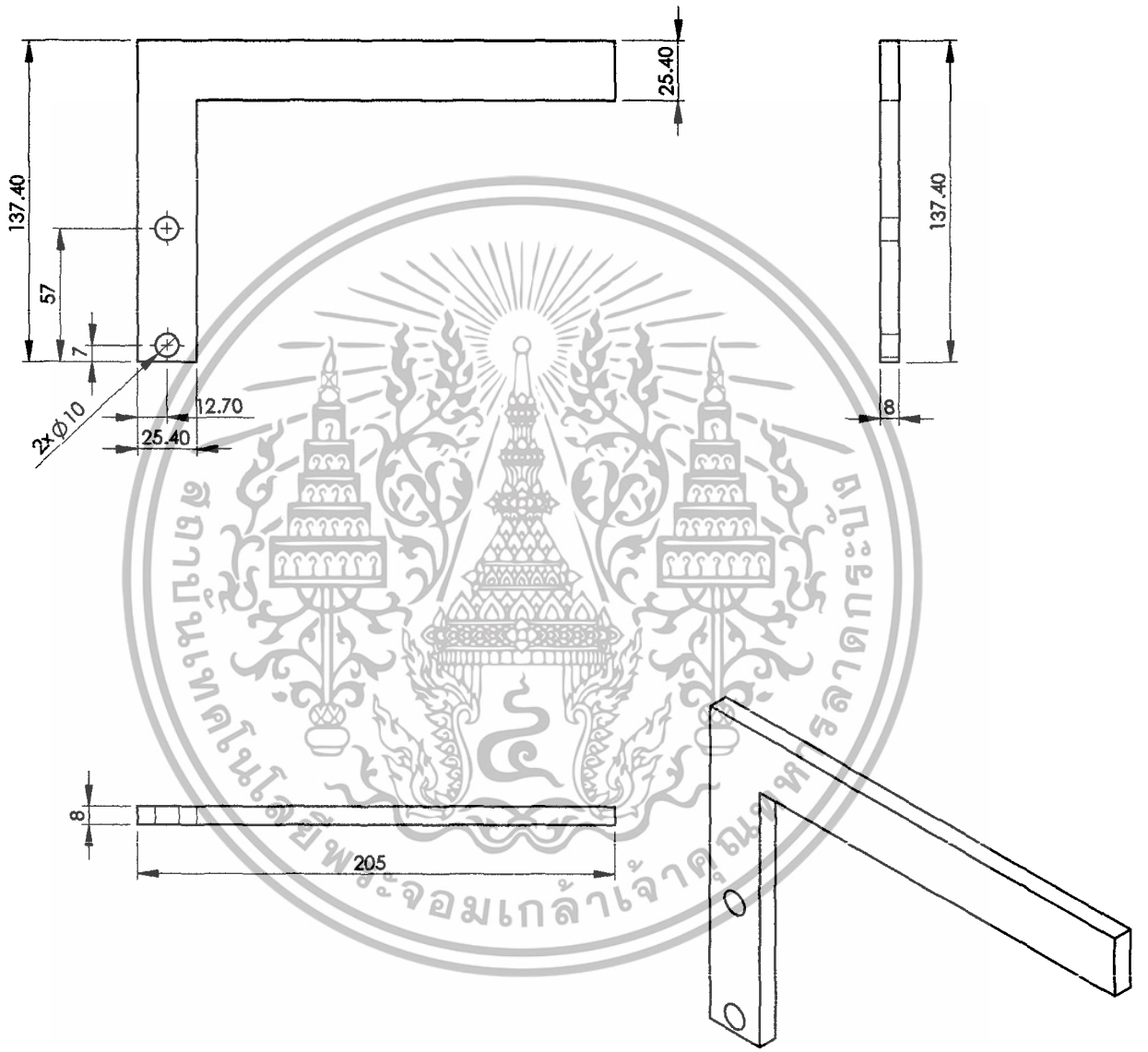
8	เฟืองคันโยก		145.72x80x25.4 mm.	SS400	1
Pos.	Part Name And Remark		Dimention	Material	Qty.
Scale 1:2	Drawn	Mr.Pannawit Vasuanunkul	King Mongkul's Intritute of Technology Ladkrabang		
	Designer	Mr.Pannawit Vasuanunkul			
	Approved				
	Shaer Cutting Machine			Drawing No.	SCM01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



9	ฝา		150x75x12 mm.	SS400	2
Pos.	Part Name And Remark		Dimention	Material	Qty.
Scale 1:2.5	Drawn	Mr.Pannawit Vasuanunkul	King Mongkul's Intritute of Technology Ladkrabang		
	Designer	Mr.Pannawit Vasuanunkul			
	Approved				
	Shaer Cutting Machine			Drawing No.	SCM01

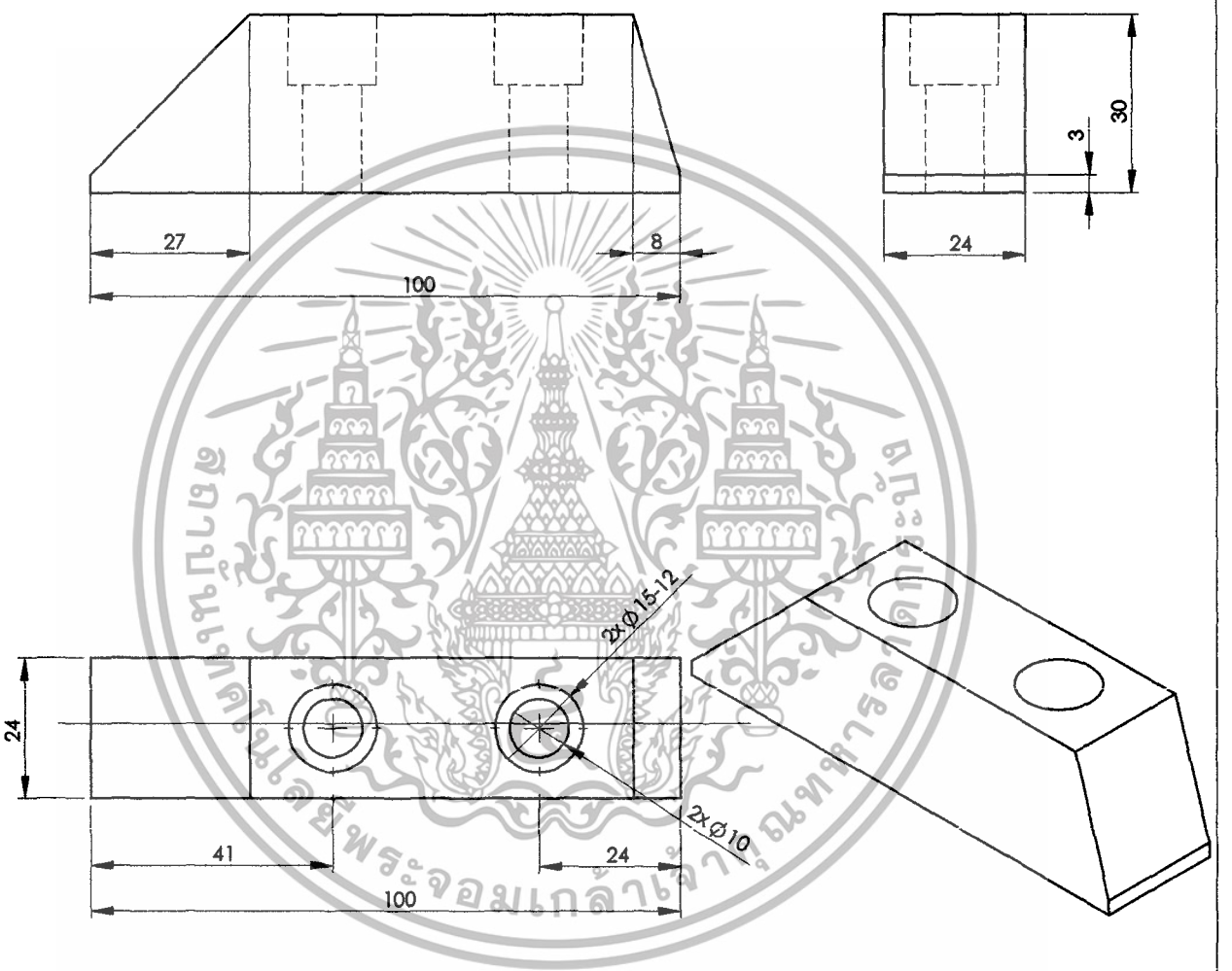
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Pos.	Part Name And Remark	Dimention	Material	Qty.
10	ตัวกดชิ้นงาน	137.4x205x8 mm.	SS400	1

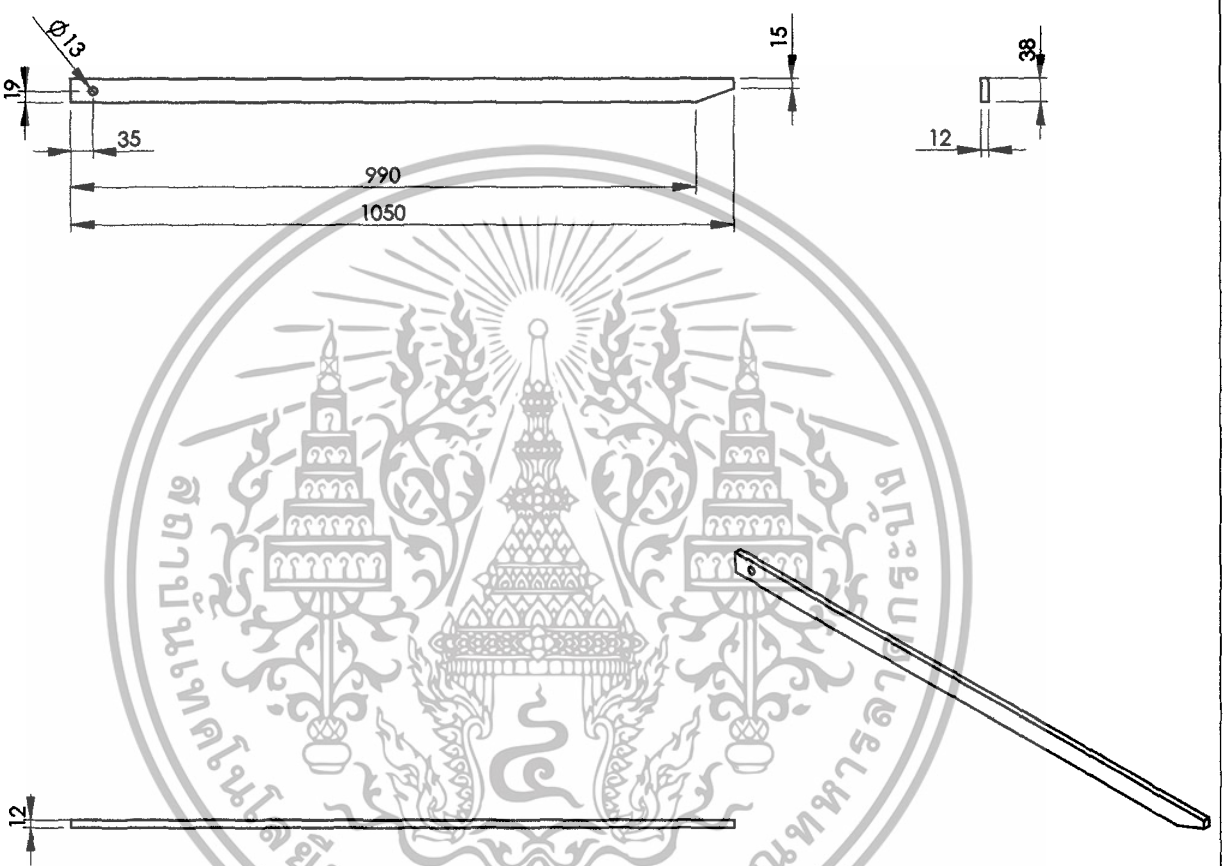
Scale 1:3	Drawn	Mr.Pannawit Vasuanunkul	King Mongkul's Intritute of Technology Ladkrabang
	Designer	Mr.Pannawit Vasuanunkul	
	Approved		
	Shaer Cutting Machine		Drawing No. SCM01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



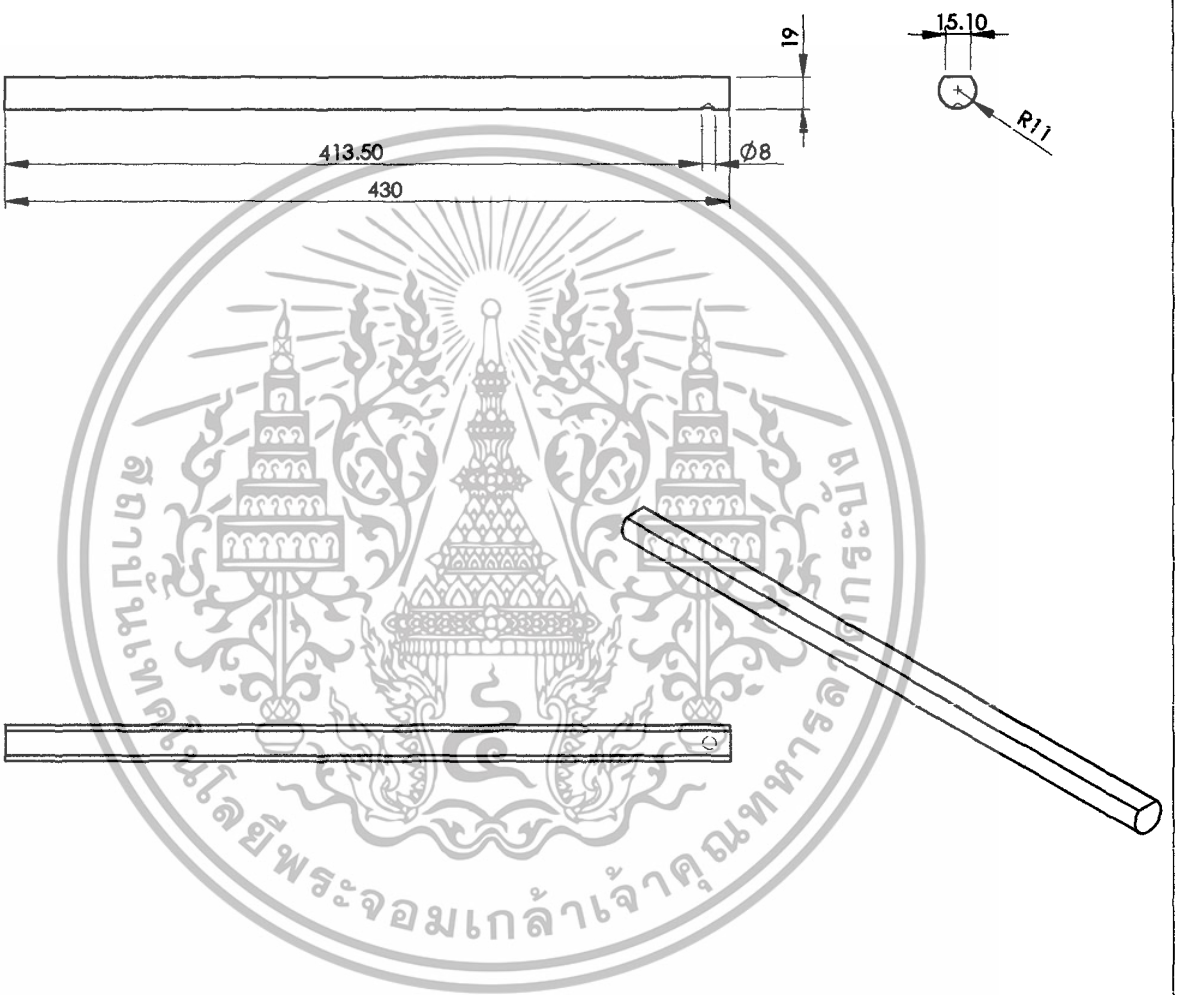
11	ตัวค้ำกันโยก		100x24x30 mm.	SS400	1
Pos.	Part Name And Remark		Dimention	Material	Qty.
Scale 1:1.25	Drawn	Mr.Pannawit Vasuanunkul	King Mongkul's Intritute of Technology Ladkrabang		
	Designer	Mr.Pannawit Vasuanunkul			
	Approved				
	Shaer Cutting Machine			Drawing No.	SCM01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



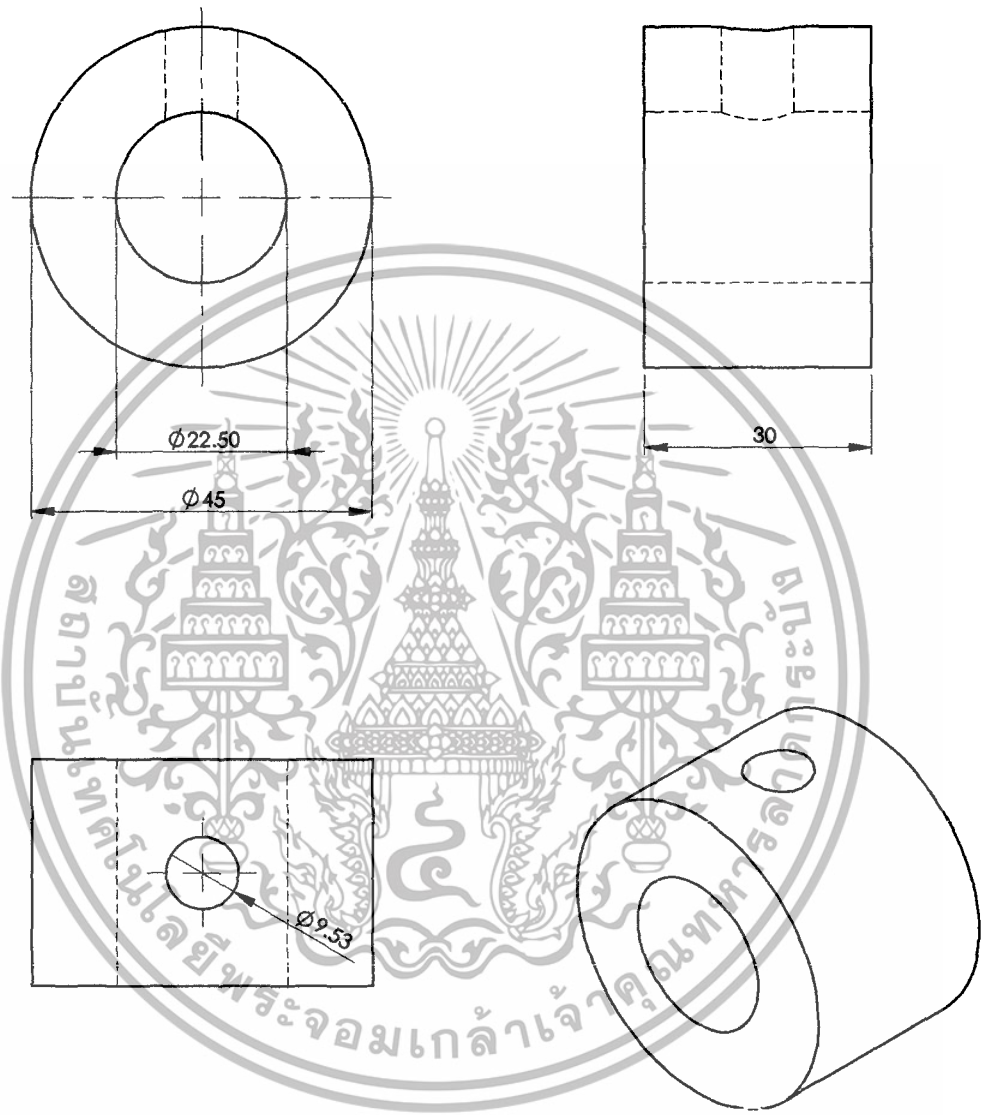
12	คันโยก		1050x12x38 mm.	SS400	1
Pos.	Part Name And Remark		Dimention	Material	Qty.
Scale 1:12	Drawn	Mr.Pannawit Vasuanunkul	King Mongkul's Intritute of Technology Ladkrabang		
	Designer	Mr.Pannawit Vasuanunkul			
	Approved				
	Shaer Cutting Machine			Drawing No.	SCM01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



13	ตัวตั้งระยะ 1		430xØ5.5x19 mm.	SS400	1
Pos.	Part Name And Remark		Dimention	Material	Qty.
Scale 1:4.5	Drawn	Mr.Pannawit Vasuanunkul	King Mongkul's Intritute of Technology Ladkrabang		
	Designer	Mr.Pannawit Vasuanunkul			
	Approved				
	Shaer Cutting Machine			Drawing No.	SCM01

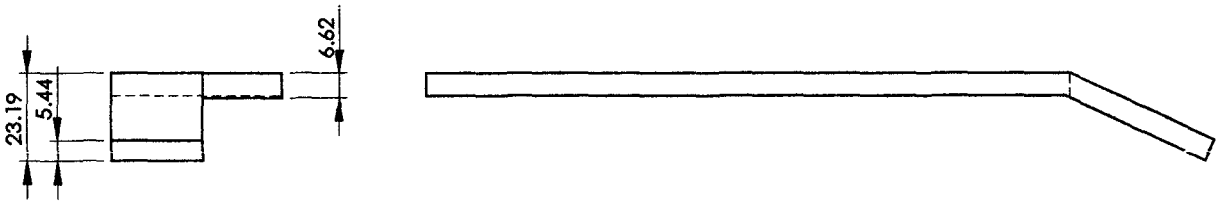
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

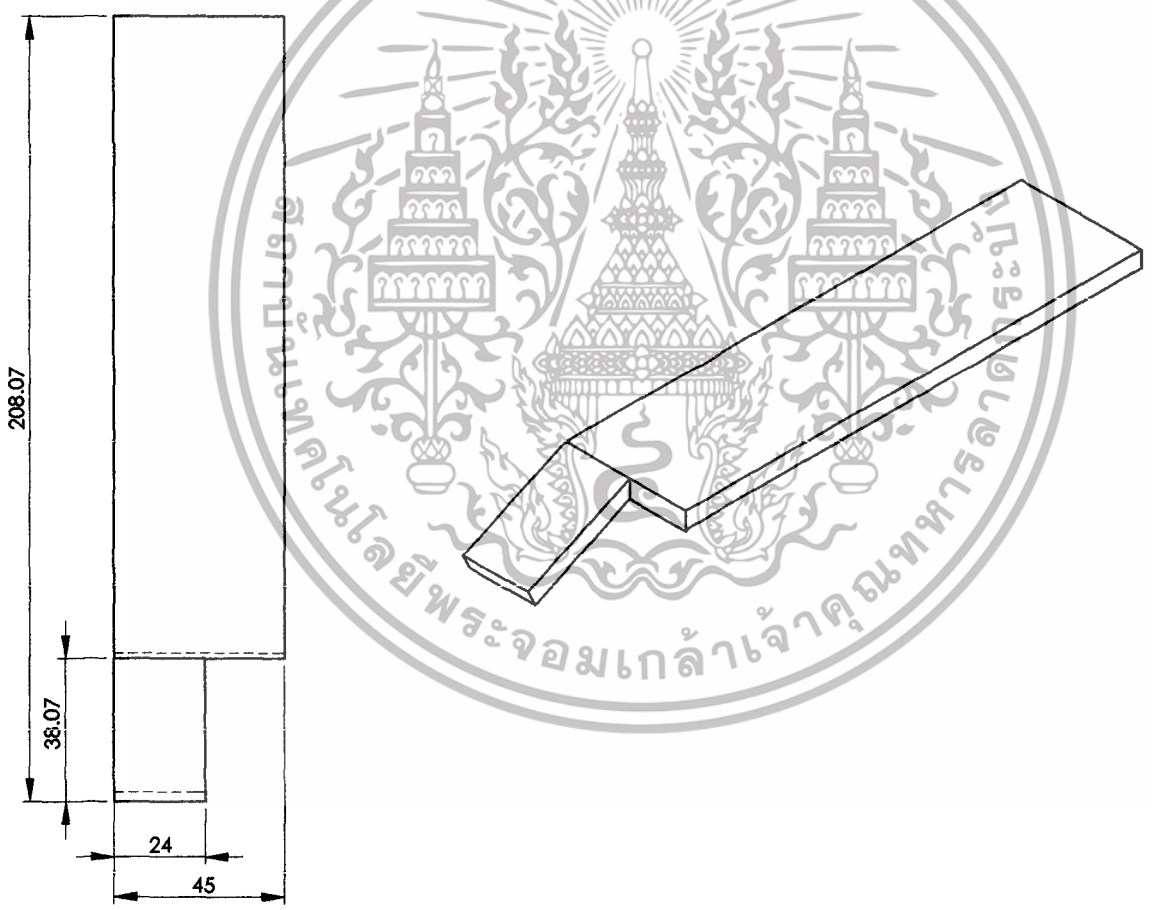


Pos.	Part Name And Remark	Dimention	Material	Qty.
14	ตัวตั้งระยะตัด 2	Ø45x30 mm.	SS400	1

Scale 1:1	Drawn	Mr.Pannawit Vasuanunkul	King Mongkul's Intitute of Technology Ladkrabang
	Designer	Mr.Pannawit Vasuanunkul	
	Approved		
	Shaer Cutting Machine		Drawing No. SCM01

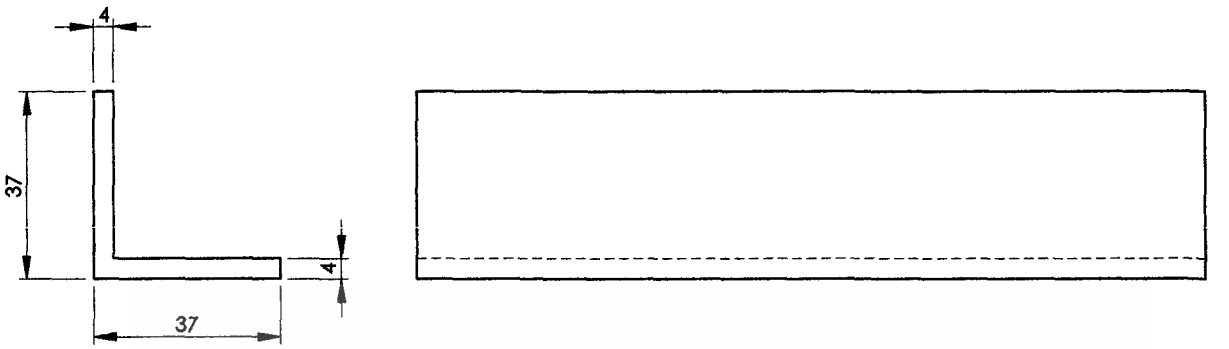
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

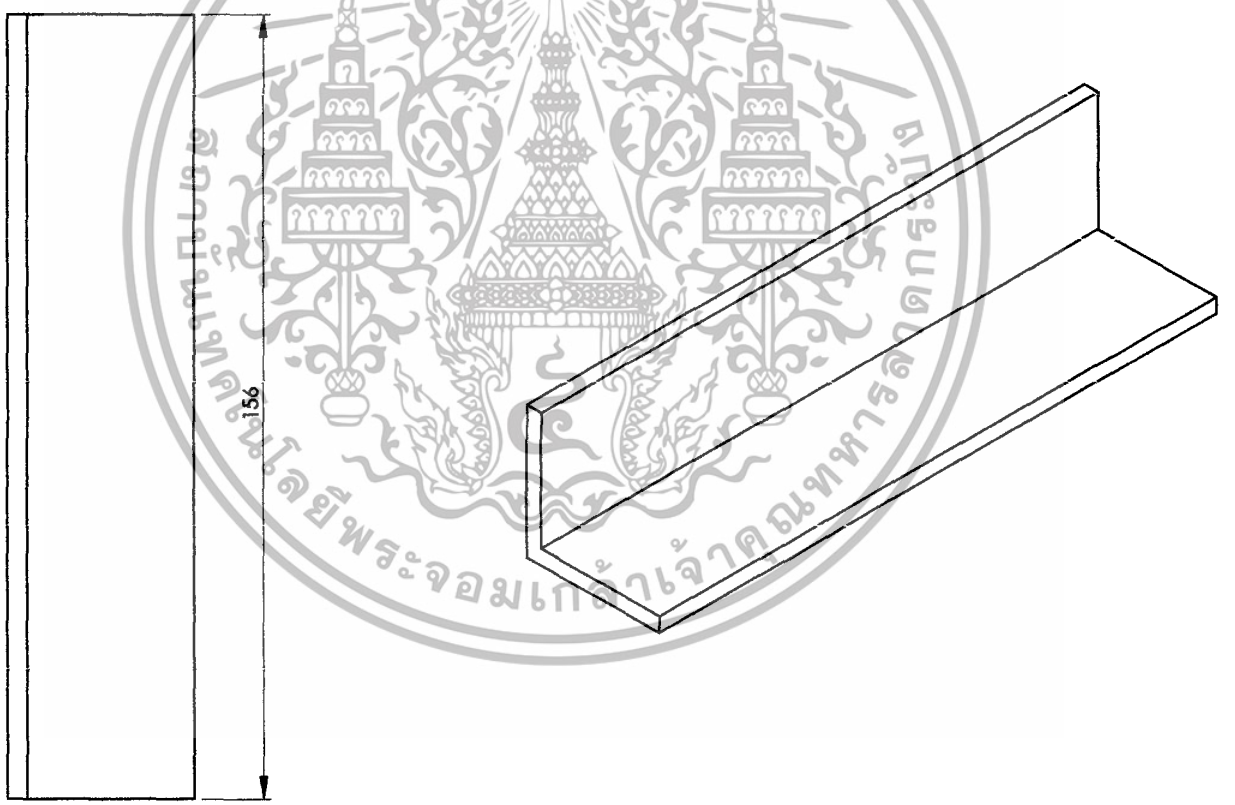




15	ตัวตั้งระยะตัด 3		45x208.07x6.62 mm.	SS400	1
Pos.	Part Name And Remark		Dimention	Material	Qty.
Scale 1:2	Drawn	Mr.Pannawit Vasuanunkul	King Mongkul's Intritute of Technology Ladkrabang		
	Designer	Mr.Pannawit Vasuanunkul			
	Approved				
	Shaer Cutting Machine			Drawing No.	SCM01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





16	ตัวตั้งระยะ 4		37x37x156 mm.	SS400	1
Pos.	Part Name And Remark		Dimention	Material	Qty.
Scale 1:1.5	Drawn	Mr.Pannawit Vasuanunkul	King Mongkul's Intritute of Technology Ladkrabang		
	Designer	Mr.Pannawit Vasuanunkul			
	Approved				
	Shaer Cutting Machine			Drawing No.	SCM01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องตัดโลหะแบบคันโยก

นางสาวทวินันท์ เถาว์พันธ์
นายรัฐธีร์ ข่ายม่าน
นายปัณณวิชญ์ วสุอนันต์กุล
นางสาวสุมลทา โกษาจันทร์

วศ.
ท181ค
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....83052
วัน,เดือน,ปี.....31 ก.ค. 2551

b.....11960802
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SHEAR CUTTING MACHINE

MISS TAWINAN THAOPAN

MR. RATTHEE KHAYMARN

MR PANNAWIT VASUANUNKUL

MISS SUMOLTA KOSAJAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องตัดโลหะแบบคันโยก

SHEAR CUTTING MACHINE

นักศึกษา	นางสาวทวินันท์ เถาว์พันธ์	รหัสประจำตัว	48015662
	นายรัฐธีร์ ข่ายม่าน	รหัสประจำตัว	48015678
	นายปัณณวิชญ์ วสุอนันต์กุล	รหัสประจำตัว	48015682
	นางสาวสุมลทา โกษาจันทร์	รหัสประจำตัว	48015688

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(รศ. พรศักดิ์ อรรถวานิช)

(ดร. อนิรุท ไชยจารุวณิช)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้