สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การปรับปรุงและสร้างชุดตอกตัด

นายปฏิญญากร บุราณรมย์
นายธนชาต ธนกุลภัทร์
นายภูสฤษดิ์ แก้วสุทธิ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....71988
วัน,เดือน,ปี.....- 7 มิ.ย. 2550

b.11771441
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPROVEMENT AND DEVELOPMENT FOR PUNCHING MACHINE

MR. PATINYAKORN BURANROM

MR. THANACHART TANAKULAPAT

MR. PUSARIS KAEWSUT

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 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การปรับปรุงและสร้างชุดตอกตัด IMPROVEMENT AND DEVELOPMENT FOR PUNCHING MACHINE			
นักศึกษา	นายปฏิญญากร	บุราณรมย์	รหัสประจำตัว	46010399
	นายธนชาต	ธนกุลภัทร์	รหัสประจำตัว	46010543
	นายภูสฤษดิ์	แก้วสุทธิ์	รหัสประจำตัว	46010594
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ			

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(รศ. พรศักดิ์ อรรถวานิช)

(ดร. อนิรุท ไชยจารุวณิช)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การปรับปรุงและสร้างชุดตอกตัด
นักศึกษา	นายปฏิญญากร บุราณรมย์
	นายธนชาต ธนกุลภัทร์
	นายภูสฤษดิ์ แก้วสุทธิ์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2549
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	รศ. พรศักดิ์ อรรถวานิช
	ดร. อนิรุท ไชยจารุวณิช

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุง สร้างชุดตอกตัด และชิ้นส่วนอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการทำงานของเครื่องตอกตัดของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากการตรวจสอบสภาพเครื่องตอกตัด กลไกการทำงานของเครื่องยังอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ แต่ส่วนของหัวตอก (punch) และดาย (die) อยู่ในสภาพชำรุดและเสียหาย หรือสูญหาย และชิ้นส่วนบางชิ้นสูญหาย ดังนั้นโครงงานนี้จึงมุ่งเน้นที่จะสร้างหัวตอก ดาย และชิ้นส่วนอื่น โดยใช้เหล็กเครื่องมือ DC 53 สร้างชุดหัวตอกและดาย และเหล็ก S45C และ AISI 4140 สำหรับสร้างชิ้นส่วนอื่นๆ โดยการผ่านการขึ้นรูปตามแบบ และตามความเหมาะสมของการใช้งาน จากนั้นทำการอบชุบแข็ง และการอบคืนไฟหัวตอกและดายเพื่อให้ได้ความแข็งและความเหนียวตามต้องการ ผลที่ได้คือ สามารถนำเครื่องตอกตัดกลับมาใช้ในการตอกตัดแผ่นโลหะเหล็กที่มีความหนา 0.8 - 1.0 มิลลิเมตรได้ โดยไม่เกิดความเสียหายและการแตกร้าวของชุดหัวตอกและดาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Improvement and Development for Punching Machine
Student	Mr. Patinyakorn Buranrom
	Mr. Tanachart Tanakulapat
	Mr. Pusaris Kaewsut
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2006
Thesis Advisor	Assoc. prof. Pornsak Attavanich
	Dr. Anirut Chaijaruwanich

Abstract

The main objective of this thesis is to improve and construct punch, die and other necessary components for the punching machine, belonging to the workshop of Industrial Engineering department at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. The punching machine is partly malfunction at present and cannot be operated properly. The inspection results showed that the main mechanism of the machine is in working condition but some punches and dies were damaged or missing. Some miscellaneous components of the machine were also missing. Therefore, this thesis is mainly focused on creating new punches and dies. DC 53 tool steel was selected for punches and dies and S45C and AISI4140 for the other components. These parts were machined into desired shapes and only punches and dies were then heat treated to achieve desirable ductility and hardness. As a result, the punching machine improved could successfully cut sheet metals with thickness from 0.8 to 1.0 mm. without a failure and a fracture of punches and dies.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป **หน้า**

รูปที่ 2.1 ลำดับขั้นตอนการตัดแบบใช้ 2 คมตัด....2
รูปที่ 2.2 ลักษณะของโลหะที่ผ่านการตอกตัด....3
รูปที่ 2.3 รอยตอกตัดที่เกิดจากระยะเผื่อจากน้อยไปมากตามลำดับ....4
รูปที่ 2.4 กราฟเปรียบเทียบความเหนียวที่ได้จากการทดสอบการกระแทก....6
รูปที่ 2.5 กราฟเปรียบเทียบความทนทานต่อการสึกหรอ....7
รูปที่ 2.6 Time-Temperature-Transformation (T.T.T) curve ของเหล็กที่ส่วนผสมยูเทคติก....9
รูปที่ 2.7 แผนภาพแสดงการเปลี่ยนโครงสร้างที่ระยะต่างๆ....10
ในช่วงเวลาที่แตกต่างกันที่อุณหภูมิคงที่ของเหล็ก 0.8%C
รูปที่ 2.8 แผนภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของ austenite 0.8%C....11
ระหว่างการทำให้เย็นในอัตราต่างๆ กัน
รูปที่ 2.9 แผนภาพสมดุลยภาคของเหล็กกับคาร์บอน....12
รูปที่ 2.10 ผลของเปอร์เซ็นต์มาร์เทนไซต์ในโครงสร้าง จากการชุบแข็ง....13
รูปที่ 3.1 สภาพเครื่องตอกตัดก่อนการปรับปรุง....20
รูปที่ 3.2 ช่องใส่ชุดหัวตอกและดาย....20
รูปที่ 3.3 ตัวเครื่องตอกตัด....21
รูปที่ 3.4 คันโยก....22
รูปที่ 3.5 ชุดกดหัวตอก....22
รูปที่ 3.6 หัวตอกเก่าขนาด 30, 25, 11 และ 10 มิลลิเมตร ตามลำดับ....23
รูปที่ 3.7 ดายเก่าขนาด 30 มิลลิเมตร....23
รูปที่ 3.8 ฝาประกบ....24
รูปที่ 3.9 ตัวปลดแผ่นโลหะ....24
รูปที่ 3.10 ตัวจับยึดหัวตอก....25
รูปที่ 3.11 สลักยึดหัวตอก....25
รูปที่ 3.12 เครื่องตอกตัด....27
รูปที่ 3.13 ตัวเครื่องตอกตัด....28
รูปที่ 3.14 แกนหมุน....28
รูปที่ 3.15 แท่นใส่ชุดหัวตอกและดาย....28
รูปที่ 3.16 ชุดกดหัวตอก....29
รูปที่ 3.17 คันโยก....29
รูปที่ 3.18 กราฟความสัมพันธ์อุณหภูมิกับในการเวลาชุบแข็งหัวตอกและดาย....31
รูปที่ 3.19 กราฟความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลาในการอบคืนไฟหัวตอกและดาย....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป หน้า

รูปที่ 3.20 การใส่แผ่นโลหะก่อนการตอกตัด....32
รูปที่ 3.21 การตอกตัดชิ้นงาน....33
รูปที่ 3.22 ตำแหน่งวางคันโยกเมื่อไม่ใช้งาน....33
รูปที่ 4.1 เครื่องตอกตัดที่ได้รับการปรับปรุงสภาพและติดตั้งชุดหัวตอกและดาย....34
รูปที่ 4.2 หัวตอกและดายที่สร้างขึ้นใหม่....35
รูปที่ 4.3 หัวตอกขนาด 25 มิลลิเมตร....35
รูปที่ 4.4 หัวตอกขนาด 10 มิลลิเมตร....35
รูปที่ 4.5 ดายขนาด 25 มิลลิเมตร....36
รูปที่ 4.6 ดายขนาด 10 มิลลิเมตร....36
รูปที่ 4.7 ตัวจับยึดหัวตอก....36
รูปที่ 4.8 ตัวจับยึดหัวตอก 12 ตัว....37
รูปที่ 4.9 ตัวปลดแผ่นโลหะ....37
รูปที่ 4.10 ตัวปลดแผ่นโลหะตามขนาดหัวตอก....37
รูปที่ 4.11 สลักยึดหัวตอก 12 ตัว....38
รูปที่ 4.12 ตัวอย่างชิ้นงานจากชุดหัวตอกและดายขนาด 8 และ 9 มิลลิเมตร....38
รูปที่ 4.13 ตัวอย่างชิ้นงานจากชุดหัวตอกและดายขนาด10 และ11 มิลลิเมตร....39
รูปที่ 4.14 ตัวอย่างชิ้นงานจากชุดหัวตอกและดายขนาด14 และ15 มิลลิเมตร....39
รูปที่ 4.15 ตัวอย่างชิ้นงานจากชุดหัวตอกและดายขนาด 25 มิลลิเมตร....39
รูปที่ 4.16 ตัวอย่างชิ้นงานจากชุดหัวตอกและดายขนาด 30 มิลลิเมตร....40
รูปที่ 5.1 เครื่องตอกตัดพร้อมใช้งาน....41
รูปที่ 5.2 ชิ้นส่วนชุดตอกตัดทั้ง 12 ชุด....41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 2.1 ค่า allowance ของโลหะชนิดต่างๆ 5
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติเหล็กกล้า DC 53 6
ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติเหล็กกล้า S45C 7
ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติเหล็กกล้า AISI 4140 8
ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงค่าความรุนแรงของของเหลวที่นำมาชุบแข็ง 14
ตารางที่ 3.1 ปฏิทินการทำงาน 17
ตารางที่ 3.2 แรงที่ใช้ในการตอกตัดของแต่ละชุดหัวตอกและดาย 18
สำหรับเหล็กเคลือบสังกะสีหนา 0.8 มิลลิเมตร
ตารางที่ 3.3 ขนาดรูของดายในแต่ละชุดหัวตอกขนาดต่างๆ 19
ตารางที่ 3.4 จำนวนชิ้นส่วนของเครื่องตอกตัดที่ยังใช้ได้ และต้องทำขึ้นใหม่ 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย
F	แรงตัดเฉือน
S	Shear Strength ของแผ่นโลหะ
t	ความหนาแผ่นโลหะ
L	ความยาวรอบรอยตัด
C	ระยะเผื่อ
a	allowance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในอุตสาหกรรมโลหะแผ่น การตอกตัดเป็นกระบวนการผลิตหนึ่งที่ถูกนำไปใช้อย่างมากในการแปรรูปโลหะแผ่น เพื่อนำไปใช้งานเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ฝาครอบ ตัวถังของยานพาหนะ ตู้ที่ทำจากโลหะแผ่น เป็นต้น

ในงานตอกตัดส่วนที่มีความสำคัญส่วนหนึ่งคือ ส่วนของหัวตอกและดาย เนื่องจากคุณภาพงานของการตอกตัดจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับหัวตอกและดาย เช่น ความคมของคมตัดหัวตอกและดาย หรือการติดตั้งหัวตอกและดายไม่เหมาะสม ทำให้เกิดครีบที่รอยตัด รวมถึงการออกแบบหัวตอกและดาย หากไม่ถูกต้อง ชิ้นงานที่จะนำไปใช้งานอาจไม่ได้ขนาดตรงกับความต้องการ ส่งผลให้ชิ้นงานดังกล่าวไม่สามารถนำไปใช้งานในขั้นตอนการผลิตต่อๆไปได้ เกิดการเสียเวลาที่จะต้องรอทำใหม่และเกิดของเสียขึ้นโดยไม่จำเป็น

เนื่องจากภายในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการมีเครื่องตอกตัด ซึ่งไม่ได้ใช้งานมานาน ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ เพราะส่วนของชุดตอกตัด เกิดการชำรุด เสียหาย และบางชุดสูญหาย ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงมีความตั้งใจที่จะทำการสร้างชุดหัวตอกและดายใหม่ทั้งหมดพร้อมทั้งปรับปรุงสภาพของเครื่อง เพื่อให้เครื่องตอกตัดใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ และเล็งเห็นว่าเครื่องตอกตัดที่ผ่านการปรับปรุงนี้ จะเป็นประโยชน์ เพื่อใช้งานภายในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1) สร้างชุดหัวตอกและดายเพื่อนำไปใช้งานกับเครื่องตอกตัด

2) ทำการปรับปรุงสภาพของเครื่องตอกตัดให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1) สร้างชุดหัวตอกและดายจำนวน 12 ชุด ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30, 25, 20, 18, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9 และ 8 มิลลิเมตร

2) ชุดหัวตอกและดายจะใช้งานกับแผ่นโลหะเหล็กชุบสังกะสีความหนา 0.8 และ 1 มิลลิเมตร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถนำเครื่องตอกตัดกลับไปใช้งานได้

2) ใช้ในการศึกษาการทำงานของเครื่องตอกตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การตัดเฉือน (Shearing) และการตอกตัด (Punching)

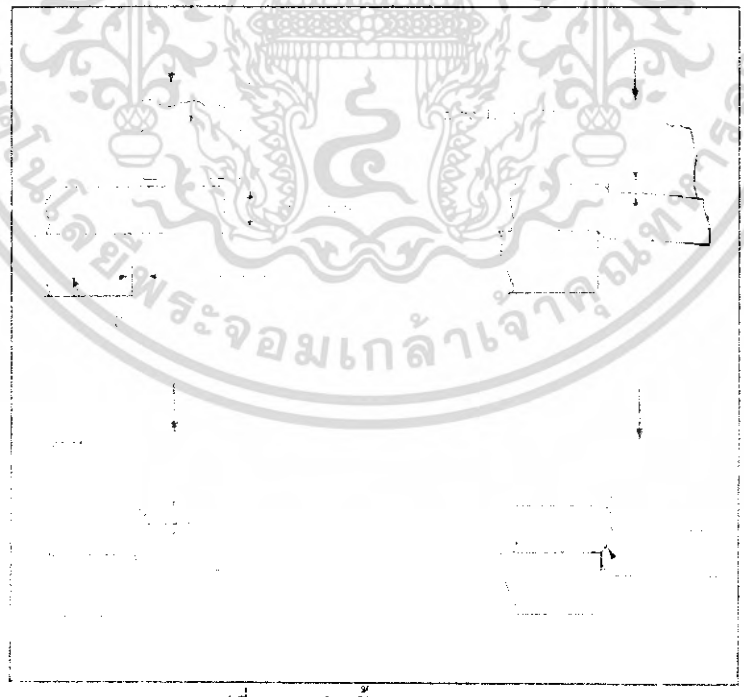
การตัดเฉือน คือ กระบวนการตัดแผ่นโลหะตามความยาวเป็นเส้นตรงระหว่าง 2 คมตัด นั่นคือ คมตัดของมีดตัด และคมตัดของดาย

การตอกตัด คือ กระบวนการตัดแผ่นโลหะที่เหมือนกับการตัดเฉือน แต่รูปทรงของการตัดจะเป็นรูปปิด เช่น รูปวงกลม รูปสี่เหลี่ยม

ชิ้นส่วนที่สำคัญที่ใช้ในการตัดเฉือนและการตอกตัด คือ มีดตัดสำหรับการตัดเฉือน หรือหัวตอกสำหรับการตอกตัด กับของดาย ในที่นี้จะกล่าวถึงการตอกตัดที่ใช้หัวตอก (Punch) และดาย (Die) เท่านั้น

ในงานอุตสาหกรรมการตอกตัดแผ่นโลหะ หัวตอกและดายทำมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนสูง เมื่อทำการขึ้นรูปหัวตอกและดาย และนำไปชุบแข็ง จะได้ชิ้นงานที่มีความแข็งสูงมากพอที่จะใช้ในงานตอกตัดแผ่นโลหะ โดยเหล็กกล้าคาร์บอนสูงที่ใช้ในปัจจุบัน คือ SKD 11 และ DC 53

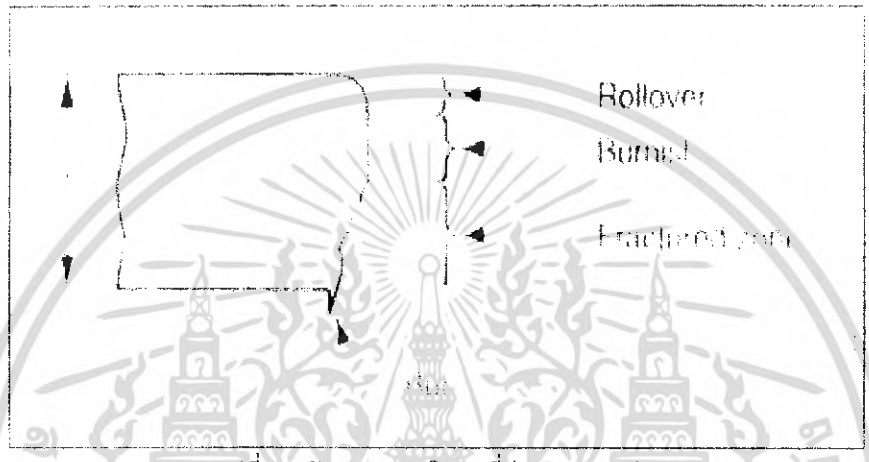
2.1.1 ลักษณะการตอกตัด



รูปที่ 2.1 ลำดับขั้นตอนการตอกตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตัดแผ่นโลหะด้วยวิธีการตอกตัด มีขั้นตอนการตัดแสดงในรูปที่ 2.1 ขณะที่หัวตอกเริ่มกดลงบนแผ่นโลหะ เนื้อโลหะบริเวณผิวจะเกิดการเสียรูปถาวร (Plastic deformation) เมื่อหัวตอก (Punch) เคลื่อนตัวลงในเนื้อโลหะมากขึ้นจะเกิดบริเวณที่หัวตอกเคลื่อนทะลุผ่านเนื้อโลหะ (Penetration) ซึ่งมีขนาดประมาณ 1/3 ของความหนาของแผ่นโลหะ และเป็นบริเวณที่หัวตอกเริ่มตัดเนื้อโลหะออกจากกัน เมื่อหัวตอกเคลื่อนที่ลงไปเรื่อยจนใกล้ระดับที่คมตัดของหัวตอกและคมตัดของดายมาพบกัน เนื้อโลหะจะแตกหักและเริ่มขาดออกจากกัน และจะขาดจากกันเมื่อคมตัดของหัวตอกเคลื่อนที่ผ่านคมตัดของดายไป ในการตัดเฉือนลักษณะนี้ ระยะห่างของคมตัดของหัวตอกและดายหรือที่เรียกว่า ระยะเผื่อ (Clearance) มีความสำคัญมาก เพราะค่าระยะเผื่อที่เหมาะสมจะทำให้ได้รอยตัดที่ดี



รูปที่ 2.2 ลักษณะของโลหะที่ผ่านการตอกตัด

เมื่อพิจารณาเนื้อโลหะที่ผ่านการตอกตัด ลักษณะของรอยตัดจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.2 โดยส่วนบนสุดเรียกว่าโรลโอเวอร์ (Rollover) เป็นส่วนที่เกิดจากเนื้อโลหะมีการเสียรูปถาวร เมื่อหัวตอกเคลื่อนผ่านเนื้อโลหะลงไปเรื่อยๆจะเกิดส่วนที่เรียกว่าเบอร์นิช (Burnish) จะมีลักษณะก่อนข้างเรียบ เมื่อหัวตอกเคลื่อนลงมาจนคมตัดของหัวตอกเข้าใกล้คมตัดของดายจะเริ่มเกิดการแตกหักของเนื้อโลหะ และบริเวณที่เกิดการแตกหัก (Fracture zone) จะเกิดขึ้นจนกระทั่งคมตัดของหัวตอกและดายอยู่ในระดับเดียวกัน เมื่อคมตัดของหัวตอกเคลื่อนผ่านคมตัดของดายไป เนื้อโลหะจะขาดออกจากกัน ซึ่งเกิดจากการยืดตัวของโลหะจนขาดออกจากกัน จะเกิดส่วนที่เรียกว่าครีบ (Burr) มีลักษณะเป็นมุมแหลม โดยส่วนของครีบไม่ควรให้เกิดขึ้นหรือควรให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด เพราะหากชิ้นงานมีครีบเกิดขึ้นมาก จะมีปัญหาขึ้นเมื่อนำชิ้นงานดังกล่าวไปใช้งานในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การคำนวณค่าแรงตัดเฉือน

แรงตัดเฉือน เป็นค่าที่สำคัญมากในการตอกตัดแผ่นโลหะเพราะแรงตัดจะเป็นตัวบอกถึงขนาดของแรงที่จะใช้กดลงในการตัดเฉือนแผ่นโลหะ ซึ่งการคำนวณหาค่าแรงตอกดัดสามารถหาได้จากสมการ

$$F = StL$$

โดยที่ S : Shear Strength ของแผ่นโลหะ

t. : ความหนาของแผ่นโลหะ

L : ความยาวรอบรอยตัด

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าแรงตัด

ในกรณีการตอกตัดแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสีที่มีความหนา 0.8 มิลลิเมตร ค่าทนแรงดึงสูงสุด (ultimate tensile strength) เท่ากับ 370 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ให้เป็นรูวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร จะต้องใช้แรงตัดเท่าไร

วิธีทำ

จากสมการ $F = StL$

S = 0.7 x ultimate tensile strength

= 0.7 x 370

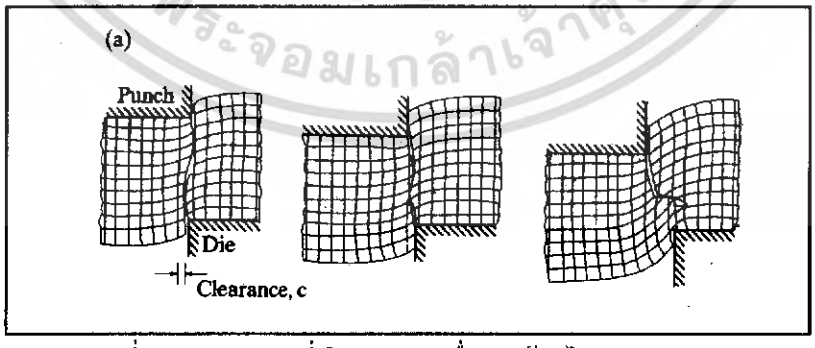
= 259 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

F = 259 x 0.8 x 2 x 3.14 x 20/2

F = 13012.16 นิวตัน

ดังนั้นจะต้องใช้แรงในการตอกตัด 13012.16 นิวตัน

2.1.3 การคำนวณระยะเผื่อ (clearance)



รูปที่ 2.3 รอยตอกตัดที่เกิดจากระยะเผื่อจากน้อยไปมากตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติในงานตอกตัดระยะเผื่อจะอยู่ในช่วงประมาณ 4-8% ของค่าความหนาของแผ่นโลหะชิ้นงาน รูปที่ 2.3 แสดงภาพงานตัดเฉือนที่ใช้ค่าระยะเผื่อที่ต่างกัน ถ้าหากระยะเผื่อมีค่าน้อยเกินไปเส้นรอยแตกจะเอียงไปจากกันเกิดเป็นครีบ 2 ส่วน และต้องใช้แรงตัดมากส่งผลให้หัวตอกเสียหายเร็วขึ้น ถ้าหากระยะเผื่อมากเกินไป จะทำให้เนื้อโลหะที่ตัดมีลักษณะหยิกและเกิดครีบมาก ทำให้ได้งานตัดที่ไม่ดี

ระยะเผื่อที่ถูกต้องจะขึ้นกับชนิดโลหะของแผ่นโลหะและความหนาของแผ่น สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$C = at$$

โดยที่ C : ระยะเผื่อ

a : allowance (ดูได้จากตาราง ตามชนิดของโลหะ)

t : ความหนาของแผ่นโลหะ

ตารางที่ 2.1 ค่า allowance ของโลหะชนิดต่างๆ

Metal group	a
1105S and 5052S aluminium alloy ,all tempers	0.045
2024ST and 6061ST aluminium alloy;brass all temper;soft cold-rolled steel,soft stainless steel	0.06
Cold-rolled steel,haft-hard;stainless steel, haft-hard and full hard	0.075

<u>ตัวอย่างการคำนวณหาระยะเผื่อ</u>

ตอกตัดแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสีที่มีความหนา 0.8 มิลลิเมตร ให้เป็นรูวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร จะต้องออกแบบดาย ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเท่าไร เพื่อทำให้รูที่ได้เกิดครีบน้อยที่สุด

<u>วิธีทำ</u>

แผ่นเหล็กเคลือบสังกะสีอยู่ในกลุ่มของเหล็กรีดเย็น จากตารางที่ค่า allowance เท่ากับ 0.075

จากสมการ $C = at$

$C = 0.075 \times 0.8$

$= 0.06$

ดังนั้น รูของดายจะมีขนาด $20 + 2(0.06) = 20.12$ มิลลิเมตร

2.2 เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon steel)

2.2.1 เหล็กกล้า DC 53

เหล็กกล้าเครื่องมือ DC 53 เป็นเหล็กกล้าที่มีปริมาณของคาร์บอนผสมอยู่สูงตามตารางที่ 2.2 มีคุณสมบัติที่มีความแข็งแรงสูง มีความเหมาะสมกับงานขึ้นรูปเย็น ซึ่งเหล็กกล้า DC 53 เป็นเหล็กกล้าที่ได้รับการพัฒนามาจากเหล็กกล้า SKD 11 ทำให้เหล็กกล้า DC 53 มีคุณสมบัติที่ดีกว่าเหล็กกล้า SKD 11 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) มีค่าความแข็งหลังจากการผ่านอบชุบแข็งมากกว่า โดยมีค่าประมาณ 62 – 63 (HRC)

2) มีค่าความเหนียวมากกว่าถึง 2 เท่า ลดความแข็งเปราะของเนื้อเหล็ก ทนต่อการเสียดสีได้ดีกว่า

3) สามารถทนต่อความล้าได้มากกว่า

4) โครงสร้างของคาร์บอนมีขนาดเล็กกว่า จึงช่วยทำให้แม่พิมพ์ทนทานไม่แตกหักได้ง่าย

5) สามารถขึ้นรูปได้ง่าย และอายุการใช้งานของมีดตัดที่นำมาใช้ขึ้นรูปเหล็กกล้ายาวนานขึ้น

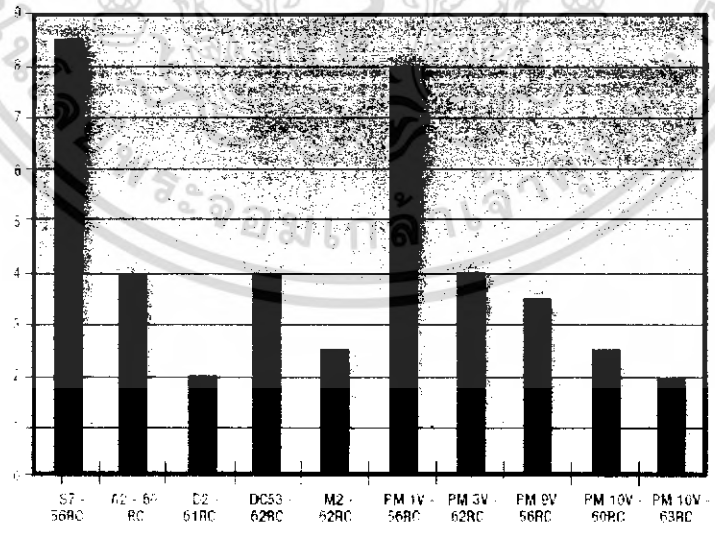
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติเหล็กกล้า DC 53

ส่วนผสม (%)	C	Si	Mn	Cr	Mo
Composition	1	1	0.4	8	2

การอบชุบ (°C) Heat treatment	เผาตีขึ้นรูป (Forging)	อบอ่อน (Annealing)	ชุบแข็ง (Hardening)	อบคืนไฟ (Tempering)
	1100-900	810	1020-1040 (ชุบน้ำมัน, อากาศ)	520-530

ความแข็ง	สภาพปกติ	หลังการอบชุบ
Hardness	25 HRC	62 HRC

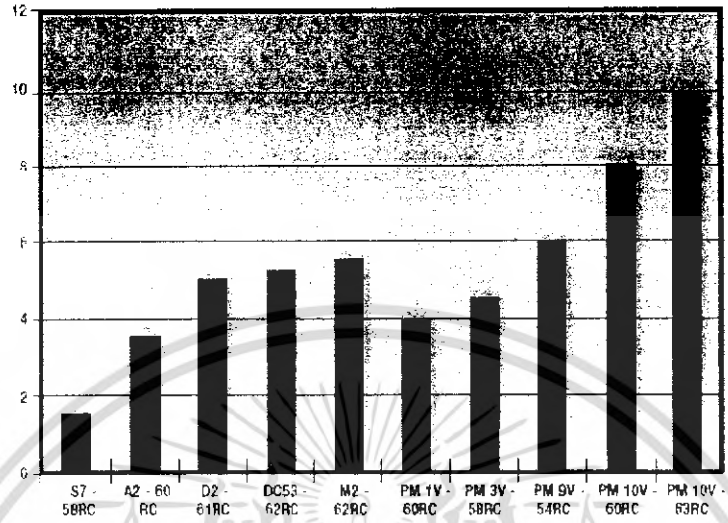
เหล็กกล้าเครื่องมือ DC 53 นิยมนำไปใช้งานพวกทำแม่พิมพ์ตัดโลหะเย็นทั่วไป ทำลูกรีดสำหรับม้วนท่อต่างๆ ใบมีดสำหรับตัดกระดาษตัดเหล็ก แบบพิมพ์สำหรับทำอิฐบล็อก ทำพิมพ์ขึ้นรูปเกลียว พิมพ์ปั๊มลวดลาย พิมพ์ปั๊มเย็นหัวสกรู พิมพ์รีดโลหะเย็น กัดเฟือง กัดไม้ ไม้รูด ฯลฯ



รูปที่ 2.4 กราฟเปรียบเทียบความเหนียวที่ได้จากการทดสอบการกระแทก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาจากกราฟโดยเปรียบเทียบเฉพาะเหล็ก SKD 11 (D2) และเหล็ก DC 53 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าความเหนียวของเหล็ก DC 53 มีค่ามากกว่าเหล็ก SKD 11 (D2) ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.5 กราฟเปรียบเทียบความทนทานต่อการสึกหรอ

2.2.2 เหล็กกล้า S45C

มีคุณสมบัติเป็นเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนปานกลางตามตารางที่ 2.3 ชุบแข็งได้ง่าย ทนการเสียดสีได้ดี มีความแข็งแรงสูง เหมาะสำหรับทำชิ้นส่วนพื้นฐาน และเป็นที่นิยมใช้งานทั่วไป

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติเหล็กกล้า S45C

ส่วนผสม (%)	C	Si	Mn	P	S
Composition	0.42 - 0.48	0.15 - 0.35	0.60 - 0.90	0.030max.	0.035max.

การอบชุบ (°C) Heat treatment	อบอ่อน (Annealing)	ชุบแข็ง (Hardening)	อบคืนไฟ (Tempering)
	810	820-870(ชุบน้ำ)	550-650

สมบัติเชิงกล Mechanical property	ทนต่อการยืดตัว kgf/mm^2	ทนต่อแรงดึงสูงสุด kgf/mm^2	ยืดตัวก่อนขาด %	ลดขนาดก่อนขาด %	ทนแรงกระแทกสูงสุด $kgfm/cm^2$
สภาพปกติ	35 min	58 min	20 min	-	-
หลังการชุบ	50 min	70 min	17 min	45 min	8 min

ความแข็ง Hardness	สภาพปกติ	หลังการอบชุบ
	4.4 - 20.5 HRC	13.8 - 27.6 HRC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 เหล็กกล้า AISI 4140

เหล็กคาร์บอนปานกลาง AISI 4140 มีส่วนผสมตามตารางที่ 2.4 การผสมโครเมียมและโมลิดินั่มเข้าไปทำให้มีความเหนียวและทนแรงดึงสูง การชุบแข็งสามารถทำได้หลายวิธี เหมาะสำหรับทำชิ้นส่วนเครื่องจักร

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติเหล็กกล้า AISI 4140

ส่วนผสม (%)	C	Si	Mn	Cr	Mo
Composition	0.38 – 0.43	0.15 - 0.35	0.60 - 0.85	0.9 – 1.2	0.15 – 0.3

การอบชุบ (°C) Heat treatment	อบอ่อน (Annealing)	ชุบแข็ง (Hardening	อบคืนไฟ (Tempering)
	810	820-870 (ชุบน้ำมัน)	550-630

สมบัติเชิงกล	ทนต่อการยืดตัว	ทนต่อแรงดึงสูงสุด	ยืดตัวก่อนขาด	ลดขนาดก่อนขาด	ทนแรงกระแทกสูงสุด
Mechanical	kgf/mm^2	kgf/mm^2	%	%	$kgfm/cm^2$
properties	85 min	100 min	12 min	45 min	6 min

ความแข็ง	หลังการอบชุบ
Hardness	29.9 – 37.9 HRC

2.3 กระบวนการทางความร้อนของเหล็ก (Heat Treatment of Steel)

2.3.1 การอบชุบ (Heat Treatment)

สิ่งที่ปรารถนามากที่สุดในงานวิศวกรรม คือ การที่ชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลหรือชิ้นส่วนต่างๆมีอายุการใช้งานได้มากที่สุด ซึ่งมีผลมาจากการออกแบบรูปร่างลักษณะของชิ้นงานที่ถูกต้อง นอกจากนั้นแล้ว เนื้อโลหะหรือจุลโครงสร้าง (Microstructure) ของชิ้นงานนั้นก็ควรได้รับการพิจารณาอย่างรอบคอบด้วย จุลโครงสร้างของชิ้นงานที่เหมาะสมกับงานนั้นๆ นอกจากจะทำให้มีคุณสมบัติเชิงกลที่เยี่ยมแล้วยังยืดอายุการใช้งานให้นานไปอีกด้วย เราสามารถควบคุมจุลโครงสร้างในเนื้อเหล็กกล้าโดยวิธีที่เรียกว่า การอบชุบ

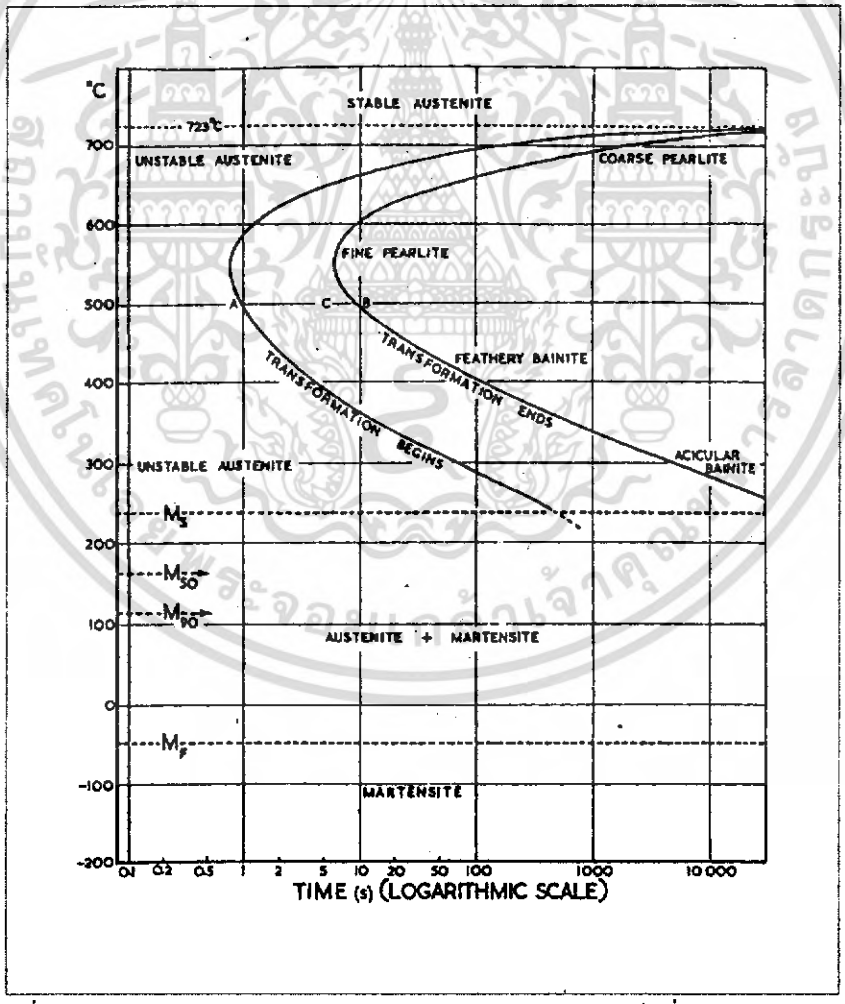
การอบชุบ หมายถึง วิธีการที่ทำให้โลหะหรือโลหะผสมร้อนและเย็นตามขั้นตอนที่แน่นอน เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามข้อกำหนดที่ต้องการ การอบชุบนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในโลหะประเภทเหล็ก และโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงการอบชุบเหล็กกล้าซึ่งมีความสำคัญมากในงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 แผนภาพการเปลี่ยนเฟสระหว่างเวลาและอุณหภูมิ (Time Temperature Transformation Diagrams)

แผนภาพการเปลี่ยนเฟสระหว่างเวลาและอุณหภูมินี้เรียกย่อๆว่า แผนภาพ TTT หรือ TTT Diagram หรือ Isothermal Transformation Diagram เป็นแผนภาพแสดงเวลาที่จำเป็นในการทำให้ออสเทนไนต์ที่หลงเหลือ (Retained Austenite) เปลี่ยนเฟสที่อุณหภูมิคงที่

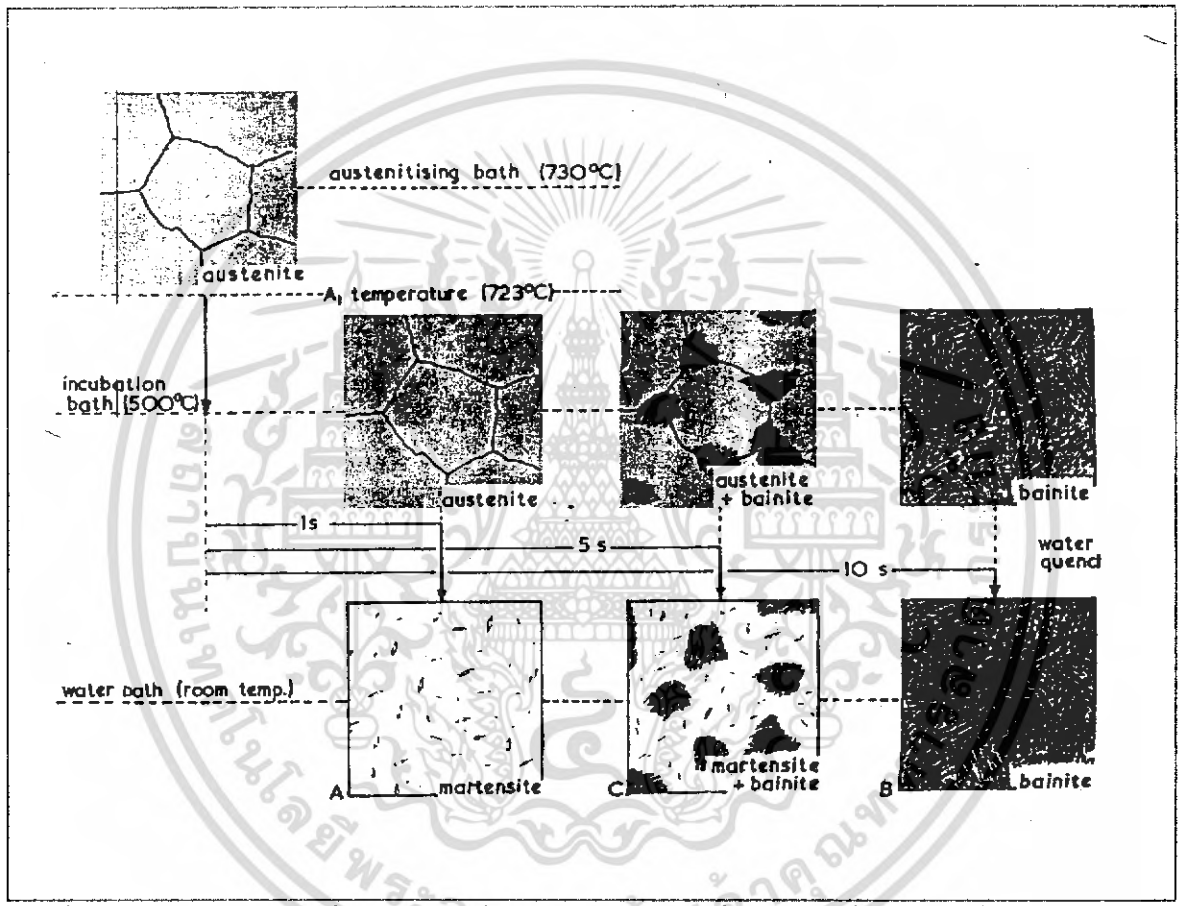
รูปที่ 2.6 เป็นแผนภาพ TTT ของเหล็กกล้า ที่มีคาร์บอนผสมอยู่ 0.8 % เส้นโค้งรูปตัว C เรียกว่าเส้นโค้งตัวเอส (S-Curve) ด้านซ้ายสุดเป็นเส้นโค้งแสดงเวลาที่ออสเทนไนต์เริ่มเปลี่ยนแปลง ส่วนเส้นที่อยู่ทางขวามือแสดงเวลาที่ออสเทนไนต์เปลี่ยนเฟสไปหมดที่อุณหภูมิเดียวกัน แผนภาพ TTT ได้มาจากการทำทดลองกับเหล็กตัวอย่างหลายๆชิ้น ให้ความร้อนแก่ชิ้นงานทดลองให้อยู่ในช่วงออสเทนนิติก (Austenitic) แบ่งชิ้นงานออกเป็นกลุ่มๆ แต่ละกลุ่มให้มีการเปลี่ยนเฟสไปที่อุณหภูมิเดียวกัน ในช่วงเวลาต่างกัน แล้วจุ่มชิ้นงานทดสอบลงในน้ำ จะสามารถตรวจดูจุลโครงสร้างของชิ้นงานทดสอบที่เปลี่ยนแปลงไปในขณะที่อุณหภูมิคงที่ เช่น เมื่อให้ความร้อนชิ้นงานทดสอบที่มีปริมาณ 0.8%C ให้มีอุณหภูมิสูงกว่า 723°C แล้วจุ่มในตะกั่วหลอมละลายที่ 500°C ในเวลา 1 วินาที แล้วจุ่มลงในน้ำ จะได้ชิ้นงานทดสอบเป็นโครงสร้างแบบมาเทนซิติก (Martensitic) ทั้งหมด



รูปที่ 2.6 Time-Temperature-Transformation (TTT) curve ของเหล็กที่ส่วนผสมยูเทคติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงว่าที่อุณหภูมิ 500°C ในเวลา 1 วินาที (จุด A ในรูปที่ 2.6 และ รูปที่ 2.7) เหล็กกล้ามีโครงสร้างเป็นออสเทนไนต์ (Austenite) หากปล่อยให้ชิ้นงานทดสอบอยู่ในตะกั่วที่ 500°C เป็นเวลา 10 วินาที (จุด B ในรูปที่ 2.6 และรูปที่ 2.7) แล้วจุ่มในน้ำ เราจะได้โครงสร้างเป็นไบไนต์ (Bainite) ทั้งหมด (ไบไนต์เป็นโครงสร้างที่มีซีเมนไทต์ (Cementite) และเฟอร์ไรต์ (Ferrite) ที่มีขนาดละเอียด) ซึ่งแสดงว่าภายใน 10 วินาทีจะมีการเปลี่ยนโครงสร้างเป็นไบไนต์ทั้งหมด ถ้าแช่ชิ้นงานในถังตะกั่วหลอมละลายไว้ 5 วินาที แล้วนำไปจุ่มในน้ำ (จุด C ในรูปที่ 2.6 และรูปที่ 2.7) จะได้ส่วนผสมของไบไนต์และมาร์เทนไซต์ (Martensite) ซึ่งแสดงว่าที่อุณหภูมิคงที่ 500°C ในเวลา 5 วินาที โครงสร้างจะเปลี่ยนไบไนต์และออสเทนไนต์ที่เหลือ ไปเป็นมาร์เทนไซต์ในเวลาต่อมา

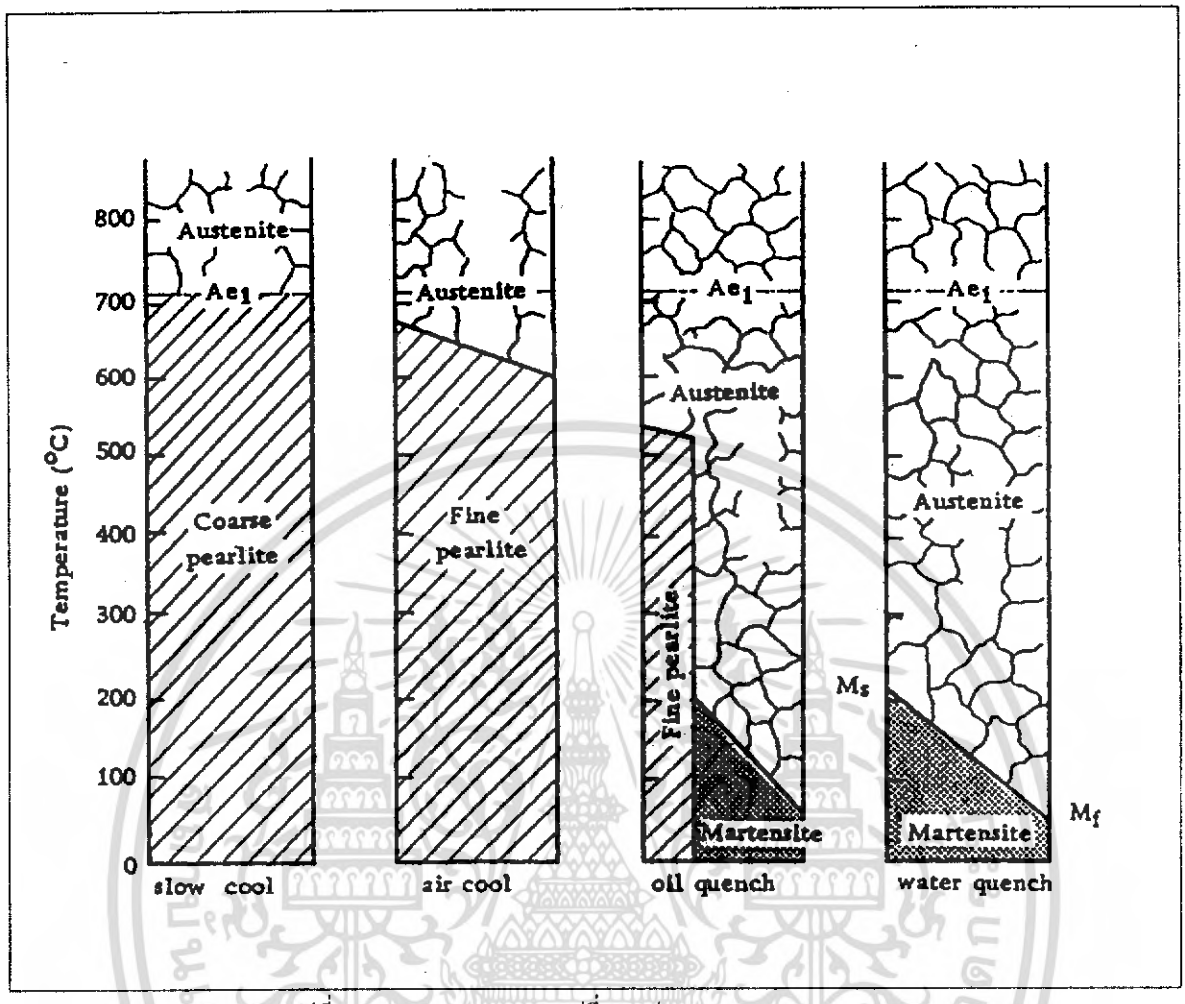


รูปที่ 2.7 แผนภาพแสดงการเปลี่ยนโครงสร้างที่ระยะต่างๆในช่วงเวลาที่แตกต่างกันที่อุณหภูมิคงที่ของเหล็ก 0.8%C

2.3.3 การชุบแข็ง (Quench Hardening)

การชุบแข็งตามทฤษฎี หรือเรียกอีกอย่างว่า การชุบแข็งโดยปกติ เมื่อเหล็กกล้ายูเทคตอยด์ถูกทำให้ร้อนจนโครงสร้างเปลี่ยนสภาพเป็นออสเทนไนต์ทั้งหมดแล้ว หลังจากนั้นทำให้เย็นตัวลงจนถึงอุณหภูมิห้องตามอัตราการเย็นตัวที่แตกต่างกัน เช่น ปล่อยให้เย็นในเตา ปล่อยให้เย็นในอากาศ จุ่มลงในน้ำมันหรือจุ่มลงในน้ำ จุลโครงสร้างแบบออสเทนไนต์จะเปลี่ยนไปตามแบบต่างๆ ดังรูป 2.8 ดังนั้นจุลโครงสร้างของเหล็กกล้าที่ถูกทำให้เย็นลงจะมีโครงสร้างเป็นเพิร์ลไลต์อย่างหยาบไปจนถึงมาร์เทนไซต์ ความแข็งของเหล็กกล้าจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการเย็นตัว การชุบแข็งเป็นการทำให้โลหะผสมประเภทเหล็กมีความแข็งเพิ่มขึ้น โดยการทำให้โครงสร้างกลายเป็นออสเทนไนต์แล้วลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็วพอที่จะทำให้ออสเทนไนต์บางส่วนหรือทั้งหมดเปลี่ยนสภาพเป็นมาเทนไซต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



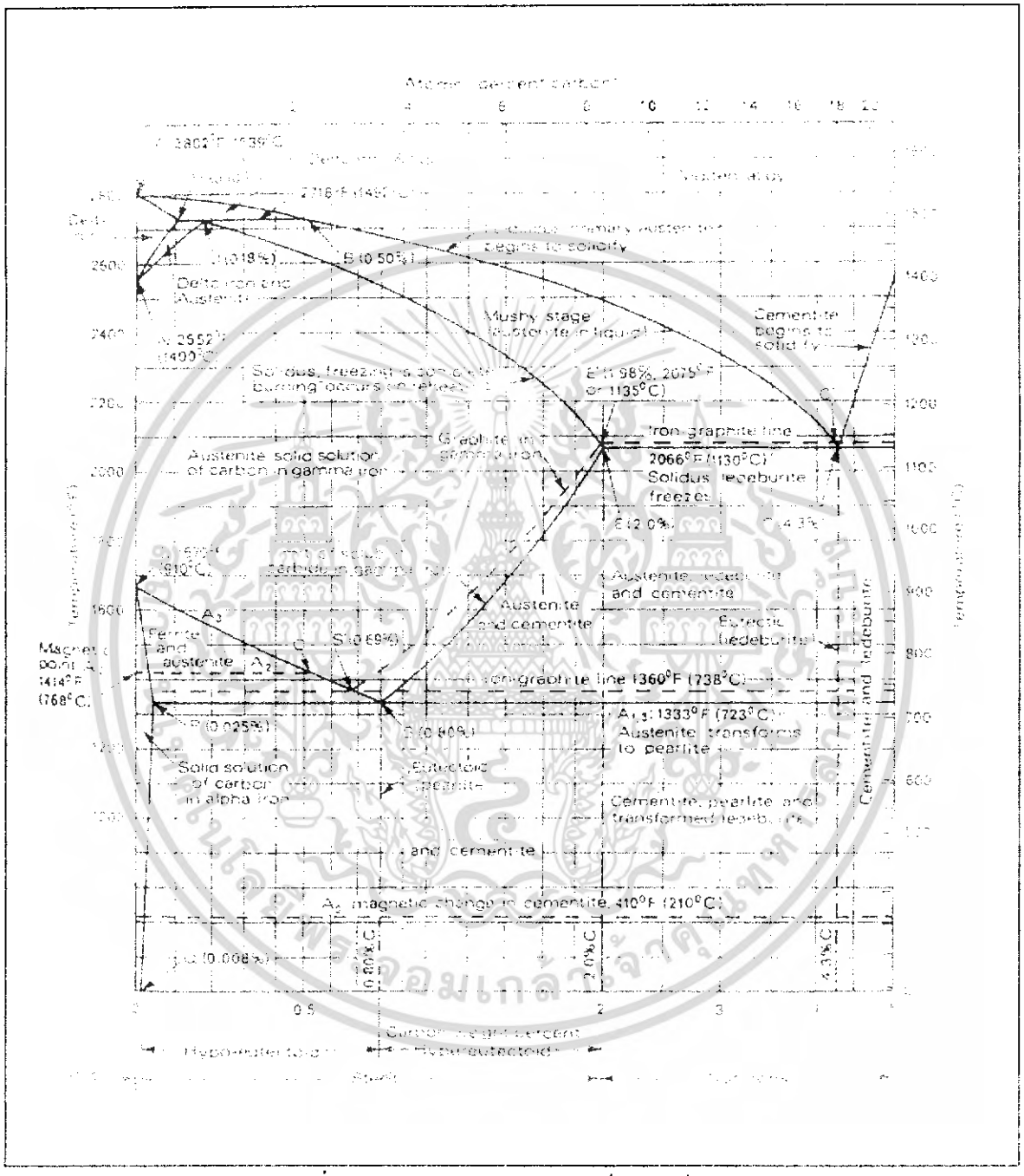
รูปที่ 2.8 แผนภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของ austenite 0.8%C
ระหว่างการทำให้เย็นในอัตราต่างๆ กัน

อุณหภูมิสำหรับชุบแข็งในเหล็กกล้าปริมาณคาร์บอนต่ำหรือเหล็กกล้าไฮโปยูเทคตอยด์ (C < 0.8%) จะสูงกว่าเส้น A_3 รูปที่ 2.9 ประมาณ 30 - 50°C ส่วนเหล็กกล้าไฮเปอร์ยูเทคตอยด์ (0.8% < C < 2%) จะสูงกว่าเส้น A_1 ประมาณ 30 - 50°C ซึ่งหมายถึง เหล็กกล้าไฮโปยูเทคตอยด์ จะถูกชุบแข็งจากช่วงที่จุลโครงสร้างเป็นออสเทนไนต์ทั้งหมด และเหล็กกล้าไฮโปยูเทคตอยด์จากช่วงของออสเทนไนต์ผสมกับคาร์ไบด์ (Fe_3C) ดังนั้นออสเทนไนต์จะเปลี่ยนสภาพเป็นมาเทนไซต์ทั้งหมดสำหรับเหล็กกล้าไฮโปยูเทคตอยด์ และเป็นมาร์เทนไซต์ผสมกับคาร์ไบด์สำหรับเหล็กกล้ายูเทคตอยด์เมื่ออัตราการเย็นตัวในการชุบแข็งสูงพอ

สำหรับเหล็กกล้าพวกไฮเปอร์ยูเทคตอยด์ ถ้าอุณหภูมิที่ทำให้โครงสร้างกลายเป็นออสเทนไนต์ทั้งหมดต่ำคือสูงกว่า A_1 แต่ต่ำกว่า A_3 ในการชุบแข็งจะมีเฟอร์ไรต์เหลืออยู่ ซึ่งจะทำให้ความแข็งของเหล็กกล้าไม่สูงเต็มที่ ส่วนเหล็กกล้าไฮเปอร์ยูเทคตอยด์ถ้าทำให้อุณหภูมิที่ทำให้โครงสร้างกลายเป็นออสเทนไนต์ทั้งหมดสูงกว่า A_{CM} จะทำให้ออสเทนไนต์หลงเหลือมีมาก เนื่องจากว่าออสเทนไนต์ในช่วงอุณหภูมินี้มีความเสถียรมาก เปลี่ยนสภาพเป็นมาร์เทนไซต์ได้ยากและออสเทนไนต์นี้จะละลายคาร์ไบด์ไว้จำนวนมาก ออสเทนไนต์ที่เหลืออยู่นี้อันตรายมาก เนื่องจากจะทำให้ความแข็งและขนาดของเหล็กกล้าที่ทำชุบแข็งลดลง โดยเฉพาะเหล็กกล้าเครื่องมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปเหล็กกล้าเครื่องมือ (Tool steel) ที่มีค่าคาร์บอนสูงที่ผ่านการชุบแข็งแล้วมาผ่านการอบคืนตัว (Tempering) ที่อุณหภูมิต่ำเพื่อให้กำลังวัสดุสูงและมีความต้านทานต่อการสึกหรอดีขึ้น สำหรับเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนปานกลางจะใช้วิธีการชุบแข็งแล้วอบคืนตัวที่อุณหภูมิสูง เพื่อให้ค่ากำลังวัสดุและความเหนียวดีที่สุด

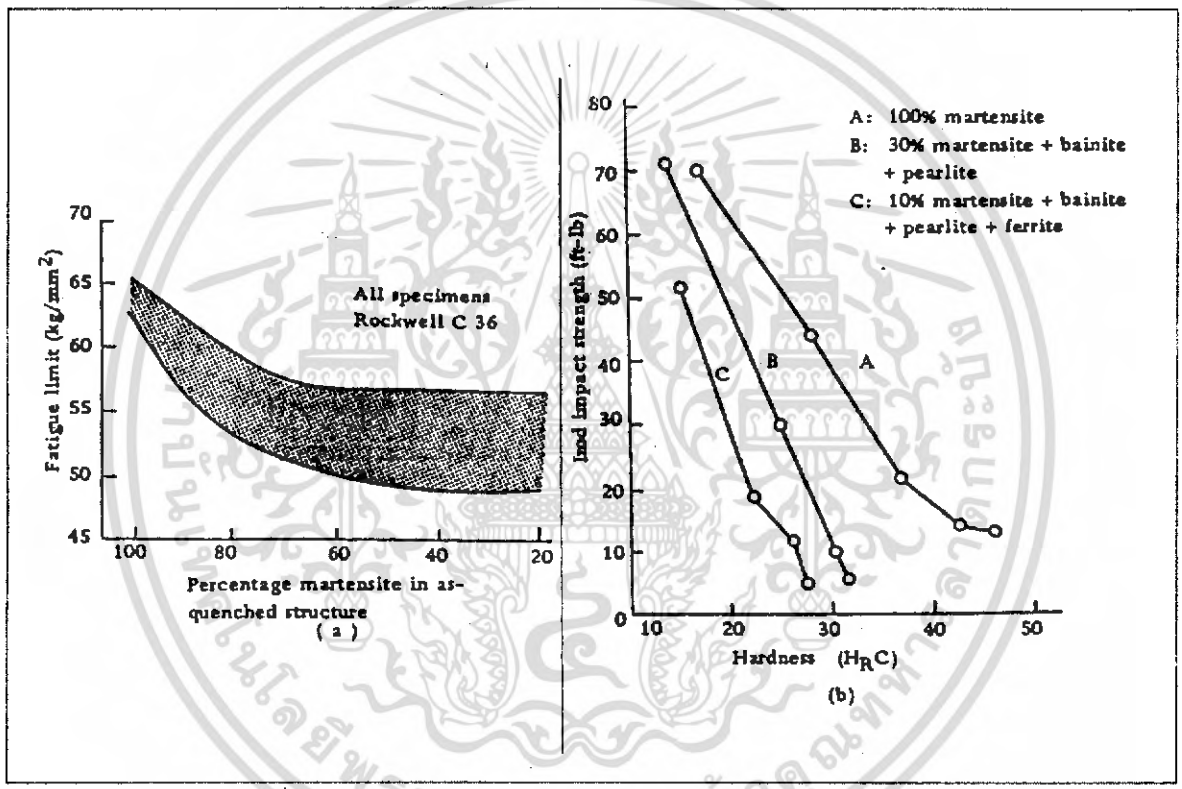


รูปที่ 2.9 แผนภาพสมดุลยภาคของเหล็กกับคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรักษาอุณหภูมิให้คงที่ ที่อุณหภูมิที่ทำให้โครงสร้างกลายเป็นออสเทนไนต์ทั้งหมด ในการชุบแข็งสำหรับเหล็กกล้านั้นโดยปรกติอย่างน้อยที่สุด 30 นาที สำหรับความหนาของหน้าตัดถึง 25 มิลลิเมตรและเพิ่มขึ้น 30 นาทีต่อความหนาที่เพิ่มขึ้น 25 มิลลิเมตร

ในการชุบแข็งเหล็กกล้าจะต้องลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็วจากอุณหภูมิที่ทำให้โครงสร้างกลายเป็นออสเทนไนต์ทั้งหมดจนถึงอุณหภูมิห้อง โดยการจุ่มลงในสารตัวกลางที่ใช้ลดอุณหภูมิของเหล็กกล้า จุดประสงค์ในการชุบเพื่อป้องกันการเปลี่ยนสภาพจากออสเทนไนต์ไปเป็นเพิร์ลไลต์ แต่เพื่อให้จุลโครงสร้างที่ต้องการซึ่งปกติคือมาร์เทนไซต์ ในการชุบแข็งจะต้องทำให้เกิดเป็นมาร์เทนไซต์ทั้งหมด 100% เพราะว่าถ้ามีเปอร์เซ็นต์มาร์เทนไซต์มีมาก นอกจากจะเพิ่มความแข็งแล้วยังเพิ่มคุณสมบัติด้านการทนต่อความล้า (Fatigue) และการกระแทก (Impact) หลังจากการอบคืนตัว ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ผลของเปอร์เซ็นต์มาร์เทนไซต์ในโครงสร้าง จากการชุบแข็ง

(a) Fatigue ของเหล็กกล้าผสม

(b) Impact strength ของเหล็กกล้า 0.29%C, 0.99%Cr, 0.25%Mo, 0.002%B

โครงสร้างแบบมาร์เทนไซต์ที่ได้รับการชุบเหล็กกล้านั้น ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับอัตราการเย็นตัวที่ได้รับจากการชุบและความสามารถของเหล็กกล้านั้นในการที่จะเปลี่ยนเป็นโครงสร้างเป็นมาร์เทนไซต์ (ความสามารถที่ออสเทนไนต์เปลี่ยนไปเป็นมาร์เทนไซต์เรียกว่า ความสามารถในการชุบแข็ง (Hardenability)

อัตราการเย็นตัว (Cooling rate) ที่เกิดขึ้นในระหว่างการชุบแข็งจะขึ้นอยู่กับชนิดของเหล็กกล้า, ระดับของความปั่นป่วน (Degree of agitation) อุณหภูมิของสารที่ใช้เป็นตัวกลางในการชุบ และขนาดหน้าตัดของเหล็กที่นำมาชุบแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการชุบแข็งเหล็กกล้านั้น เราต้องใช้ตัวกลางที่ใช้ในการชุบที่มีอัตราการเย็นตัวอย่างรวดเร็วผ่านช่วงอุณหภูมิที่ทำให้ออสเทนไนต์เปลี่ยนสภาพเป็นเพิร์ลไลต์ และมีอัตราการเย็นตัวอย่างช้าๆในช่วงอุณหภูมิต่ำซึ่งมีการเปลี่ยนสภาพเป็นมาร์เทนไซต์ แต่ก็ไม่สามารถหาสารตัวกลางที่ใช้ชุบที่มีคุณสมบัติตามนี้ได้ ดังนั้นในปกติจะใช้น้ำ น้ำมัน น้ำเกลือ เป็นต้น เป็นสารตัวกลางในการชุบ

พลังในการชุบ (Quenching Power) หรือความสามารถในการดึงความร้อนออกจากชิ้นงานของสารตัวกลางที่ใช้ในการชุบสามารถแสดงออกมาในรูปของ Severity of Quenching, H ถ้ากำหนดความรุนแรงในการลดอุณหภูมิของน้ำ = 1 ค่าของสารอื่นๆที่ใช้กันทั่วไปจะแสดงดังตารางที่ 2.5 ซึ่งจากตารางจะเห็นว่าการกวน (Agitation) สารตัวกลางมีผลต่อความความรุนแรงในการลดอุณหภูมิมาก

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงค่าความรุนแรงของของเหลวที่นำมาชุบแข็ง

Circulation of liquid or agitation of piece	Severity of quench, H			
	Air	Oil	Water	Brine
None	0.02	0.25 - 0.30	0.9 - 1.0	2
Mild	---	0.30 - 0.35	1.0 - 1.1	2.0 - 2.2
Moderate	---	0.35 - 0.40	1.2 - 1.3	---
Good	---	0.40 - 0.50	1.4 - 1.5	---
Strong	---	0.50 - 0.80	1.6 - 2.0	---
Violent	---	0.80 - 1.20	4	5

2.3.4 การอบคืนตัว (Tempering)

เหล็กกล้าที่ได้รับการชุบแข็งจะมีจุลโครงสร้างเป็นมาร์เทนไซต์ มีคุณสมบัติแข็งมาก เปราะ นอกจากนี้ยังมีความเค้นตกค้าง (Residual Stress) ที่เกิดจากการชุบแข็งสูง หากปล่อยไว้ในลักษณะเช่นนี้จะเกิดการแตกร้าวขึ้นได้ในเหล็กกล้าส่วนมาก ยกเว้นเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low carbon steels) ในการป้องกันการแตกร้าวจะต้องทำการอบคืนตัวหลังจากการชุบแข็ง และได้ความเหนียวตามที่ต้องการใช้งาน

การอบคืนตัวทำให้โครงสร้างมาร์เทนไซต์เปลี่ยนภาคเป็นเฟอร์ไรต์และสเฟรียไรตอลคาร์ไบด์ (Spheroidal Carbide) ตามขั้นตอนต่างๆขึ้นกับอุณหภูมิและเวลาในการทำการอบคืนตัว

เมื่อเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนสูงกว่า 0.2% ผ่านการอบคืนตัวที่อุณหภูมิช่วง 100 - 200°C จะเกิดโครงสร้างกึ่งเสถียรภาพ ตกตะกอนก่อนและส่วนผสมของคาร์บอนในกลุ่มจะลดลงมาเป็นประมาณ 0.2%

ถ้ามีออสเทนไนต์เหลืออยู่ในเหล็กกล้าที่ผ่านการชุบแข็ง จะแตกตัวออกเป็นไบไนต์ ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างเฟอร์ไรต์และคาร์ไบด์ละเอียดที่อุณหภูมิอบคืนตัว 200 - 300°C ยกเว้นในเหล็กกล้าที่มีธาตุผสมสูง

ที่อุณหภูมิทำการอบคืนตัวประมาณ 250°C เหล็กคาร์ไบด์ (Iron Carbide) ที่มีเสถียรภาพหรือเรียกอีกอย่างว่าซีเมนไทต์ (Cementite, Fe_3C) มีลักษณะเป็นรูปเข็มตกตะกอนและค่อยๆเป็นรูปทรงกลม (Spheroidizes) ในขณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

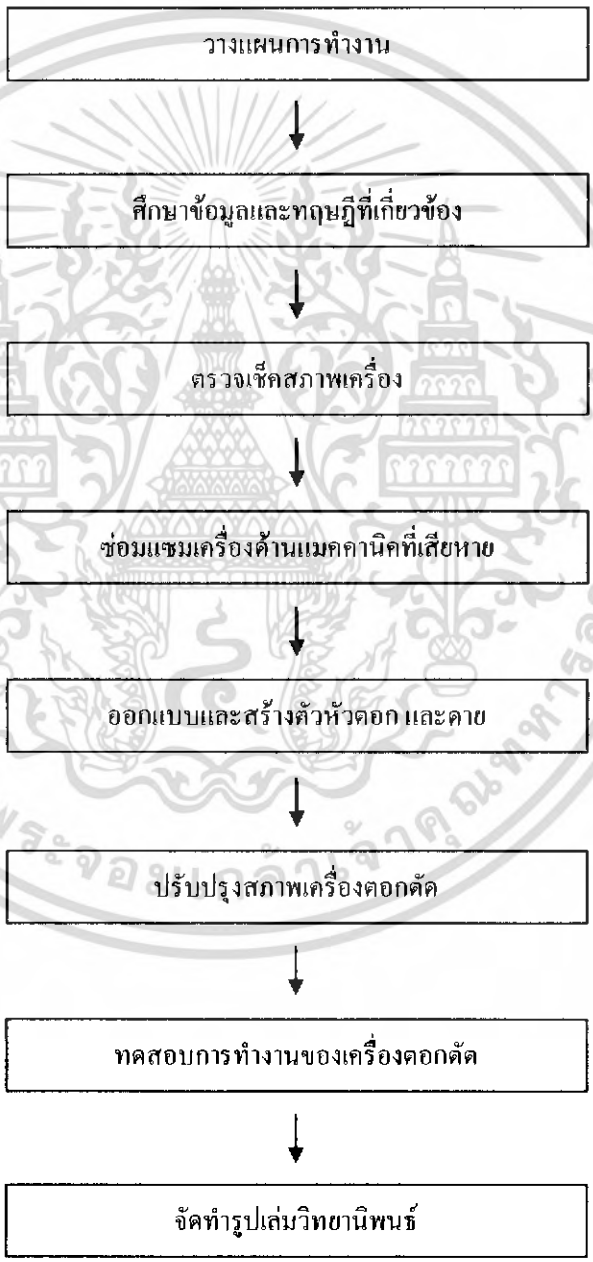
ที่อุณหภูมิการอบคืนตัวเพิ่มขึ้น โครงสร้างสุดท้ายของเหล็กกล้าคาร์บอน (Plain Carbon Steels) และเหล็กส่วนผสมต่ำ (Low-Alloy Steels) จะทำการอบคืนตัวที่ 700°C ประกอบด้วยสเฟียร์โรดอล ซีเมนไทต์ (Spheroidal Cementite) และกลุ่มของเฟอร์ไรต์ อย่างไรก็ตาม คาร์ไบด์บางส่วนจะรวมตัวกับธาตุผสม (Alloying Element) ที่เติมลงไปเช่น Cr, W, Mo. V เกิดเป็นคาร์ไบด์ของธาตุต่างๆที่ผสมไปปฏิกิริยาของคาร์ไบด์ เกิดเป็นคาร์ไบด์กึ่งเสถียรภาพตกตะกอน (Precipitation of Metastable Transition Carbide) W_2C, Mo_2C, V_4C_3 ซึ่งเรียกว่า "Secondary Hardening"

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกลในระหว่างการอบคืนตัวของเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าธาตุผสมต่ำ เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของการอบคืนตัว การอบคืนตัวเหล็กกล้าที่ผ่านการชุบแข็งมาแล้วในช่วงอุณหภูมิ 100-200°C ความแข็งจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากแต่ความเหนียว (Toughness) จะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นชิ้นส่วนที่ต้องการความแข็งและความต้านทานต่อการสึกหรอเป็นสำคัญ เช่น เหล็กเครื่องมือตัด ที่ผ่านการชุบแข็งที่ผิวมาแล้วปกติจะทำการอบคืนตัวที่อุณหภูมินี้แล้วปล่อยให้เย็นในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ในการจัดทำโครงงานการสร้างและปรับปรุงเครื่องตอกตัดได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนการดำเนินงานที่มีการวางแผนการดำเนินงานต่อไปนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.1 วางแผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงานแสดงในแต่ละภาคการศึกษาแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปฏิทินการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546															
	มิถุนายน				กรกฎาคม				สิงหาคม				กันยายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. วางแผนการทำงาน																
2. ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง																
3. ตรวจเช็คสภาพเครื่อง																
4. ซ่อมแซมเครื่องด้านแมคคานิคที่เสียหาย																
5. ออกแบบและสร้างตัวหัวตอก และดาย																

ขั้นตอนการดำเนินงาน	แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546															
	ตุลาคม				พฤษจิกายน				ธันวาคม				มกราคม			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
5. ออกแบบและสร้างตัวหัวตอก และดาย																
6. ปรับปรุงเครื่อง เช่น พ่นสี ใส่สารหล่อลื่น																
6. ทดสอบการทำงานของเครื่อง																
7. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์																

3.2 การพิจารณาเลือกชนิดเหล็กกล้าเครื่องมือ (Tool steels) ที่จะนำมาสร้างหัวตอกและดาย

กระบวนการตอกตัดเป็นการขึ้นรูปงานเย็น (Cold work) นั้นคือมีความร้อนเกิดขึ้นน้อยมากในกระบวนการตอกตัดแผ่นโลหะ ซึ่งจะนำมาใช้ในการพิจารณาเลือกคุณสมบัติของเหล็กเพื่อนำมาใช้ในการสร้างหัวตอกและดาย โดยคุณสมบัติที่จะนำมาใช้มีดังต่อไปนี้

1) ความสามารถในการชุบแข็ง (Hardenability) คือ คุณสมบัติที่เหล็กกล้าที่บ่งถึงความยาก ง่ายในการชุบแข็งและความลึกของเหล็กที่แข็งขึ้นจากการชุบแข็ง

2) ความเหนียว (Toughness) คือ ความสามารถในการรับพลังงานของวัสดุก่อนที่จะเกิดการแตกหัก

3) ความทนต่อการเสียดสี (Wear resistance) คือ ความสามารถทนต่อการถูกขัดสี ซึ่งรวมถึงการเสียดสีของคมตัดด้วย คุณสมบัตินี้จะเกี่ยวข้องกับความแข็งของเหล็ก

4) ความสามารถในการกลึงไส (Machinability) คือ ความสามารถของโลหะที่จะกลึงไส ตกแต่งได้ง่าย และมีผิวที่เรียบภายหลังการกลึงไส

71988

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ความต้านทานการสูญเสียคาร์บอน (Resistance to decarburization) การสูญเสียคาร์บอนซึ่งจะเกิดเมื่ออบเหล็กที่อุณหภูมิสูงกว่า 704°C เป็นผลให้ความแข็งที่ได้ภายหลังการชุบแข็ง ต่ำลง

6) การไม่เปลี่ยนรูปร่างหรือขนาด (Non deformation properties) คุณสมบัตินี้สัมพันธ์กับความสามารถในการชุบแข็ง โดยทั่วไปเหล็กกล้าที่สามารถชุบแข็งได้ด้วยอากาศจะมีการบิดตัวน้อยที่สุด

3.3 การคำนวณหาค่าแรงตอกตัด

3.3.1 ค่าแรงตัด

ในการตอกตัดในชุดตอกและดายแต่ละขนาดจะใช้แรงในการตอกตัดไม่เท่ากัน โดยหัวตอกที่มีขนาดใหญ่จะต้องใช้แรงในการตัดมากกว่าหัวตอกที่มีขนาดเล็ก ดังที่จะได้แสดงการคำนวณ

เหล็กแผ่นที่จะใช้ทำการทดสอบเป็นชนิด แผ่นเหล็กเคลือบสังกะสีความหนา 0.8 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าทนแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength) เท่ากับ 370 MPa นำไปคำนวณหาค่าทนแรงเฉือนสูงสุด (Ultimate Shear Strength) ได้ดังตารางที่ 3.2

$$S = 0.7 \times 370$$

$$= 259 \text{ MPa}$$

ตารางที่ 3.2 แรงที่ใช้ในการตอกตัดของแต่ละชุดหัวตอกและดาย สำหรับเหล็กเคลือบสังกะสีหนา 0.8 มิลลิเมตร

ขนาดชุดหัวตอกและดาย (มิลลิเมตร)	ขนาดแรงในการตอกตัด (นิวตัน)
8	5,206
9	5,855
10	6,508
11	7,160
12	7,811
13	8,462
14	9,112
15	9,765
18	11,717
20	13,018
25	16,273
30	19,528

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ค่าระยะเผื่อ (Clearance)

ค่าระยะเผื่อในแต่ละขนาดของชุดหัวตอกและดาย จะใช้เท่ากันหมดเนื่องจากว่าค่าระยะเผื่อจะขึ้นกับชนิดและความหนาของแผ่นโลหะที่จะนำมาตัด ซึ่งแสดงการคำนวณดังนี้

เหล็กแผ่นที่จะใช้ทำการทดสอบเป็นชนิด แผ่นเหล็กเคลือบสังกะสีช่วงความหนา 0.8 - 1.0 มิลลิเมตร ไปเปิดตารางค่า allowance มีค่าเท่ากับ 0.075 ขนาดรูของดายแสดงดังตารางที่ 3.3

จากสมการ $C = at$

$= 0.075 \times 1$

$C = 0.075$ มิลลิเมตร

ตารางที่ 3.3 ขนาดรูของดายในแต่ละชุดหัวตอกขนาดต่างๆ

ขนาดชุดหัวตอกและดาย (มิลลิเมตร)	ขนาดรูของดาย (มิลลิเมตร)
8	8.15
9	9.15
10	10.15
11	11.15
12	12.15
13	13.15
14	14.15
15	15.15
18	18.15
20	20.15
25	25.15
30	30.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การตรวจสอบสภาพเครื่อง

การตรวจสอบสภาพเครื่องต้องดำเนินการก่อน เพื่อศึกษาส่วนประกอบและกลไกการทำงานของเครื่องตอกตัด รูปที่ 3.1 แสดงให้เห็นถึงสภาพเครื่องตอกตัดของภาควิศวกรรมอุตสาหกรรมก่อนการปรับปรุง

รูปที่ 3.1 สภาพเครื่องตอกตัดก่อนการปรับปรุง

จากการตรวจสอบเครื่องโดยการถอดแยกทุกชิ้นส่วนของเครื่องตอกตัดออกดู ได้แสดงรายละเอียดของเครื่องตามส่วนประกอบต่างๆดังนี้

3.4.1 แท่นใส่ชุดหัวตอกและดาย

รูปที่ 3.2 ส่วนใส่ชุดหัวตอกและดาย

ส่วนของแท่นตรงกลางที่มีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กหลายเหลี่ยมและกลมหนา (ดังรูปที่ 3.2) คือส่วนที่ไว้ใส่ตัวจับยึดตัวตอก หัวตอกและดาย จำนวนทั้งหมด 12 ชุด ซึ่งจะเรียกว่าแท่นใส่ชุดหัวตอกและดาย โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนบนซึ่งมีช่องสำหรับใส่ตัวปลดแผ่นโลหะ และตัวจับยึดหัวตอก และส่วนล่างเป็นแท่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวางดาย ที่จะต้องมีการยึดให้มั่นคง ในส่วนนี้จะมีรู ซึ่งตำแหน่งของแต่ละรูจะเป็นตำแหน่งที่ใช้วางดาย เมื่อตอกตัดแผ่นโลหะเศษของแผ่นโลหะจะตกจากดาย และผ่านรูดังกล่าวออกจากเครื่องตอกตัด โดยที่ขนาดของรูแต่ละรูบนแท่น จะมีขนาดใหญ่ กว่าขนาดของชุดหัวตอก เพื่อให้เศษผ่านการตอกตัด เคลื่อนที่ผ่านรูได้ แท่นใส่ชุดหัวตอกสามารถหมุนได้เพื่อเปลี่ยนขนาดของชุดหัวตอกและดายตามความต้องการ จากการตรวจสอบในส่วนช่องใส่ชุดหัวตอกและดาย พบว่ามีสภาพเก่าและส่วนที่ไว้ใส่กับตัวปลดแผ่นโลหะ 2 ช่องแตก ทำให้ไม่สามารถใส่ตัวปลดแผ่นโลหะในช่องดังกล่าวได้

3.4.2 ตัวเครื่องตอกตัด

รูปที่ 3.3 ตัวเครื่องตอกตัด

ตัวเครื่องเป็นโครงหลักของเครื่องตอกตัด มีลักษณะคล้ายแผ่นเหล็กรูปตัว C 2 แผ่นประกบกัน (ดังรูปที่ 3.3) ระหว่างแผ่นเหล็กมีช่องสำหรับใส่เหล็กแกนทรงกระบอก ซึ่งทำหน้าที่เป็นแกนหมุน โดยต่อเชื่อมกับแท่นใส่ชุดหัวตอกและดาย จากการตรวจสภาพพบว่ายังสามารถใช้งานได้ดีอยู่ แต่ต้องปรับปรุงในส่วนสภาพของภายนอกบ้างเล็กน้อย

3.4.3 ชุดกดหัวตอก

ชุดกดหัวตอกอยู่ส่วนบน ระหว่างแผ่นเหล็กของตัวเครื่อง (หัวตัว C) ใกล้กับแกนหมุน มีลักษณะดังรูปที่ 3.4 ชุดหัวตอกเป็นกลไกหลักในการส่งผ่านแรงจากคันโยก ไปยังตัวจับยึดหัวตอก เพื่อให้หัวตอกเคลื่อนที่ขึ้นลงระหว่างการตอกตัด โดยระยะที่กดลงมาสูงสุดมีค่าเท่ากับ 10 มิลลิเมตร

สภาพของชุดกดหัวตอกอยู่ในสภาพดี สามารถใช้งานได้ แต่จำเป็นต้องใส่จาระบี เพื่อลดการเสียดสีระหว่างชุดกดหัวตอกกับตัวเครื่องตอกตัด และคันโยก

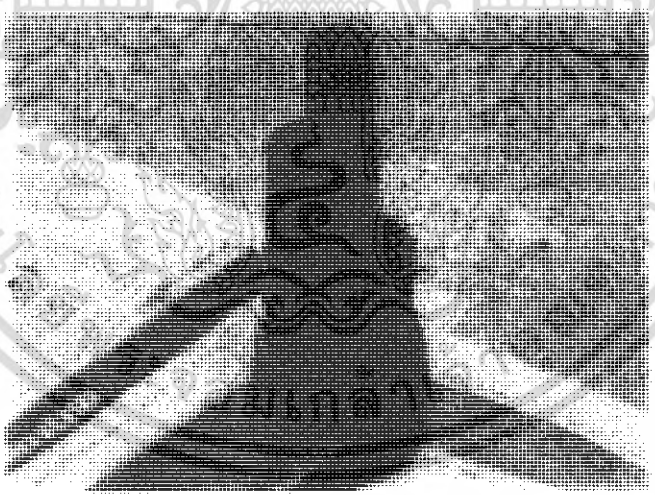
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 ชุดกดหัวตอก

3.4.4 คันโยก

คันโยกเป็นส่วนที่ทำงานร่วมกับชุดกดหัวตอก แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ก้านคันโยกและลูกเบี้ยว (ดังรูปที่ 3.5) เมื่อโยกก้านคันโยก ลูกเบี้ยวจะเคลื่อนที่ไปดันชุดกดหัว ทำให้ชุดกดหัวตอกเคลื่อนที่ลงมากดตัวยึดจับหัวตอกและหัวตอกเคลื่อนที่ลงมาตัดแผ่นโลหะ

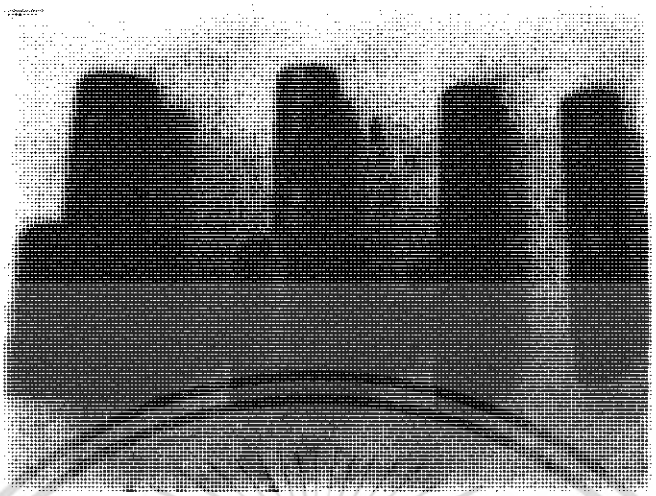
จากการตรวจสภาพส่วนคันโยกแล้ว พบว่ายังสามารถใช้งานได้ดีตามปกติ แต่ต้องปรับปรุงสภาพภายนอกเหมือนกับตัวเครื่องตอกตัด



รูปที่ 3.5 คันโยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 ชุดหัวตอกและดาย



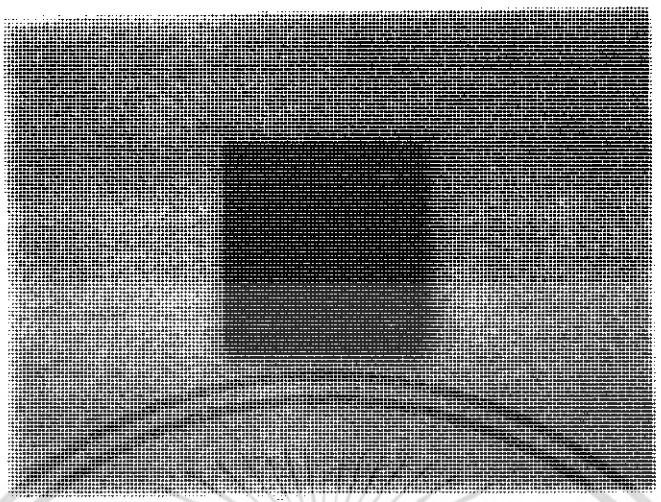
รูปที่ 3.6 หัวตอกเก่าขนาด 30, 25, 11 และ 10 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ชุดหัวตอกและดายเป็นชิ้นส่วนที่มีความสำคัญในการตอกตัดแผ่นโลหะ โดยเครื่องตอกตัดนี้จะใช้หัวตอกและรูดายมีลักษณะเป็นวงกลม ลักษณะของหัวตอกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ก้านหัวตอกและตัวหัวตอก ส่วนก้านหัวตอกจะมีรอยบาก เป็นร่องเพื่อใส่สลักยึดกับตัวจับยึดหัวตอก ตัวอย่างของหัวตอกแสดงดังรูปที่ 3.6 ในส่วนของดายจะเป็นทรงสี่เหลี่ยมมีปีกตรงฐานสำหรับจับยึดกับแท่นใส่ชุดหัวตอกและดายแสดงดังรูปที่ 3.7 และมีรูตรงกลางของดาย จากการตรวจสอบสภาพพบว่า มีชุดหัวตอกและดายชำรุด และสูญหาย

รูปที่ 3.7 ดายเก่าขนาด 30 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.6 ฝาประกบ



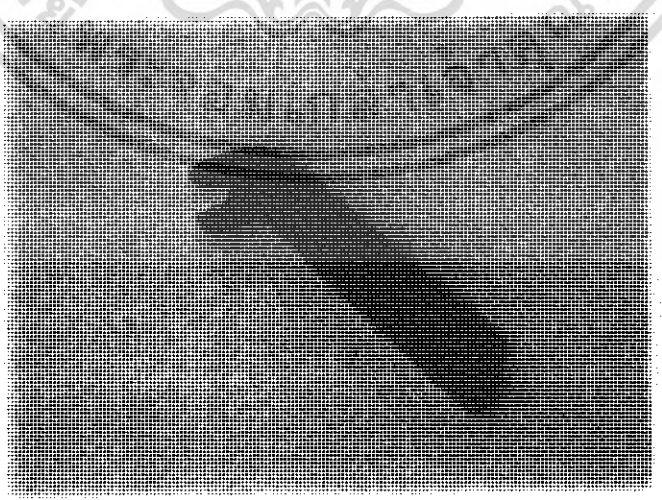
รูปที่ 3.8 ฝาประกบ

ฝาประกบเป็นส่วนที่ใช้ยึดประกบตัวจับยึดหัวตอกไม่ให้หลุดออกจากช่องใส่ชุดหัวตอกและดาย จากการตรวจสอบพบว่า มีเหลืออยู่เพียง 5 แผ่นซึ่งไม่เพียงพอแต่ยังสามารถใช้งานได้

3.4.7 ตัวปลดแผ่นโลหะ

ลักษณะของตัวปลดแผ่นโลหะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ก้านและหัวปลดแผ่นโลหะ ตัวก้านจะมีรูกลมสำหรับยึดกับแท่นใส่ชุดหัวตอกและดาย ส่วนหัวปลดมีลักษณะคล้ายตัวยูแสดงดังรูปที่ 3.9 ในจังหวะที่หัวตอกเคลื่อนที่กลับขึ้นมาหลังจากตัดแผ่นโลหะ แผ่นโลหะที่ถูกตัดจะติดขึ้นมากับหัวตอก ตัวปลดแผ่นโลหะจะทำหน้าที่กดแผ่นโลหะให้หลุดจากหัวตอก

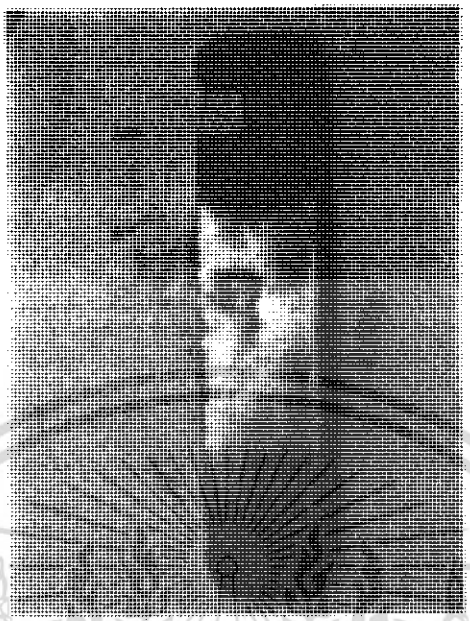
จากการตรวจสอบพบว่า มีตัวปลดแผ่นโลหะเหลืออยู่ 5 ตัว ซึ่งไม่เพียงพอ แต่อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้



รูปที่ 3.9 ตัวปลดแผ่นโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.8 ตัวจับยึดหัวตอก



รูปที่ 3.10 ตัวจับยึดหัวตอก

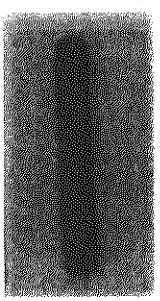
ตัวจับยึดหัวตอกเป็นส่วนที่ใช้ยึดหัวตอก (ตามรูปที่ 3.10) ลักษณะส่วนบนของตัวจับยึดหัวตอกคล้ายขอเกี่ยว เพื่อเกี่ยวกับชุดกดหัวตอก ส่วนล่างมีรูตามแนวยาวสำหรับใส่ก้านของหัวตอก และรูตามแนวขวางสำหรับใส่สลักยึดหัวตอก จากการตรวจสอบพบว่าตัวจับยึดหัวตอกมีเหลืออยู่เพียง 6 ตัว และยังสามารถใช้งานได้

3.4.9 ตัวจับยึดดาย

ตัวจับยึดดายมีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กรูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมคางหมู มีรูตรงกลางสำหรับใส่สกรู เพื่อยึดบริเวณปีกของดายกับแท่นใส่ชุดหัวตอกและดายแสดงดังรูปที่ 3.7 จากการตรวจสอบพบว่า ในส่วนของตัวจับยึดดายมีอยู่ครบและสามารถใช้งานได้

3.4.10 สลักยึดหัวตอก

สลักยึดหัวตอกเป็นส่วนที่ยึดหัวตอกไว้ให้ยึดแน่นกับตัวจับยึดหัวตอก มีลักษณะเป็นทรงกระบอกตัดเฉียงตามแนวยาวดังรูปที่ 3.11 จากการตรวจสอบพบว่ามีเหลืออยู่ 5 ตัว และอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้



รูปที่ 3.11 สลักยึดหัวตอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ชิ้นส่วนที่ยังใช้งานได้และต้องสร้างขึ้นใหม่

จากการตรวจสอบสภาพเครื่องก่อนปรับปรุงสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงจำนวนชิ้นส่วนของเครื่องตอกตัดที่ยังใช้ได้ และต้องทำขึ้นใหม่

ชิ้นส่วน	ชิ้นส่วนที่ใช้งานได้ (ชิ้น)	ชิ้นส่วนสร้างใหม่ (ชิ้น)
1. หัวตอก	0	12
2. ดาย	0	12
3. ตัวจับยึดหัวตอก	5	7
4. ตัวจับยึดดาย	10	2
5. ตัวปลดแผ่นโลหะ	5	7
6. สลักยึดหัวตอก	3	9
7. ฝาประกบตัวจับยึดหัวตอก	6	6

ส่วนประกอบอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึงในตารางข้างต้น มีการปรับปรุงสภาพให้พร้อมสำหรับการใช้งาน โดยการใส่สารหล่อลื่นในส่วนที่มีการเคลื่อนที่ และเสียดสีของชิ้นส่วนเครื่องตอกตัด ยกเว้นส่วนของหัวตอกและดาย ส่วนลักษณะรูปลักษณ์ภายนอก ทำการปรับปรุงโดยการล้างทำความสะอาดคราบน้ำมัน ขัดสีเก่าออก และทาสีเครื่องตอกตัดใหม่

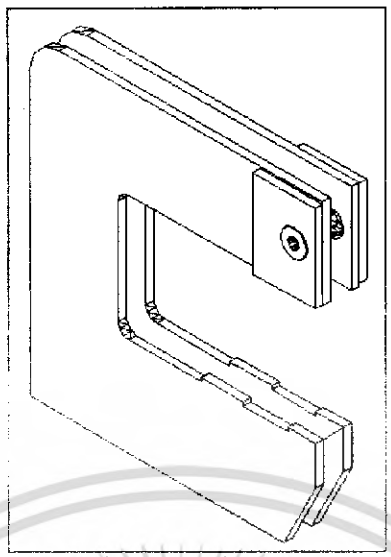
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การสร้างหัวตอก ดาย และชิ้นส่วนอื่นๆ

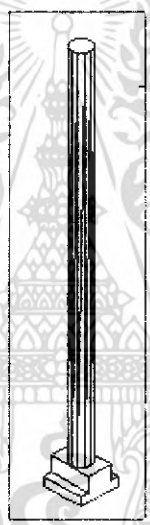
ก่อนการสร้างหัวตอก ดาย และชิ้นส่วนอื่นๆ มีความจำเป็นต้องออกแบบชิ้นส่วนทั้งหมดด้วยโปรแกรมออโต้แคด (AutoCAD) ซึ่งจะทำการเขียนแบบ 3 มิติ จากนั้นแยกแบบที่เขียนได้ออกเป็น 3 มุมมอง คือ มุมมองด้านหน้า (Front view) มุมมองด้านข้าง (Side view) และมุมมองด้านบน (Top view) แบบที่ได้จะแสดงถึงรายละเอียดของชิ้นงานเพื่อนำไปใช้ในการอ่านแบบเพื่อขึ้นรูปชิ้นงานต่อไป (ดูรูปที่ 3.12 - 3.17 และภาคผนวก)

รูปที่ 3.12 เครื่องตอกตัด

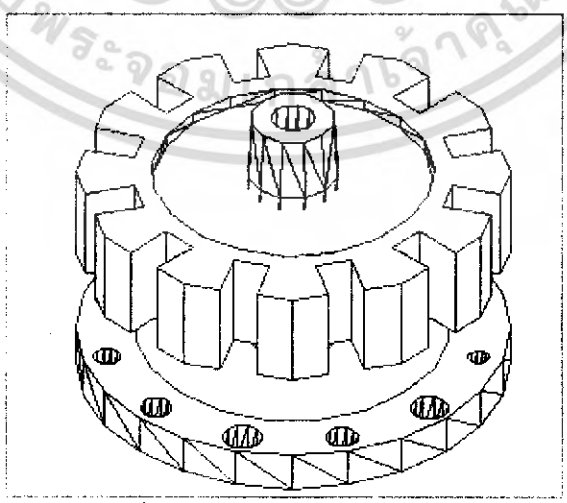
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ตัวเครื่องตอกตัด

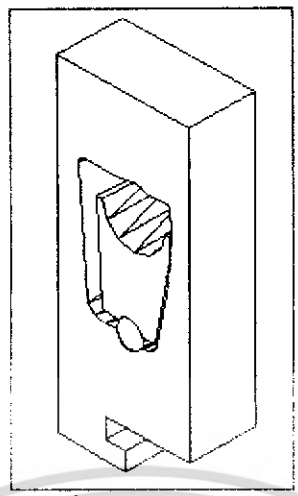


รูปที่ 3.14 แกนหมุน

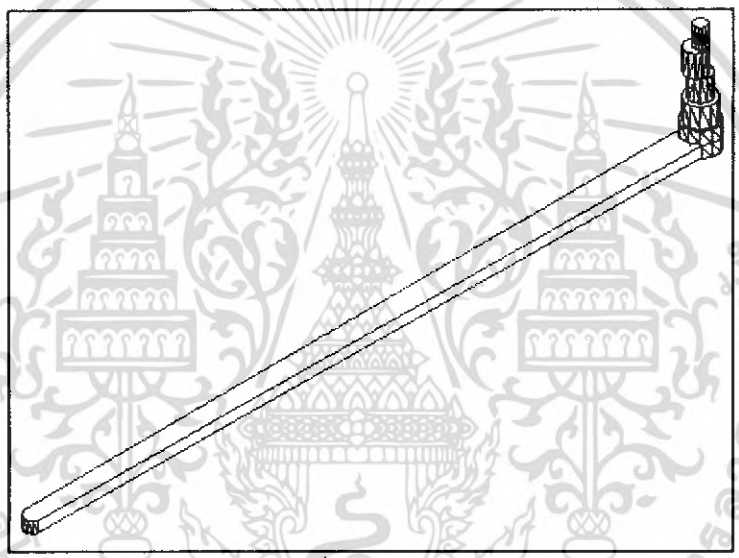


รูปที่ 3.15 แท่นใส่ชุดหัวตอกและดาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ชุดกดหัวตอก



รูปที่ 3.17 คันโยก

3.6.1 การสร้างหัวตอก

เหล็กกล้าเครื่องมือ DC 53 ถูกนำมาใช้ในการสร้างหัวตอก รูปร่างของเหล็กดิบ (เหล็กที่ยังไม่ผ่านการขึ้นรูป) จะเป็นทรงกระบอกโดยมีความยาวของเหล็ก และเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าขนาดของชิ้นส่วนจริงประมาณ 3 มิลลิเมตร การขึ้นรูปหัวตอกทั้งในส่วนของตัวหัวตอก และก้านจะใช้วิธีการกลึงให้ได้ขนาดตามที่ได้ออกแบบไว้ (ก้านของทุกหัวตอกจะมีขนาดเท่ากับ 12 มิลลิเมตร ยกเว้น ตัวหัวตอกขนาด 30 มิลลิเมตร จะมีขนาดก้าน 16 มิลลิเมตร) จากนั้นจึงทำขึ้นรูปรอยบากด้วยการเจียระไนให้ได้ความลึก และมุมตามต้องการ

3.6.2 การสร้างดาย

การขึ้นรูปดาย รูปร่างของดายจะมีรูปร่างที่เหมือนกันแต่จะแบ่งตามขนาดของดายที่ต่างกัน 3 ขนาด คือ ขนาด 30x30x24 (สำหรับดายขนาด 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, และ 8 มิลลิเมตร) 50x50x24 (สำหรับดายขนาด 25, 20 และ 18 มิลลิเมตร) และ 80x80x24 (สำหรับดายขนาด 30 มิลลิเมตร) เหล็กดิบที่จะนำมาขึ้นรูปจะมีลักษณะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาดของเหล็กทั้งความยาว ความกว้าง และความสูง จะมากกว่าชิ้นส่วนจริง 3 มิลลิเมตรทั้ง 3 ด้านโดยส่วนปีกของดายทุกขนาดมีความกว้าง และหนา 5 มิลลิเมตร (ดูภาคผนวก ข.) การขึ้นรูปดายจะใช้กระบวนการมากกว่าการขึ้นรูปหัวดอก ได้แก่ กระบวนการไส กระบวนการกัด กระบวนการกลึง กระบวนการเจาะ และกระบวนการเจียระไน

3.6.3 การชุบแข็งหัวตอก และดาย

เมื่อทำการขึ้นรูปหัวดอก และดายทั้งหมดแล้ว ชิ้นงานทั้งหมดจะต้องนำไปผ่านกระบวนการทางความร้อน (Heat Treatment) เพื่อให้ชิ้นงานมีความแข็งเพิ่มขึ้นเพื่อสามารถนำไปใช้ในการตอกตัดชิ้นงาน โดยกระบวนการนี้เรียกว่า การชุบแข็ง เมื่อทำการชุบแข็งชิ้นงานแล้วต้องนำชิ้นงานทำการอบคืนไฟ เพื่อให้ชิ้นงานมีความเหนียวเพิ่มขึ้น เนื่องจากเหล็กที่ผ่านการชุบแข็งจะมีความเปราะมาก

3.6.4 การสร้างตัวจับยึดหัวตอก

ในการออกแบบกำหนดให้ตัวจับยึดหัวตอกมีขนาด 29.5x29.5x145 มิลลิเมตร ขึ้นรูปจากเหล็กกล้า AISI 4140 ลักษณะของเหล็กดิบก่อนการขึ้นรูปมีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมมีความกว้าง ยาว และความหนา มากกว่าชิ้นงานจริงประมาณ 3 มิลลิเมตร การขึ้นรูปชิ้นงานใช้กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการกัด กระบวนการกัดด้วยดอกกัด (N MILL) กระบวนการเจียระไน กระบวนการเจาะ และกระบวนการกลึงเฉียง

3.6.5 การสร้างตัวปลดแผ่นโลหะ

ตัวปลดแผ่นโลหะขึ้นรูปจากเหล็กกล้า S45C การขึ้นรูปชิ้นงานต้องแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นตัวยู และส่วนที่เป็นก้านมีขนาด 29.5x11.5x7 มิลลิเมตร ลักษณะของเหล็กดิบ เป็นทรงสี่เหลี่ยมมีขนาดมากกว่าชิ้นงานจริงทั้ง 3 ด้านประมาณ 3 มิลลิเมตร

การขึ้นรูปชิ้นงานที่เป็นรูปตัวยูใช้กระบวนการกัด กระบวนการกัดด้วยดอกกัด (N – MILL) กระบวนการเจียระไน และในส่วนของก้านจะขึ้นรูปด้วยกระบวนการกัด กระบวนการเจียระไน และกระบวนการเจาะ

เมื่อขึ้นรูปชิ้นงานทั้งสองส่วนแล้วจะนำมาเชื่อมต่อกันด้วยวิธีการเชื่อมธูป (Arc Welding)

3.6.6 การสร้างสลักยึดหัวตอก

สลักยึดหัวตอกทำจากเหล็กเหนียว ใช้ในการยึดหัวตอกกับตัวจับยึดหัวตอกไม่ให้เกิดการเคลื่อนที่เมื่อมีการตอกตัดแผ่นโลหะ ขนาดของเหล็กดิบที่นำมาใช้ขึ้นรูปชิ้นงานมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานจริง 1 มิลลิเมตร การขึ้นรูปสลักยึดหัวตอกจะขึ้นรูปด้วยกระบวนการกลึง และกระบวนการเจียระไน

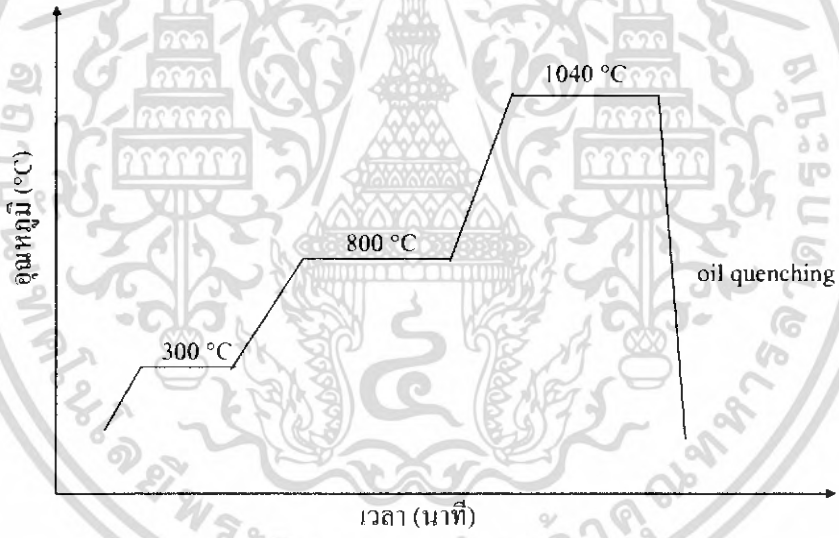
หากทำการขึ้นรูปชิ้นงานไม่ดี เมื่อนำชิ้นงานมายึดหัวตอกกับตัวยึดหัวตอก จะทำให้หัวตอกเกิดการโยก ซึ่งจะทำให้หัวตอกและดายเกิดการแตกหัก เมื่อทำการตอกตัดแผ่นโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ขั้นตอนการชุบแข็งหัวตอกและดาย

การอบชุบแข็งหัวตอกและดาย จะใช้เตาอบที่ควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรม ที่บันทึกลงในชุดควบคุมเตาอบ การเขียนโปรแกรมใช้กระบวนการทางความร้อนแสดงในรูปที่ 3.18 โดยมีลำดับการเขียนโปรแกรม เป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 300°C
2) คงที่อุณหภูมิ 300°C เป็นเวลา 30 นาที
3) ให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 800°C
4) คงที่อุณหภูมิ 800°C เป็นเวลา 30 นาที
5) ให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 1040°C
6) คงที่อุณหภูมิ 1040°C เป็นเวลา 30 นาที
7) นำชิ้นงานออกจากเตาอบ และจุ่มลงในน้ำมันอย่างรวดเร็ว และต้องกวนชิ้นงานในน้ำมัน เพื่อให้ความร้อนจากชิ้นงานกระจายทั่วน้ำมัน (ห้ามชิ้นงานตก หรือกระทบกับพื้นผิวภาชนะที่ใส่น้ำมัน เพราะจะทำให้ผิวของชิ้นงานที่สัมผัสกับภาชนะ เกิดการเย็นตัวเร็วกว่าผิวส่วนอื่น ทำให้ความแข็งของผิวชิ้นงานไม่เท่ากัน)
8) นำชิ้นงาน (ในที่นี้ คือ หัวตอกและดาย) ที่ผ่านการชุบแข็งไปอบคืนไฟในขั้นตอนต่อไป



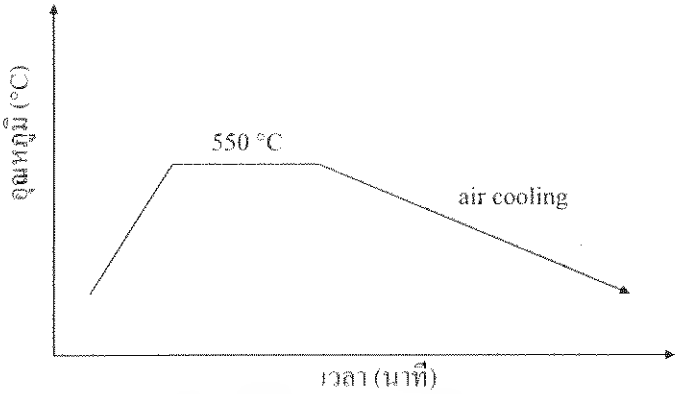
รูปที่ 3.18 กราฟความสัมพันธ์อุณหภูมิกับในการเวลาชุบแข็งหัวตอกและดาย

การอบคืนไฟหัวตอกและดาย การเขียนโปรแกรมจะใช้กระบวนการทางความร้อนตามรูปที่ 3.19 โดยมีลำดับการเขียนโปรแกรม เป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 550°C
2) คงที่อุณหภูมิ 550°C เป็นเวลา 30 นาที
3) นำชิ้นงานออกจากเตาอบ และปล่อยให้เย็นตัวในอากาศ

ชิ้นงานที่ผ่านการชุบแข็งและอบคืนไฟ จะมีความแข็งและความเหนียวตามที่ระบุไว้ในคู่มือของบริษัทที่ซื้อเหล็ก (อาจมีค่าเบี่ยงเบนเล็กน้อย ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเตาอบ น้ำมันที่ใช้ชุบแข็ง หรือใช้ระยะเวลามากไปในการนำชิ้นงานจากเตาอบจุ่มลงในน้ำมัน เป็นต้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 กราฟความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลาในการอบคืนไฟหัวตอกและดาย

3.8 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องตอกตัด

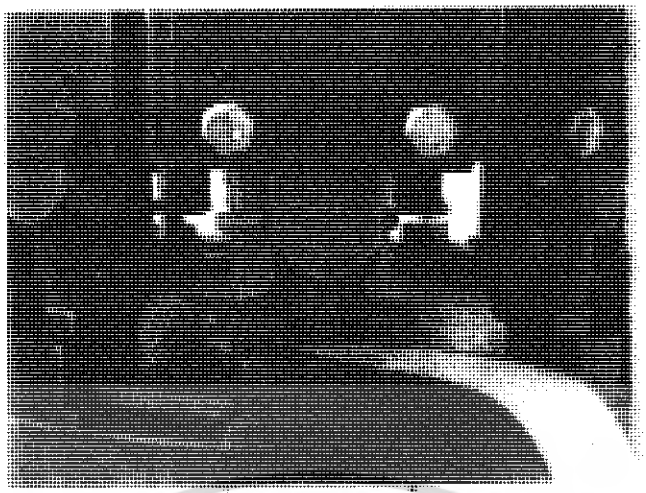
จากการศึกษาส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่องตอกตัด กล่าวได้ว่า ชุดตอกตัด ที่จำเป็นต่อการทำงาน 1 ชุด ประกอบไปด้วยชิ้นส่วน ทั้งหมด 5 ส่วน คือ ดาย หัวตอก ฝาประกบ ตัวจับยึดหัวตอก และสลักยึดหัวตอก หากชุดหัวตอกขาดชิ้นส่วนชิ้นหนึ่งไปจะไม่สามารถใช้ชุดหัวตอกชุดนั้นได้ ในส่วนนี้จะแสดงขั้นตอนการใช้เครื่องตอกตัดดังนี้

1) นำแผ่นโลหะสอดเข้าช่องระหว่างหัวตอกและดาย โดยให้ตำแหน่งศูนย์กลางของรูที่ต้องการจะเจาะตรงกับศูนย์กลางของหัวตอกดังรูปที่ 3.20

รูปที่ 3.20 การใส่แผ่นโลหะก่อนการตอกตัด

2) ทำการโยกคันโยกลงมาด้านหน้าของเครื่องตอกตัดเพื่อทำการตัดชิ้นงาน จะต้องทำการโยกคันโยกลงมาให้สุดเพื่อให้เศษของแผ่นโลหะตกลงมาจากเครื่องตอกตัดดังรูปที่ 3.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 การถอดชิ้นงาน

3) เมื่อตัดชิ้นงานแล้ว จากนั้นเลื่อนคันโยกกลับไปยังตำแหน่งเดิมของคันโยกดังรูปที่ 3.22

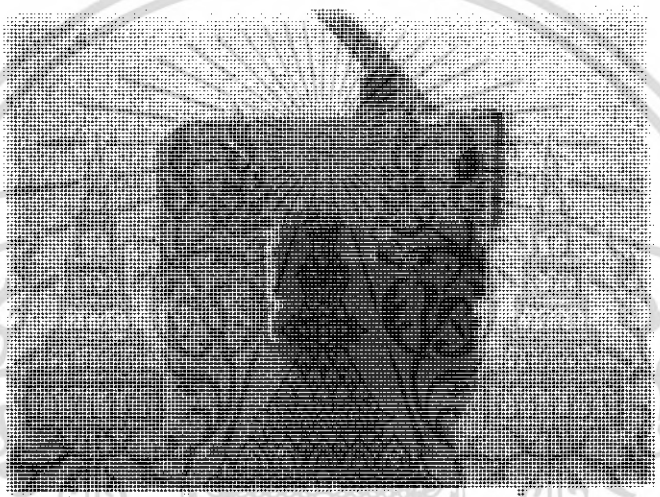
รูปที่ 3.22 ตำแหน่งการคันโยกเมื่อไม่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการดำเนินงานการปรับปรุงและการสร้างชุดตอกตัด

ลักษณะของเครื่องตอกตัดที่ได้ทำการปรับปรุง โดยการสร้างชุดหัวตอกและดาย และชิ้นส่วนอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการทำงานของเครื่องตอกตัด มีสภาพดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 เครื่องตอกตัดที่ได้ทำการปรับปรุงและสร้างชุดหัวตอกและดาย

4.2 ชิ้นส่วนของเครื่องตอกตัดที่สร้างขึ้นใหม่

4.2.1 ชุดหัวตอกและดาย

เหล็กที่ใช้สร้างหัวตอกและดาย คือ เหล็กกล้าเครื่องมือ DC53 ชุดหัวตอกและดายมีขนาดแตกต่างกันทั้งหมด 12 ขนาด คือ 30, 25, 20, 18, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9 และ 8 มิลลิเมตร (ดังรูปที่ 4.2-4.6)

4.2.2 ตัวจับยึดหัวตอก

รูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 เปรียบเทียบตัวจับยึดหัวตอกตัวใหม่ 7 ตัว และตัวเก่า 5 ตัว

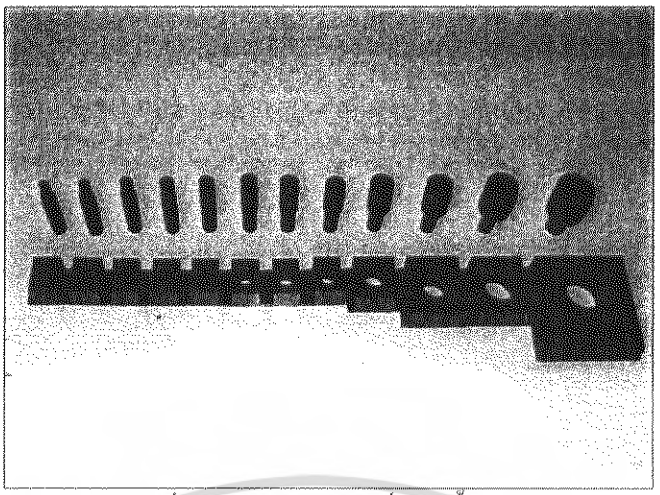
4.2.3 ตัวปลดแผ่นโลหะ

รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบตัวปลดแผ่นโลหะเก่า (ชิ้นล่าง) และตัวปลดแผ่นโลหะที่ทำขึ้นใหม่ (ชิ้นบน) และรูปที่ 4.10 แสดงตัวปลดแผ่นโลหะทั้ง 12 ตัว แถวล่างทั้งหมดเป็นชิ้นงานที่ทำขึ้นใหม่ และ 2 ตัวแถวล่างซ้าย เป็นชิ้นงานปรับเปลี่ยนแบบเพื่อให้ใช้งานกับช่องของแท่นใส่ชุดหัวตอกและดาย ที่เกิดการแตกได้

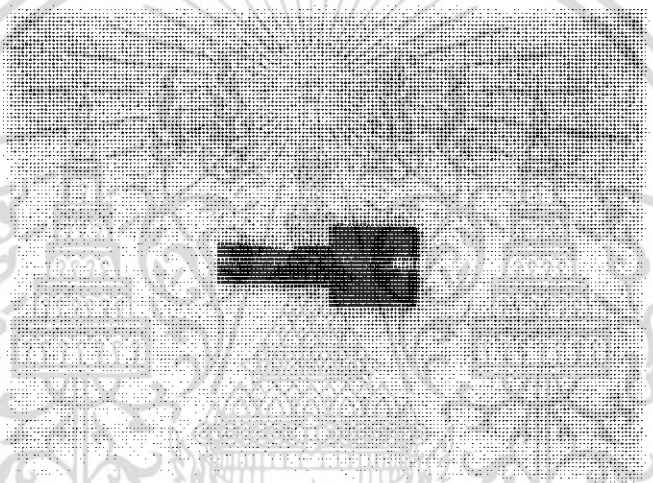
4.2.4 สลักยึดหัวตอก

รูปที่ 4.11 แสดงสลักยึดหัวตอกทั้ง 12 ตัว โดยมีชิ้นงานที่สร้างขึ้นใหม่ 9 ตัว

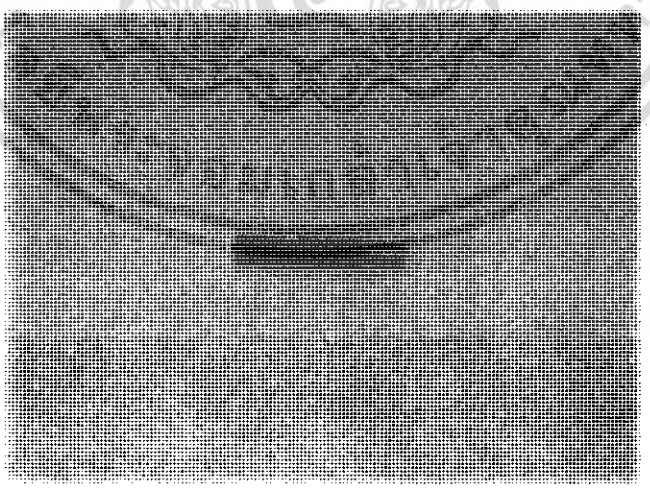
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 หัวตอกและตายที่สร้างขึ้นใหม่

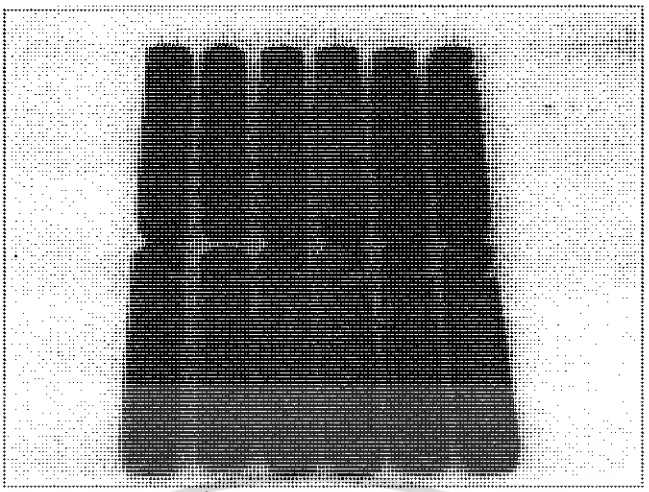


รูปที่ 4.3 หัวตอกขนาด 25 มิลลิเมตร

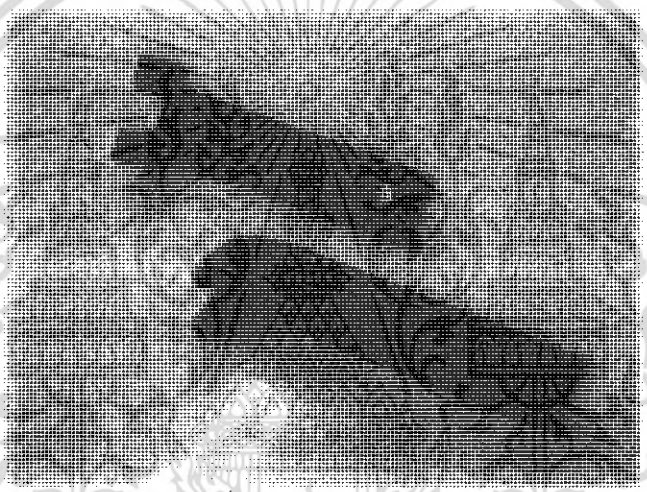


รูปที่ 4.4 หัวตอกขนาด 10 มิลลิเมตร

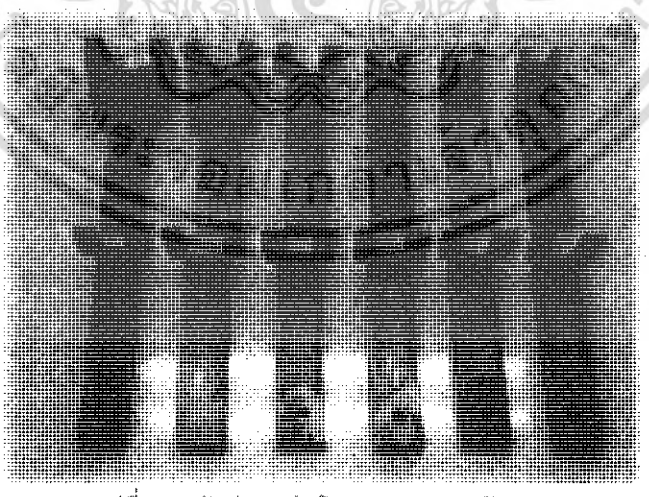
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ตัวจับยึดหัวตอก 12 ตัว

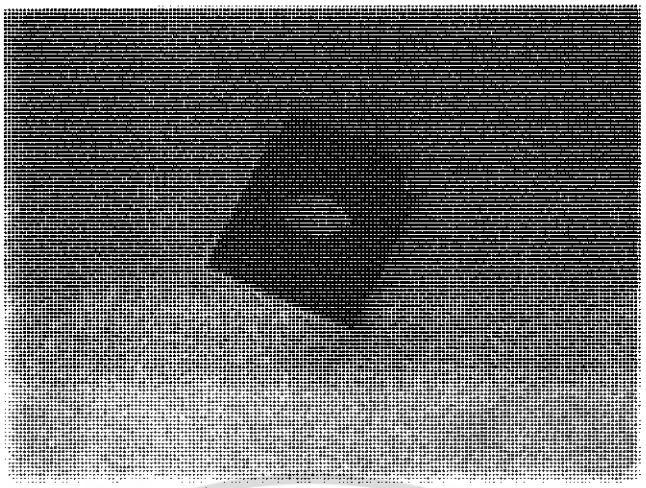


รูปที่ 4.9 ตัวปลดแผ่นโลหะ

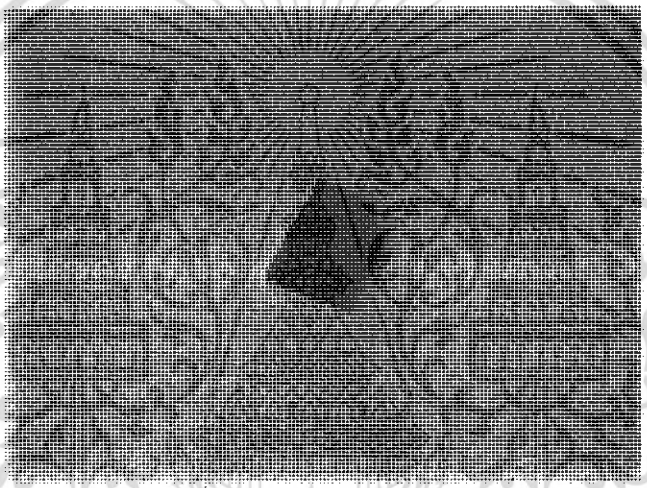


รูปที่ 4.10 ตัวปลดแผ่นโลหะตามขนาดหัวตอก

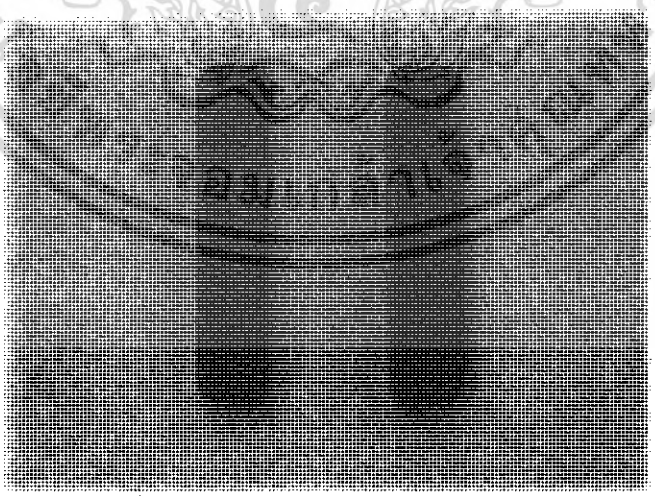
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ดายขนาด 25 มิลลิเมตร

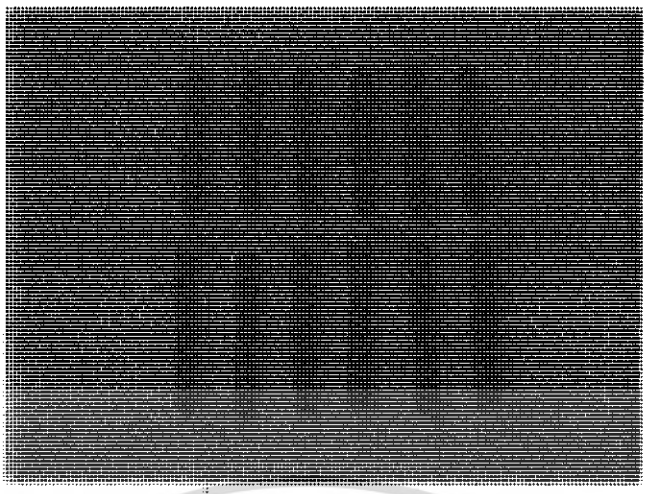


รูปที่ 4.6 ดายขนาด 10 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.7 ตัวจับยึดหัวดอกเก่า (ซ้าย) ใหม่ (ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

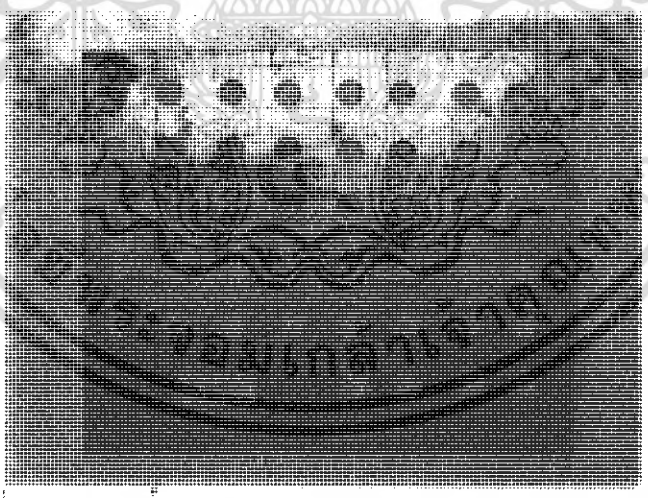


รูปที่ 4.11 เครื่องตอกตัด 12 ตัว

4.3 ผลจากการใช้งานเครื่องตอกตัด

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบเครื่องที่ได้ดำเนินการตามขั้นตอนข้างต้น โดยการทดสอบนี้ใช้แผ่นเหล็กหนา 0.8 มิลลิเมตร ทดสอบกับชุดตอกตัดขนาด 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 และ 15 มิลลิเมตร และแผ่นเหล็กหนา 1 มิลลิเมตร ทดสอบกับชุดตอกตัดขนาด 18, 20, 25 และ 30 มิลลิเมตร

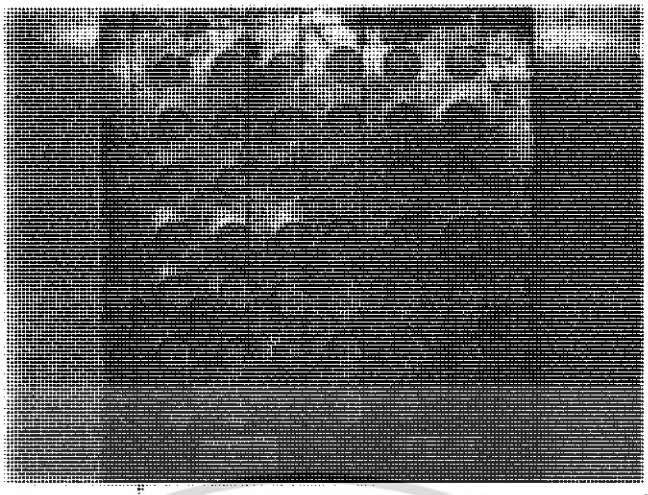
ผลจากการทดสอบเครื่องตอกตัด แสดงให้เห็นว่า เครื่องตอกตัดที่ประกอบด้วยชุดตอกตัดที่สร้างขึ้นใหม่ สามารถตอกตัดแผ่นเหล็กได้ แต่ขนาดของรูที่ได้จากการตอกตัดแตกต่างจากขนาดของหัวตอก รูที่ได้จากการตอกตัดจะแสดงดังรูปต่อไปนี้ (รูปที่ 4.12 – 4.16)



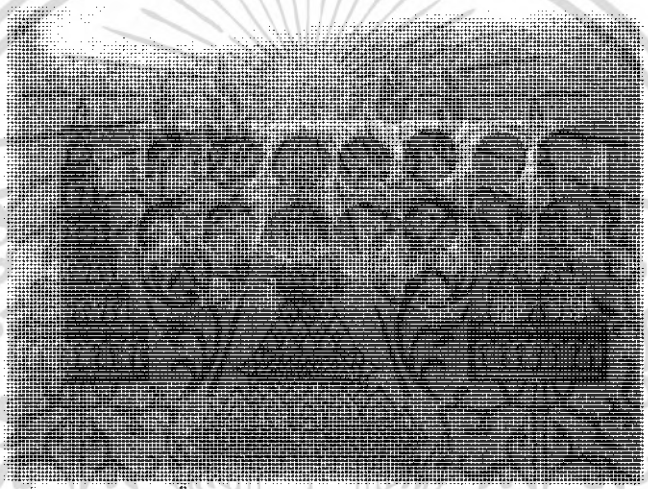
รูปที่ 4.12 ตัวอย่างชิ้นงานจากชุดหัวตอกขนาด 8 และ 9 มิลลิเมตร

นอกจากนั้น รูที่ได้จากการตอกตัดมีครีบเกิดขึ้น ซึ่งนอกจากผลของระยะเผื่อของหัวตอกและดายที่ไม่เหมาะสมแล้ว ยังมีผลมาจากการติดตั้งชุดหัวตอกไม่ตรงศูนย์ คือตำแหน่งของหัวตอกและดายไม่ตรงกัน

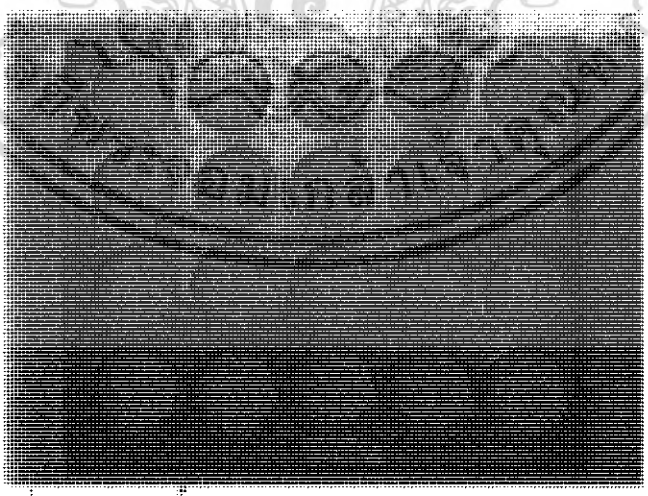
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 ตัวอย่างชิ้นงานจากชุดทดสอบขนาด 10 และ 11 มิลลิเมตร

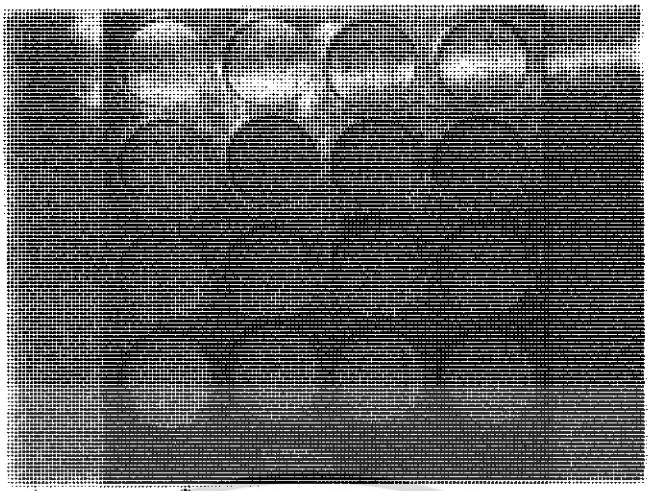


รูปที่ 4.14 ตัวอย่างชิ้นงานจากชุดทดสอบขนาด 15 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.15 ตัวอย่างชิ้นงานจากชุดทดสอบขนาด 25 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ตัวอย่างชิ้นงานจากกระบวนการขึ้นรูปและมีขนาด 30 มิลลิเมตร

4.4 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

1) เหล็กที่ซื้อมาใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานมีขนาดใหญ่กว่าชิ้นงานจริงที่ได้ออกแบบไว้มากเกินไป ทำให้เสียเวลาในการขึ้นรูปชิ้นงานแต่ละชิ้น และเสียค่าใช้จ่ายเกินความจำเป็นในส่วนของเหล็กที่ซื้อเกินมา

2) การขึ้นรูปหัวตอกและดาย เหล็กที่ใช้ในการการขึ้นรูปคือ DC 53 ซึ่งมีความแข็งและความเหนียวสูงกว่าเหล็กกล้าทั่วไป เนื่องจากเป็นเหล็กกล้าที่มีส่วนผสมของคาร์บอนสูง และเป็นเหล็กที่พัฒนามาจาก SKD 11 ทำให้มีคกัดและมีดกลึงที่นำมาขึ้นรูปชิ้นงานเกิดการสึกหรอเร็ว และต้องลับมีดหลายครั้งต่อการขึ้นรูปชิ้นงาน 1 ชิ้น

3) น้ำมันที่ใช้ในการชุบแข็งหัวตอก และดายหลังจากการขึ้นรูปและผ่านการอบในเตาอบ ไม่ใช่น้ำมันที่ใช้ในการชุบแข็ง ทำให้ความแข็งที่ได้ออกมา มีค่าแตกต่างไปจากคู่มือของบริษัทที่ซื้อเหล็ก แต่ความแข็งที่ได้มีค่ามากพอที่จะใช้ในงานตอกตัดแผ่นโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินการ

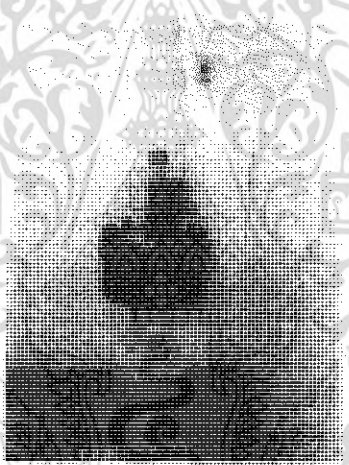
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

1) สร้างชุดหัวตอกและดายจำนวน 12 ชุด ซึ่งมีขนาด 30, 25, 20, 18, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9 และ 8 มิลลิเมตร

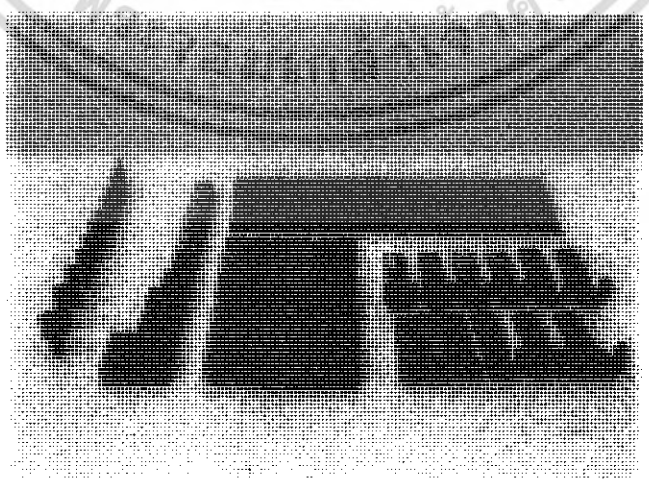
2) สร้างชิ้นส่วนที่จำเป็นต่อการทำงานของเครื่องได้แก่ ตัวยึดจับหัวตอก 7 ตัว, ฝาประกบ 6 แผ่น, ตัวปลดแผ่นโลหะ 7 ตัว และสลักยึดหัวตอก 9 ตัว

3) ปรับปรุงสภาพเครื่องตอกตัดให้อยู่สภาพพร้อมใช้งาน

4) เครื่องตอกตัดสามารถตัดแผ่นโลหะหนา 0.8 และ 1 มิลลิเมตรให้ขาดได้ โดยไม่เกิดการแตกหักของชุดหัวตอกและดาย



รูปที่ 5.1 เครื่องตอกตัดสำเร็จและใช้งาน



รูปที่ 5.2 ชิ้นส่วนชุดตอกตัดทั้ง 12 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะในการดำเนินงาน

1) ควรทำการออกแบบชิ้นงานทุกชิ้นอย่างละเอียด เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาตั้งแต่การเลือกซื้อขนาดของเหล็กที่จะนำมาขึ้นรูปเป็นชิ้นงาน และเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของเหล็กที่ซื้อเกินขนาด

2) กระบวนการขึ้นรูปชิ้นงาน ทั้งการกัด การกลึง หรือการเจาะ ควรใช้มีดกัดสำเร็จรูป เนื่องจากมีอายุการใช้งานที่นาน และได้ผิวของชิ้นงานที่เรียบมากกว่า มีดกัดที่ลับจากเครื่องเจียระไน

3) กระบวนการชุบแข็งชิ้นงานควรศึกษาทฤษฎีอย่างละเอียด และทำความเข้าใจอย่างชัดเจน เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดเกี่ยวกับความแข็งของชิ้นงานหลังการชุบแข็ง และเพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน

4) ควรใช้น้ำมันที่ใช้ในการชุบแข็ง ทำการชุบแข็งชิ้นงาน เพื่อให้ได้ความแข็งของชิ้นงานเป็นไปตามคู่มือการชุบแข็งของบริษัทที่ซื้อเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1) วัสดุศาสตร์ (Material Science). พรศักดิ์ อรรถวานิช. พิมพ์ครั้งที่1 พ.ศ. 2536 สำนักพิมพ์ Japan International Cooperation Agency (JICA)

2) คู่มือการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ขนาดเล็ก. ชาญ ถนัดงาน. เชาวลิต แสนสุข. ประสาทศิลป์ อ่อนอรรถ. ธีระเดช ควนปัญญา. ยงยุทธ เนียมทรัพย์. ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์. กอบวิน ทวีสิน. วิชิต บัวแก้ว. สุทิน วัยวัฒนะ. พิมพ์ครั้งที่ 1. มิถุนายน 2533. จัดพิมพ์โดย สวัสดิการสถาบันฯและชมรมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย

3) บริษัท กรุงเทพเหล็กกล้า จำกัด (BANGKOK SPECEAL STEEL CO., LTD)

4) Engineering Materials properties and selection. Kenneth G.Budinski and Michael K.Budinski. Seventh Edition. Pearson Educational International Inc.

5) Materials Science and Engineering. William D. Callisters. Jr., Sixth Editions. Department of Metallurgical Engineering. The University of Utah

6) Engineering Material Technology: structures, processing and selection. James A. Jacobs and Thomas F., Fifth Edition. Upper saddle River. NJ: Pearson. 2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

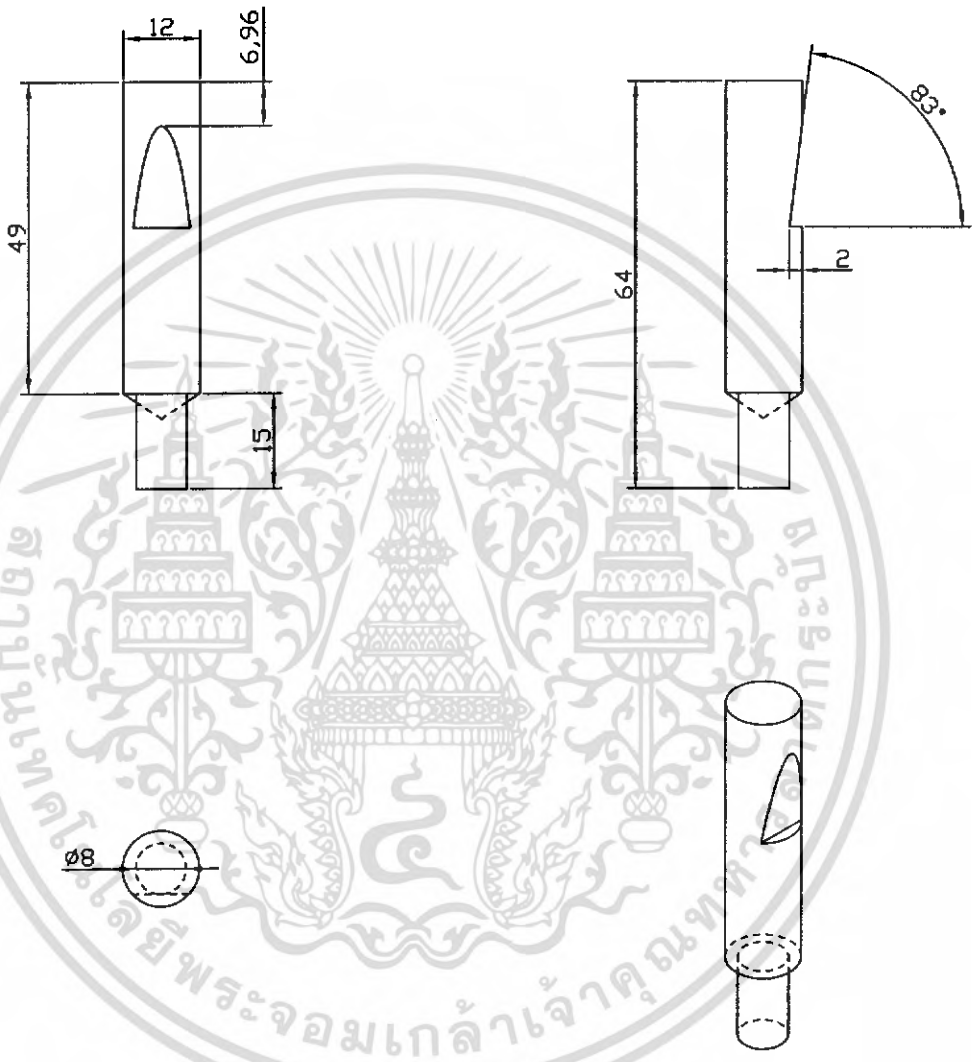
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
แบบชิ้นส่วนหัวตอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RevNo	Revision note		Date	Signature	Checked



Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc		Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1

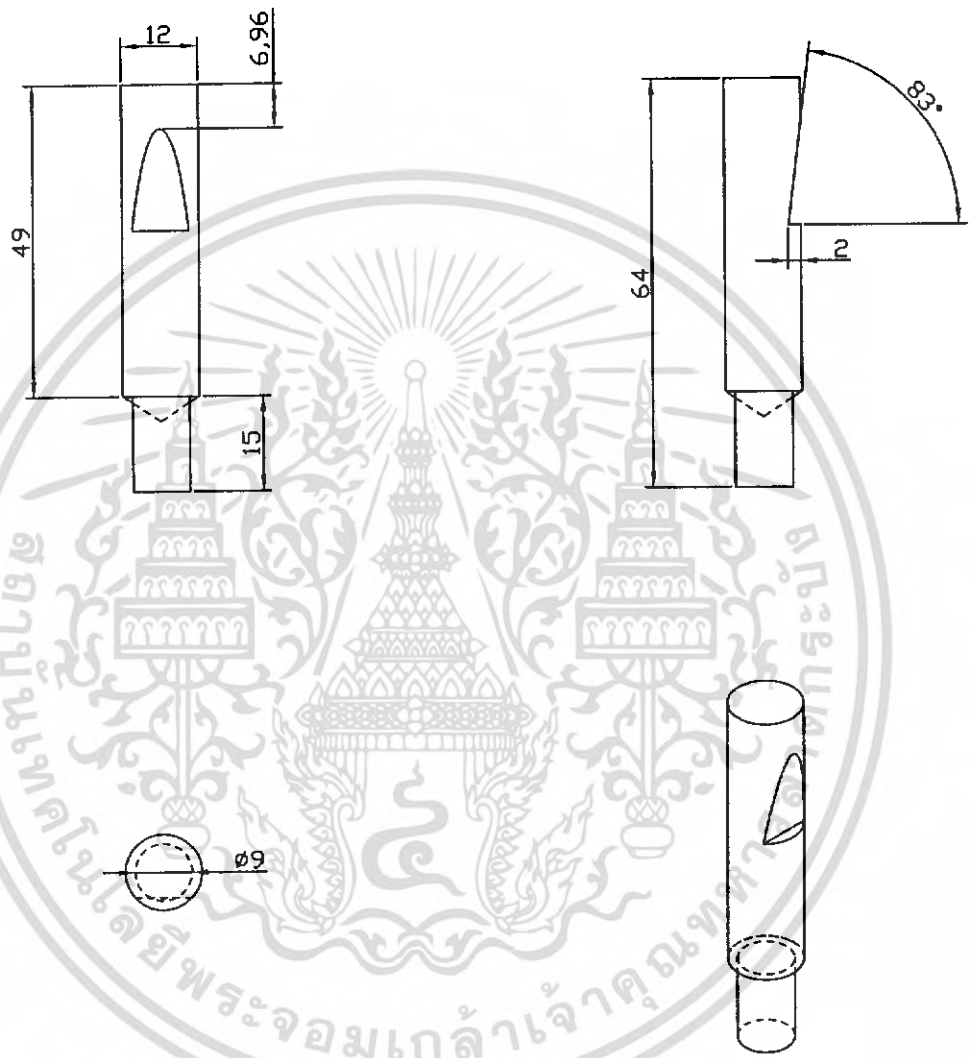
PUNCH 8 MM

Edition	Sheet

ผก1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RevNo	Revision note		Date	Signature	Checked

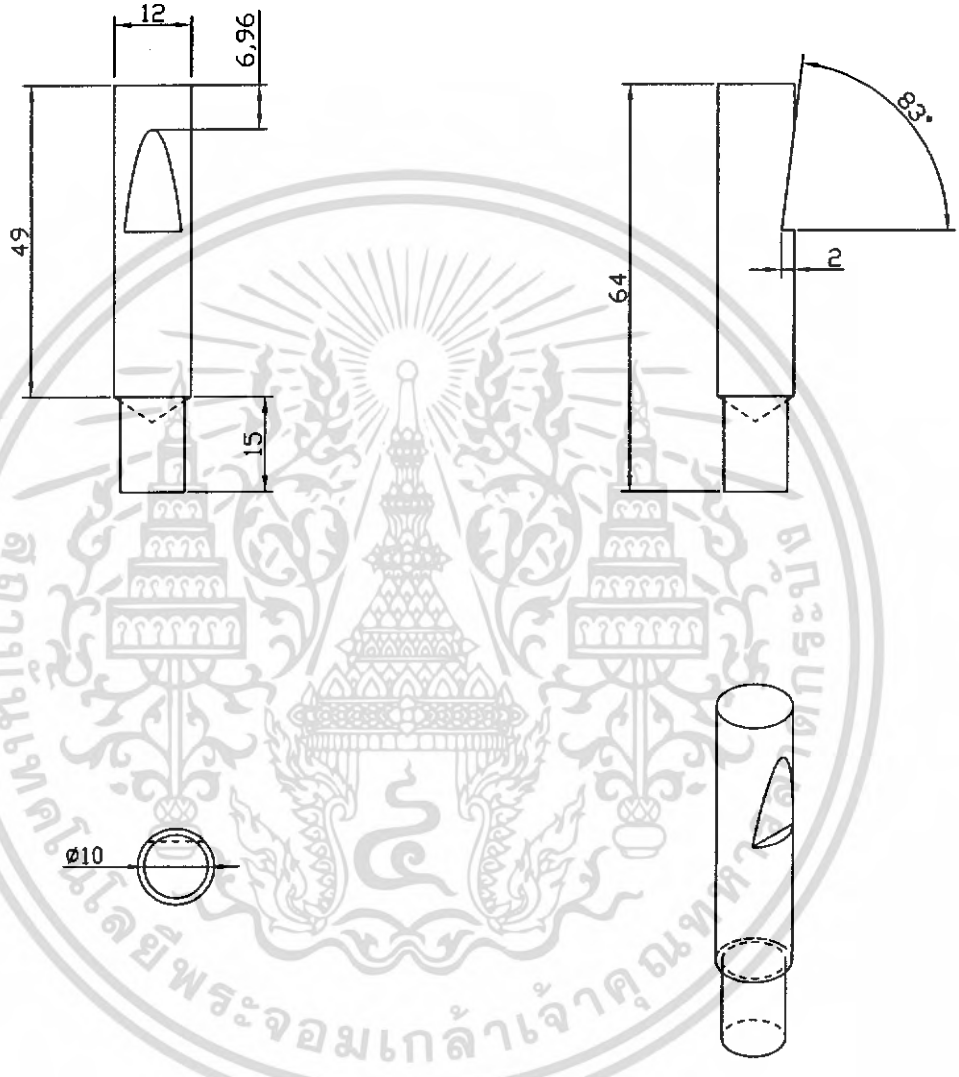


Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc			Article No./Reference
Designed by		Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1
PUNCH 9 MM					Edition	Sheet

ฝก2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RevNo	Revision note		Date	Signature	Checked



Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc			Article No./Reference
Designed by		Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1

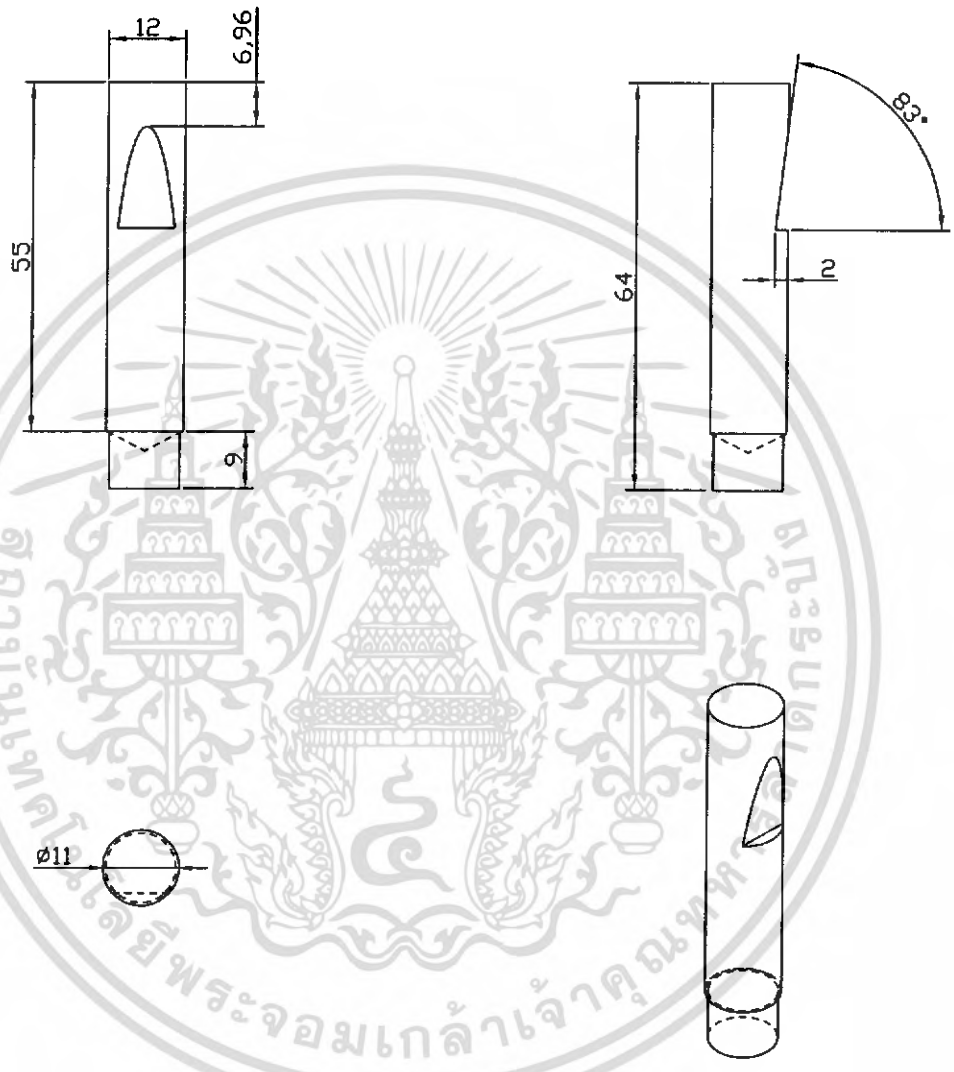
PUNCH 10 MM

Edition	Sheet

A3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RevNo	Revision note		Date	Signature	Checked



Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc			Article No./Reference
Designed by		Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1

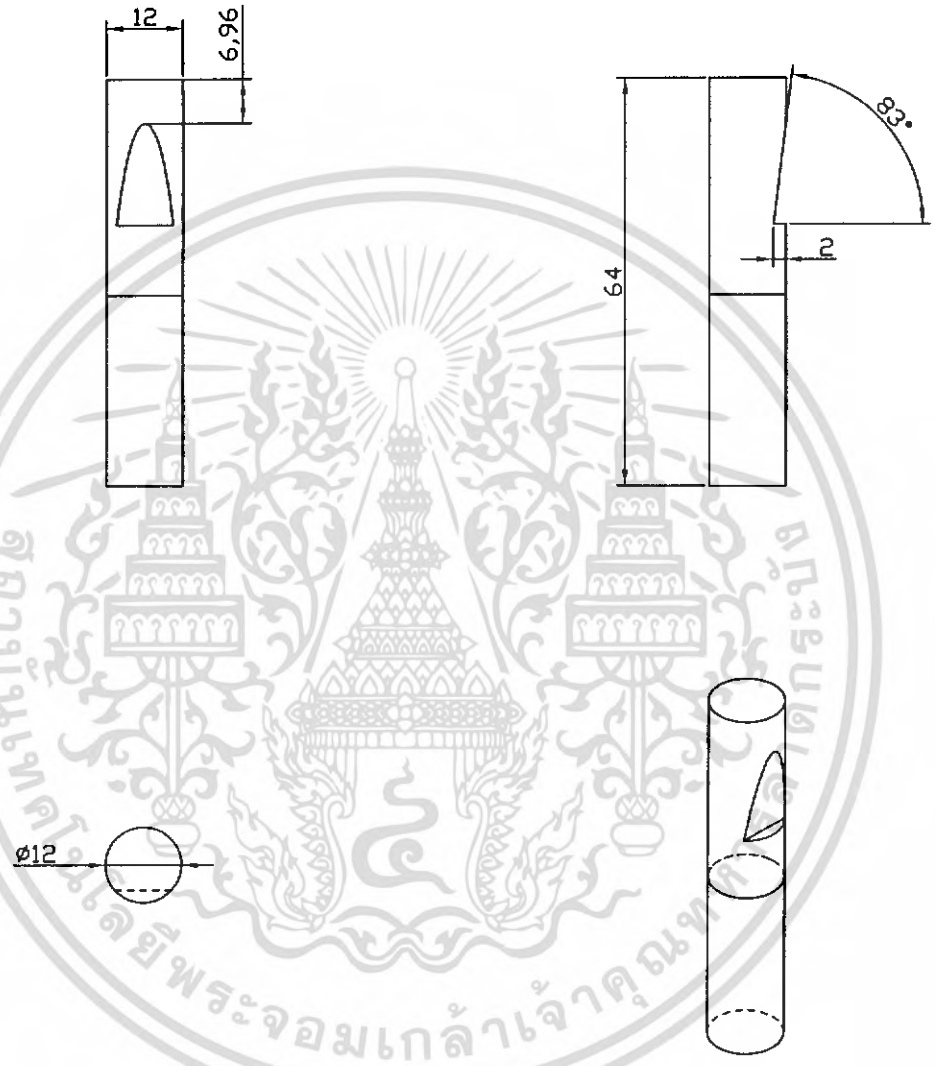
PUNCH 11 MM

Edition	Sheet

หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RevNo	Revision note		Date	Signature	Checked



Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc			Article No./Reference
Designed by		Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1

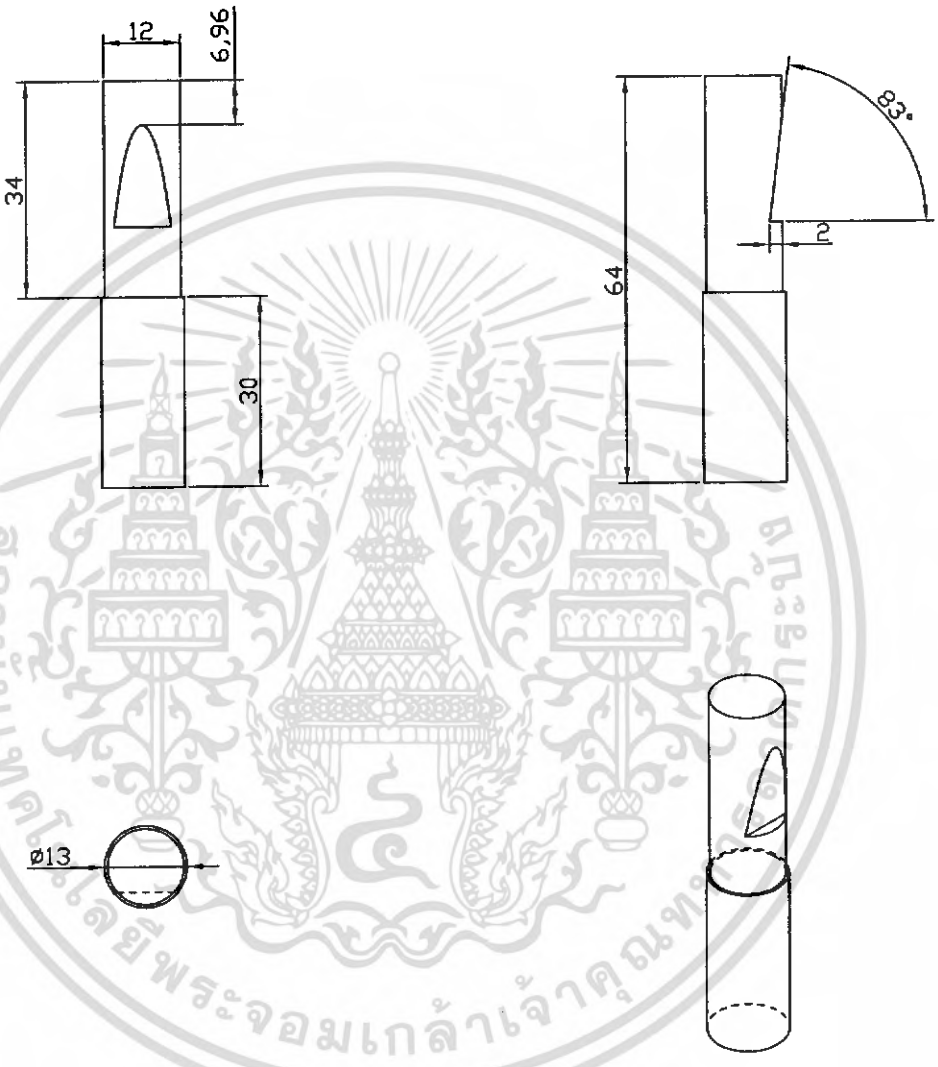
PUNCH 12 MM

Edition | Sheet

ผก5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RevNo	Revision note		Date	Signature	Checked



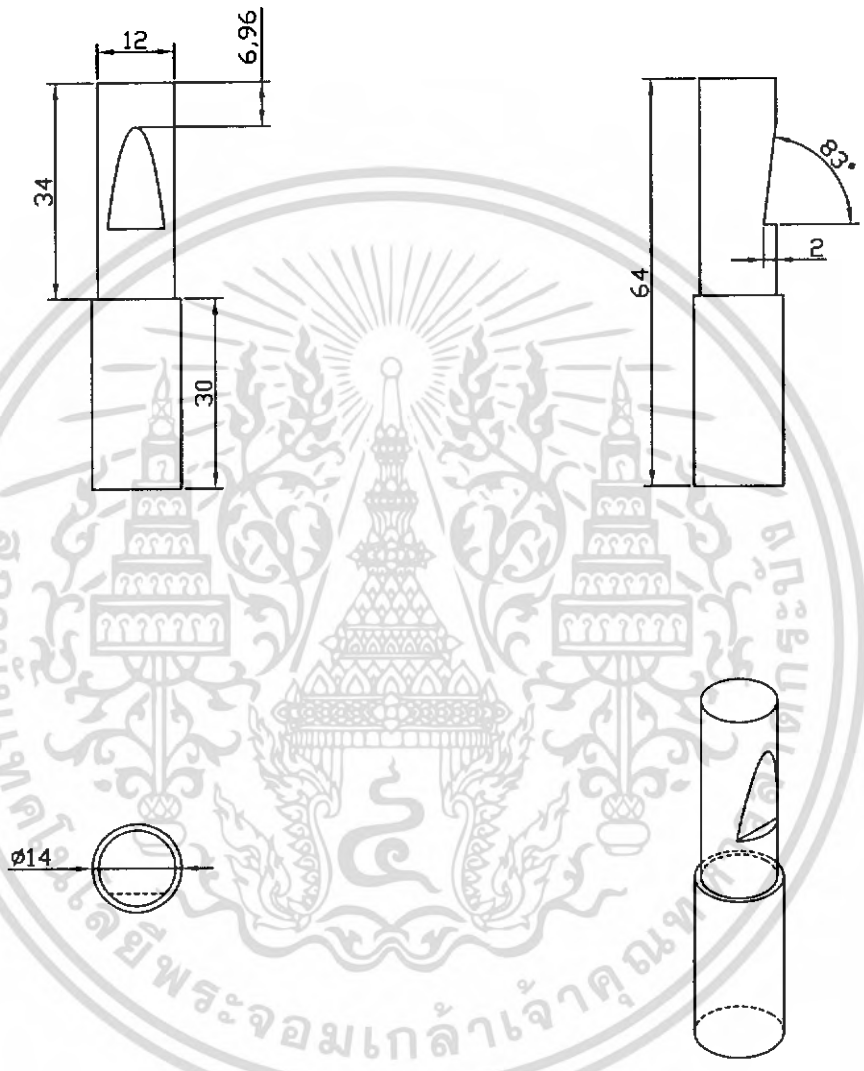
Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc			Article No./Reference
Designed by		Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1

PUNCH 13 MM

Edition | Sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RevNo	Revision note		Date	Signature	Checked



Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc			Article No./Reference
Designed by		Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1

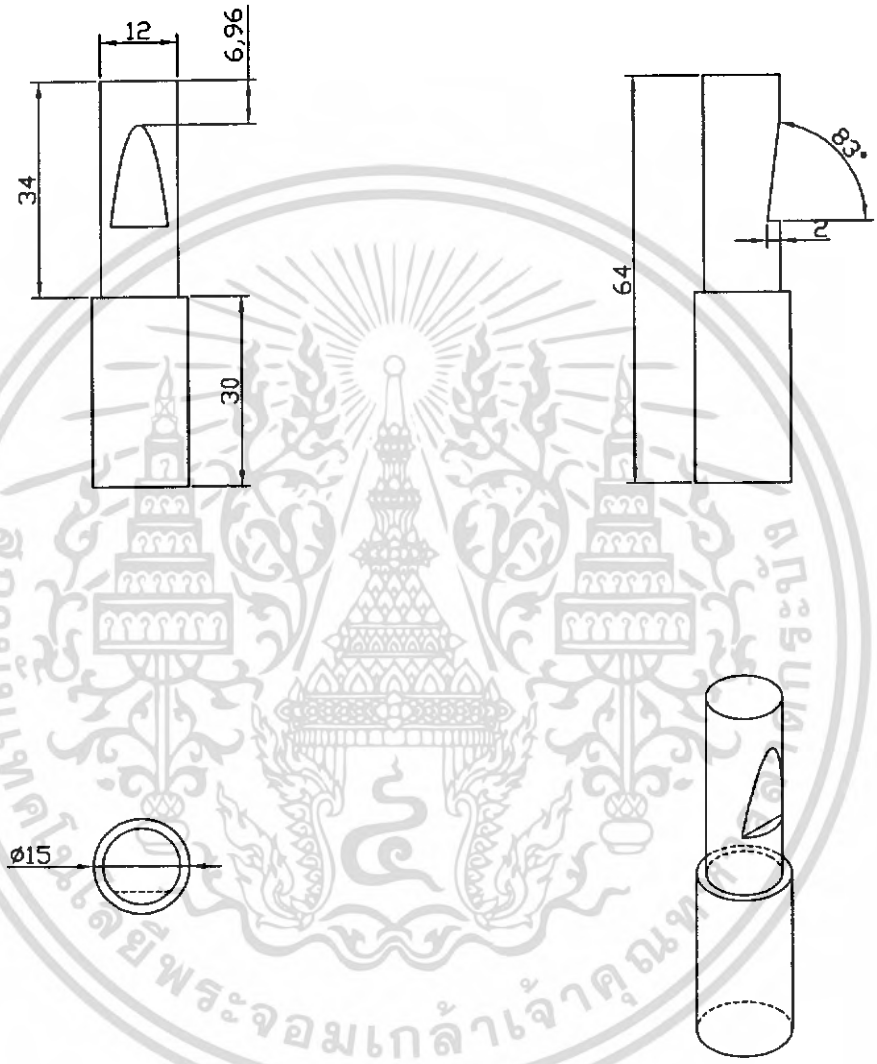
PUNCH 14 MM

Edition	Sheet

ผก7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

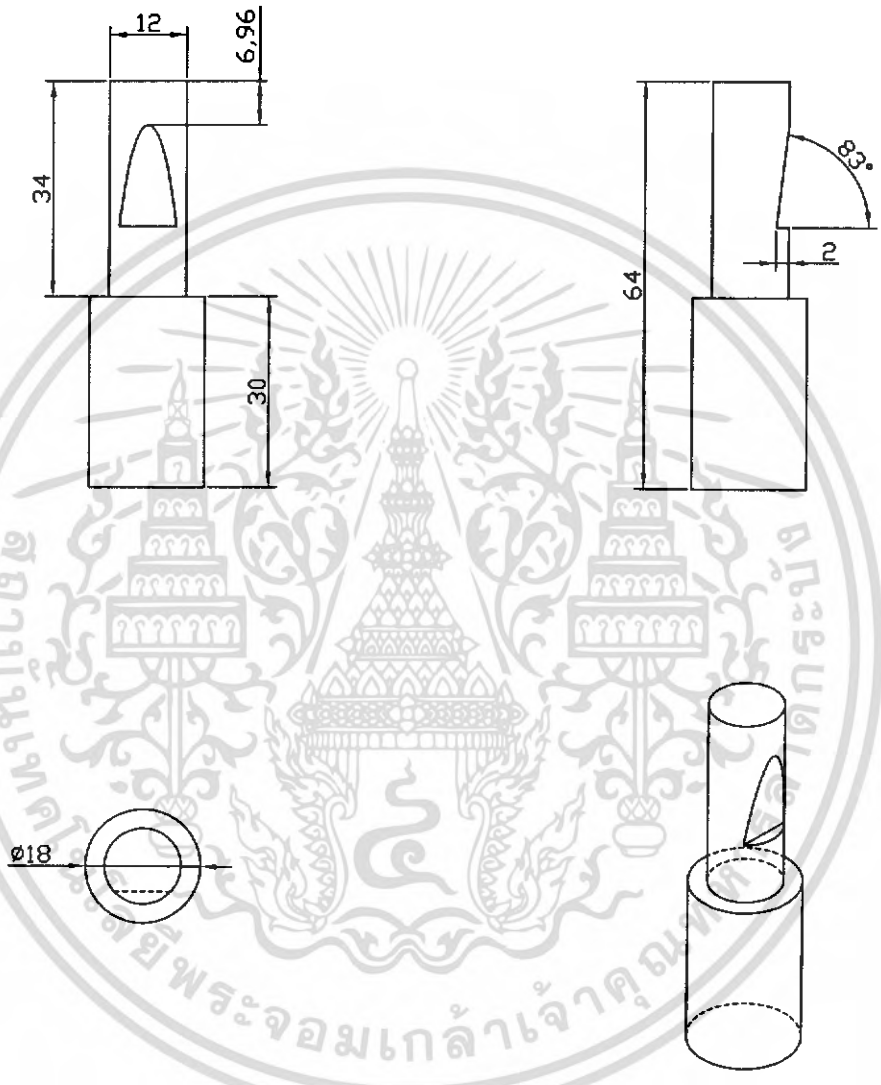
RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked



Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc		Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1
PUNCH 15 MM				Edition	Sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked



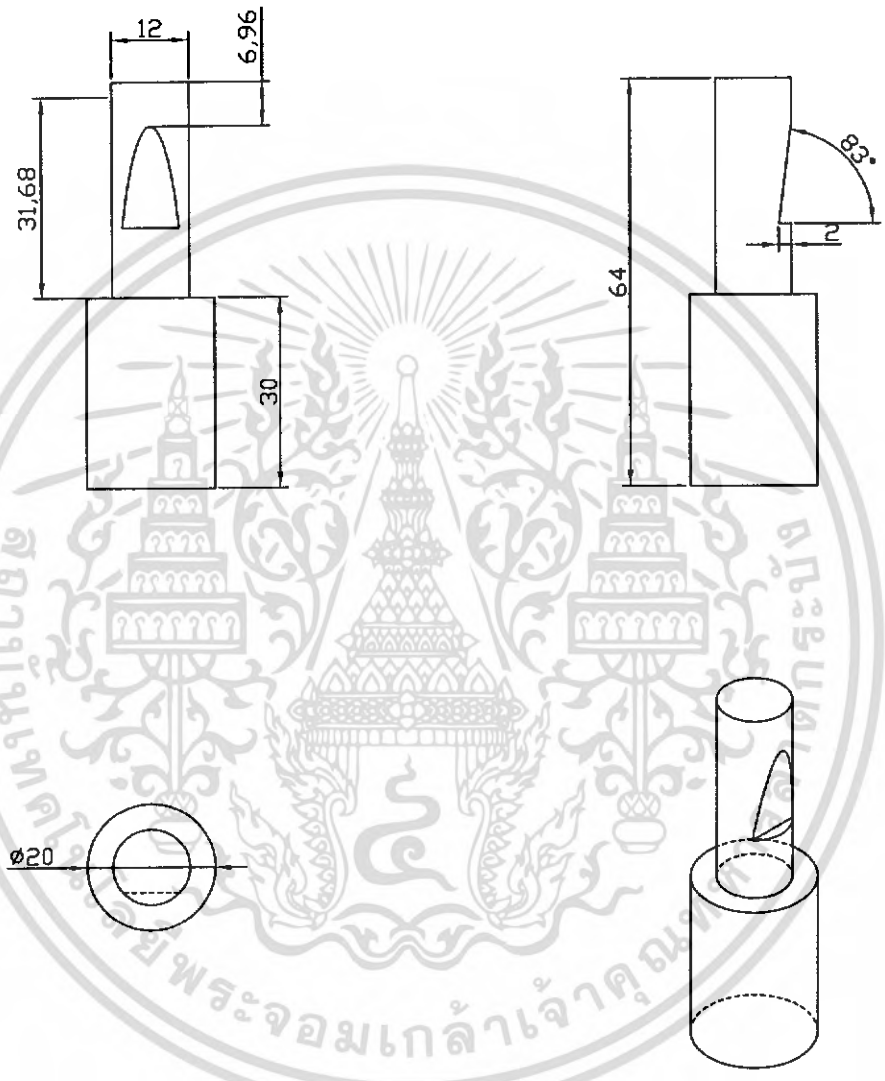
Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc		Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1

PUNCH 18 MM

Edition	Sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked

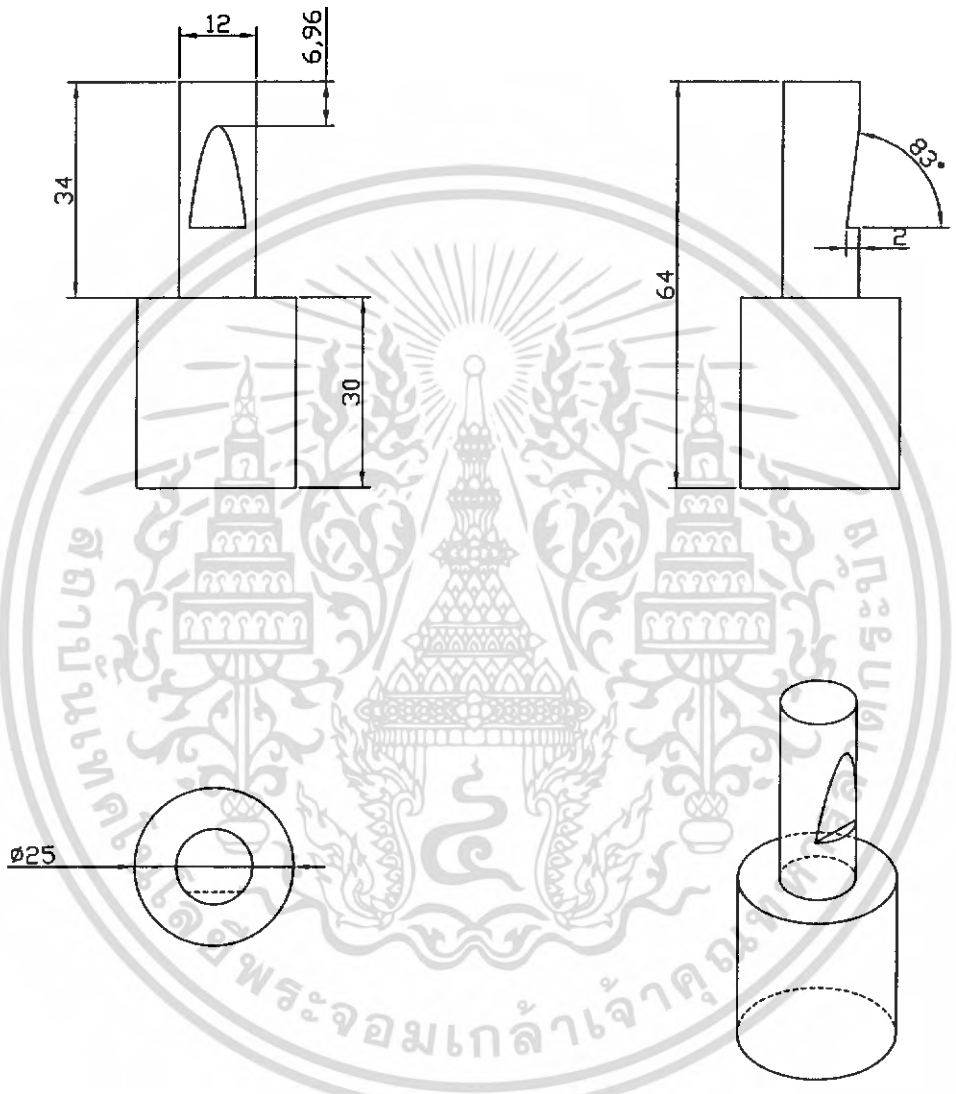


Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc			Article No./Reference	
Designed by		Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1
PUNCH 20 MM					Edition	Sheet

PN10

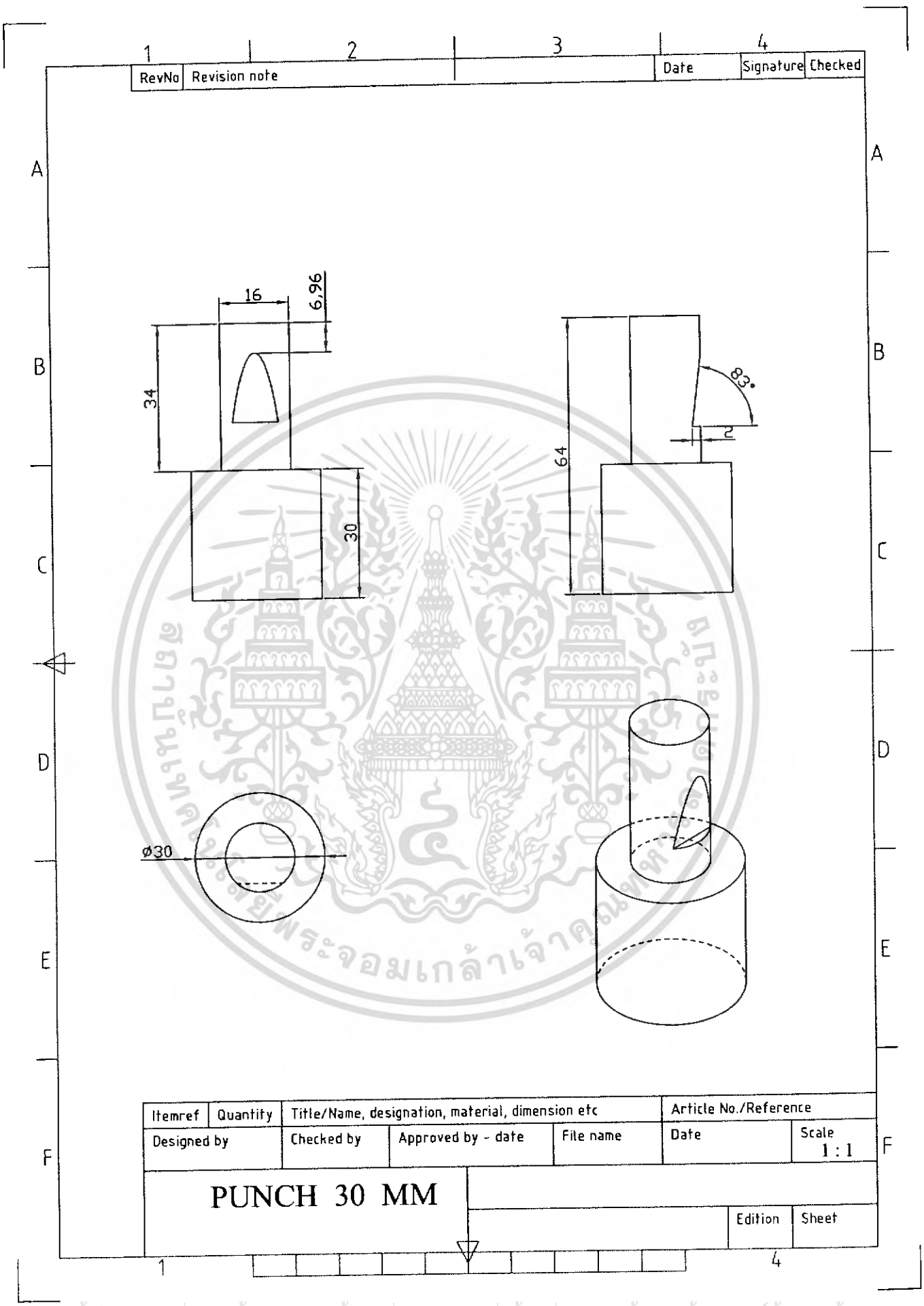
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RevNo	Revision note		Date	Signature	Checked



Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc			Article No./Reference
Designed by		Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1
PUNCH 25 MM					Edition	Sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

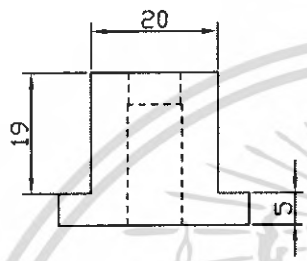


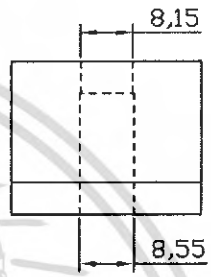
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

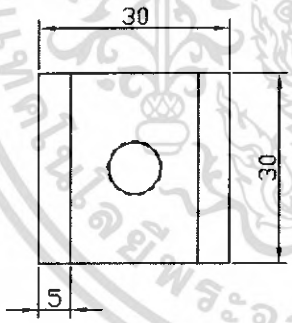
ภาคผนวก ข
แบบชิ้นส่วนดาย

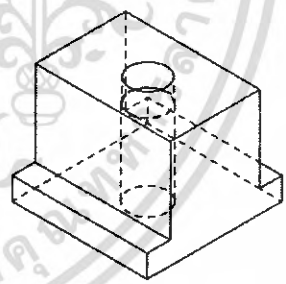
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RevNo	Revision note		Date	Signature	Checked





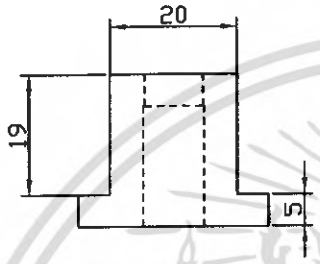


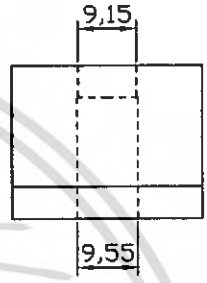


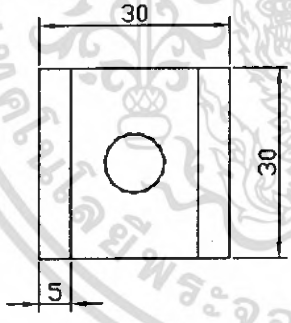
Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc			Article No./Reference
Designed by		Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1
DIE 8 MM					Edition	Sheet

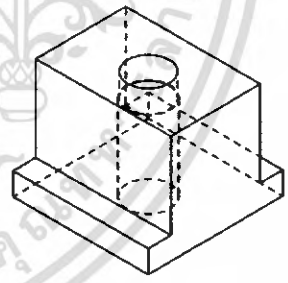
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked









Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc			Article No./Reference
Designed by		Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1

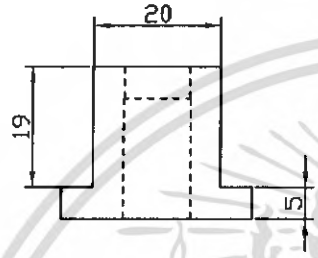
DIE 9 MM

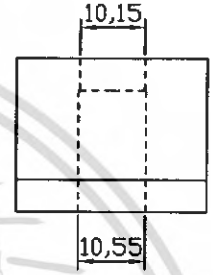
Edition	Sheet

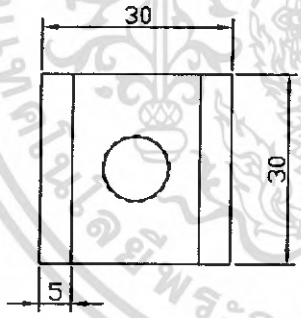
A4V2

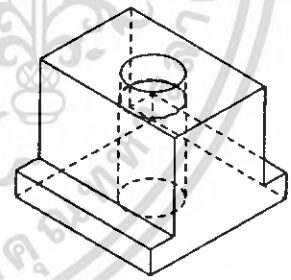
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RevNo	Revision note		Date	Signature	Checked









Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc			Article No./Reference
Designed by		Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1

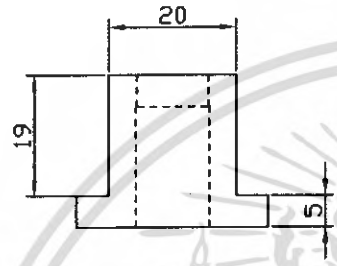
DIE 10 MM

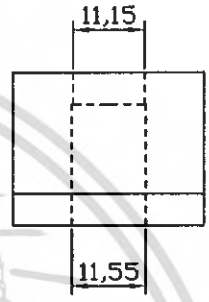
	Edition	Sheet

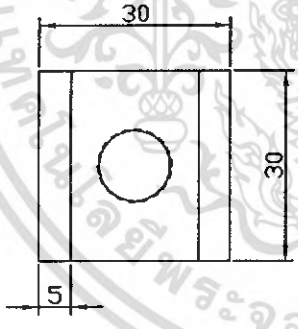
A4V3

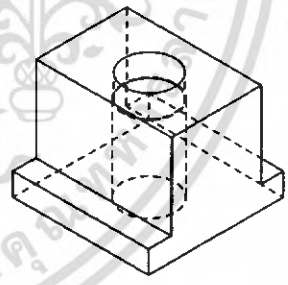
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked









Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc			Article No./Reference
Designed by		Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1

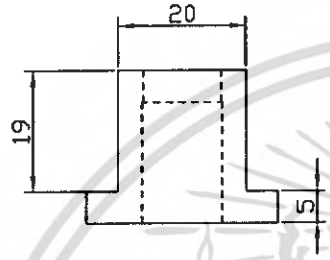
DIE 11 MM

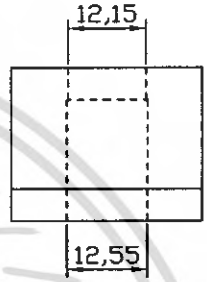
Edition	Sheet

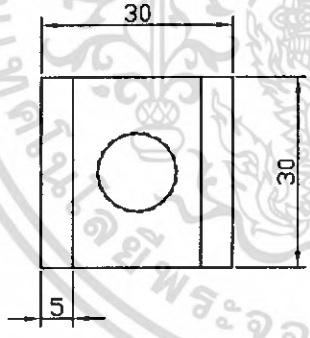
W94

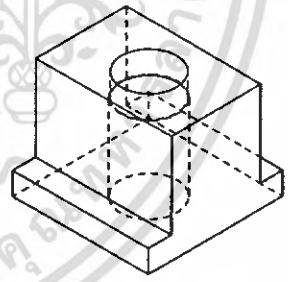
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RevNo	Revision note		Date	Signature	Checked





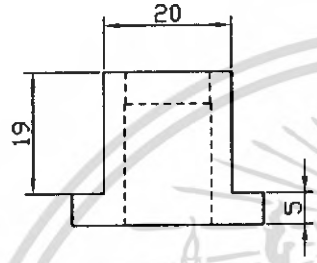


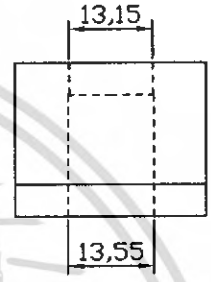


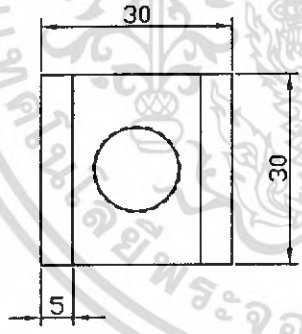
Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc		Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1
DIE 12 MM				Edition	Sheet

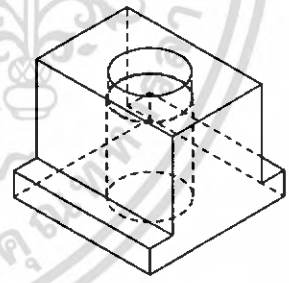
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RevNo	Revision note		Date	Signature	Checked





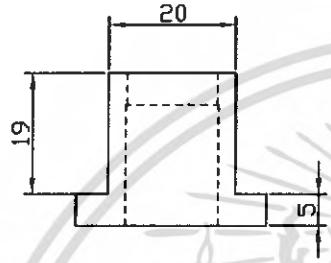


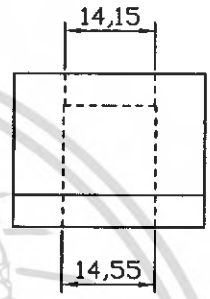


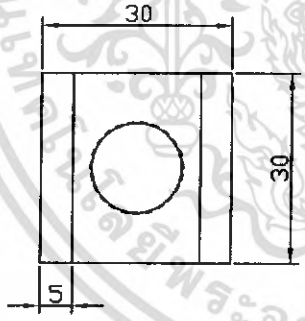
Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc		Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1
DIE 13 MM				Edition	Sheet

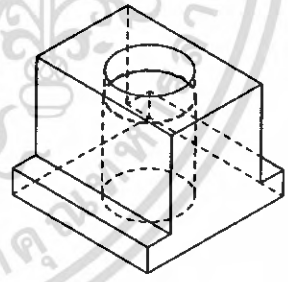
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked









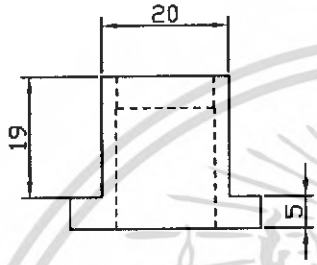
Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc			Article No./Reference
Designed by		Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1

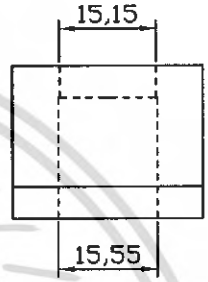
DIE 14 MM

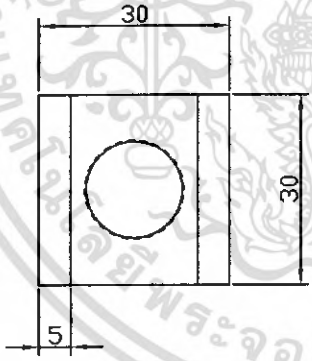
Edition	Sheet

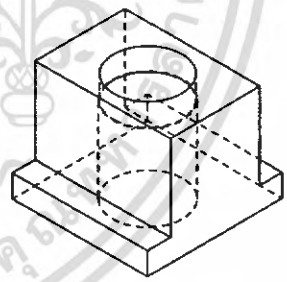
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked









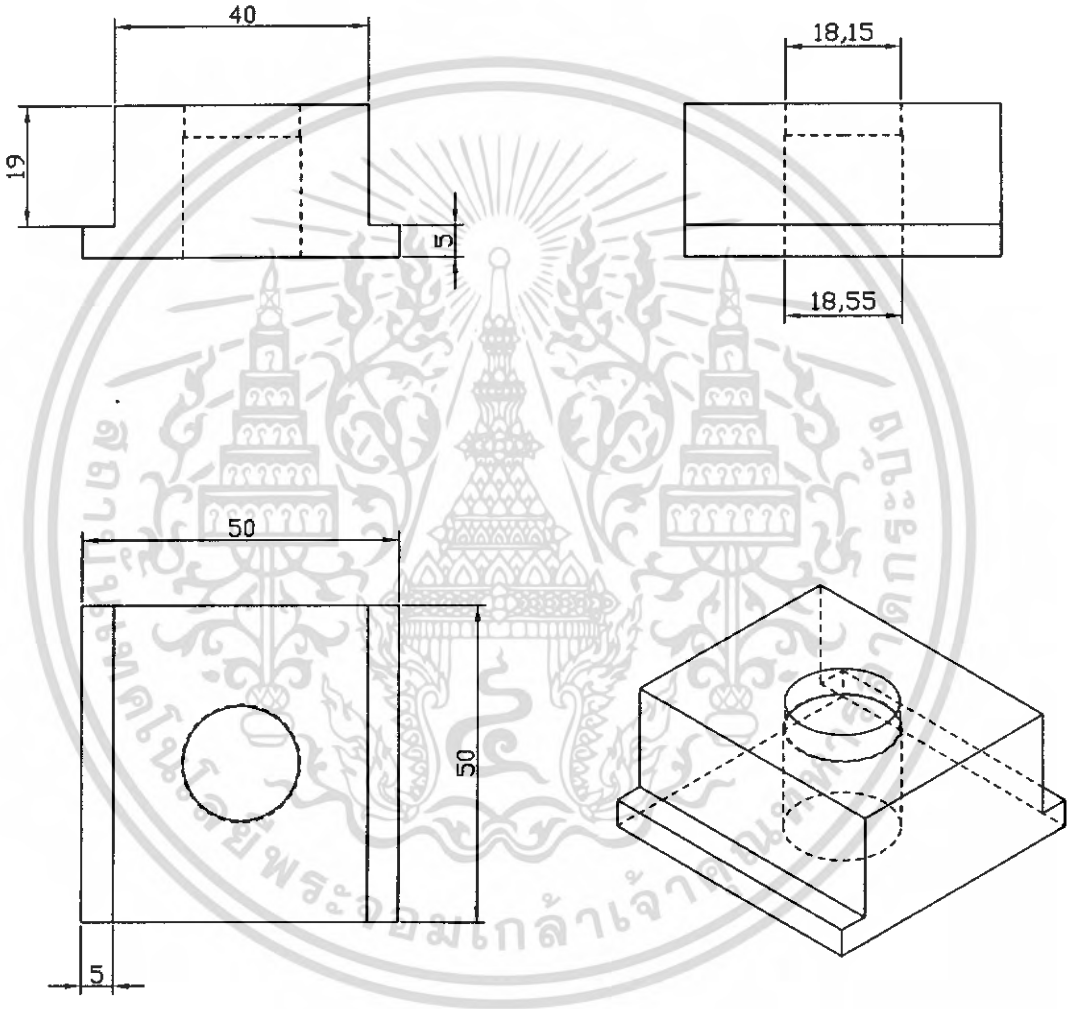
Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc			Article No./Reference
Designed by		Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1

DIE 15 MM

Edition	Sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

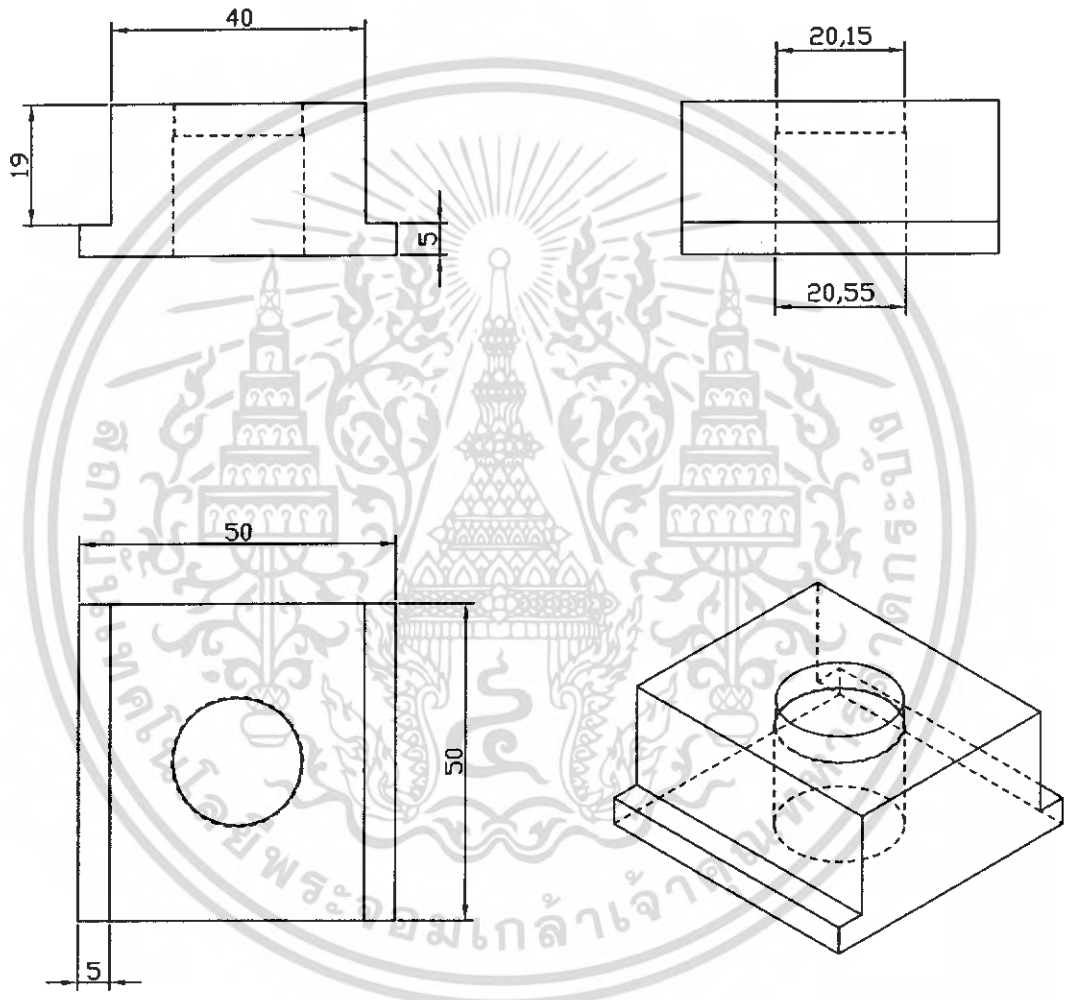
RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked



Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc			Article No./Reference	
Designed by		Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1
DIE 18 MM					TITLE	
					Edition	Sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

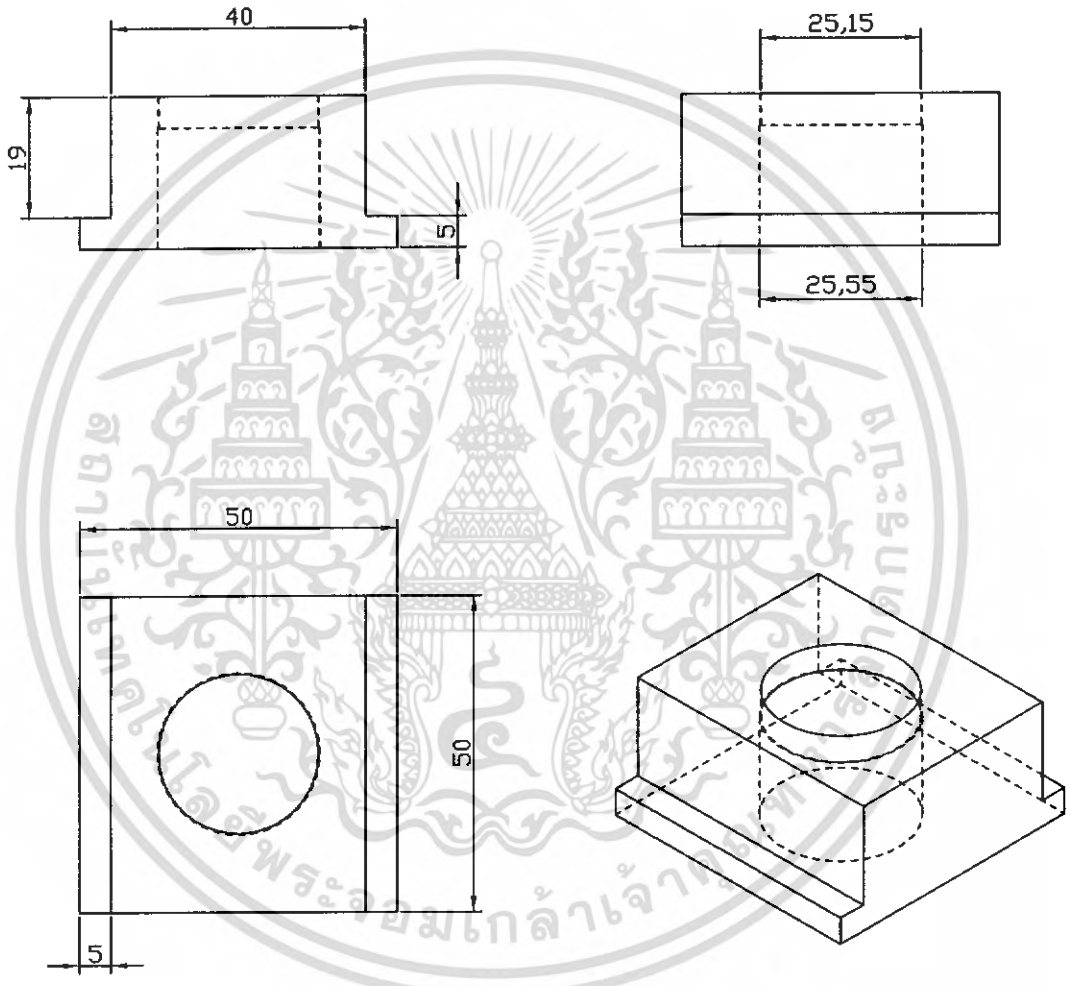
RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked



Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc		Article No./Reference	
Designed by	Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1
DIE 20 MM				Edition	Sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

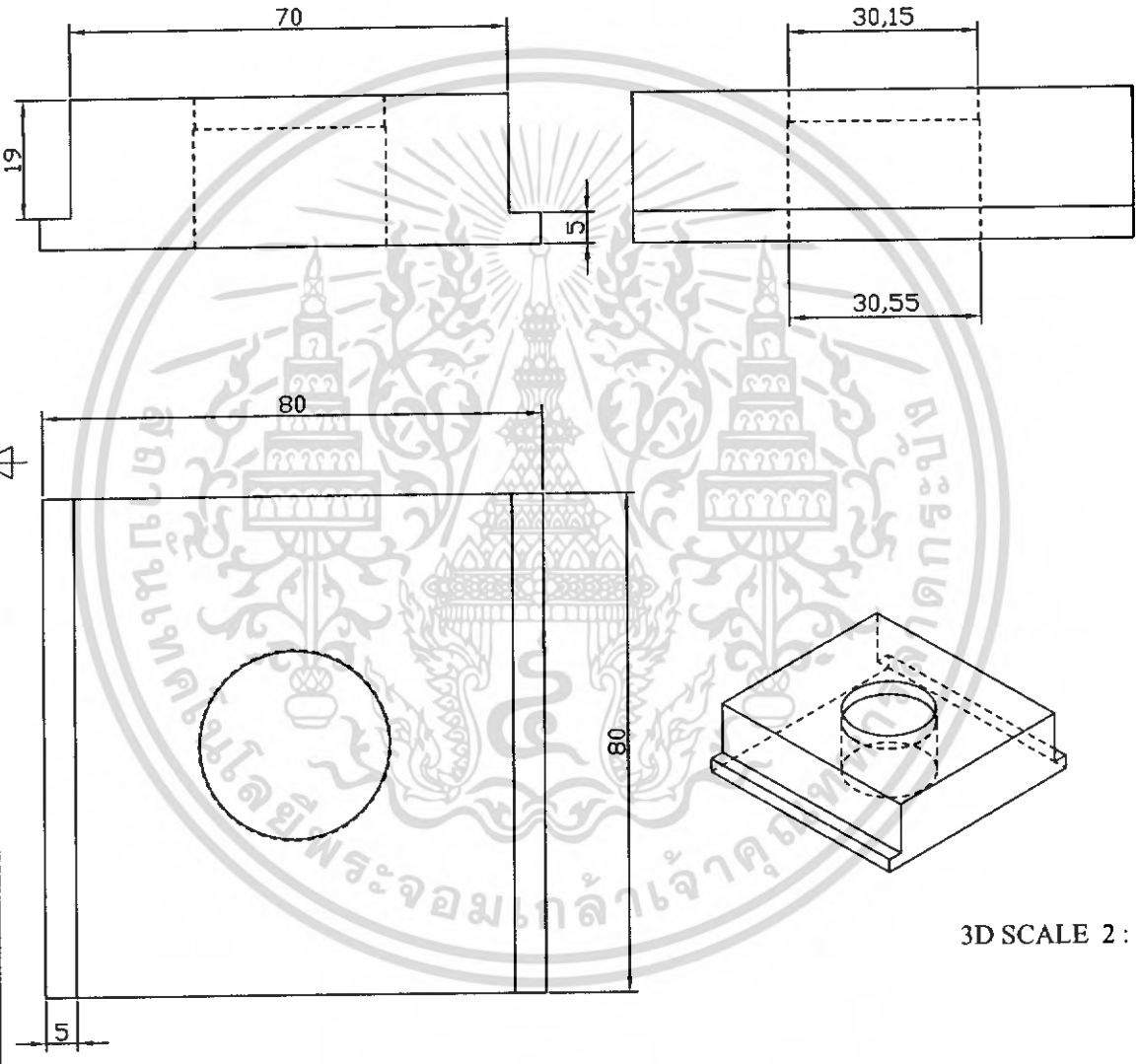
RevNo	Revision note		Date	Signature	Checked



Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc			Article No./Reference
Designed by		Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1
DIE 25 MM					Edition	Sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RevNo	Revision note		Date	Signature	Checked



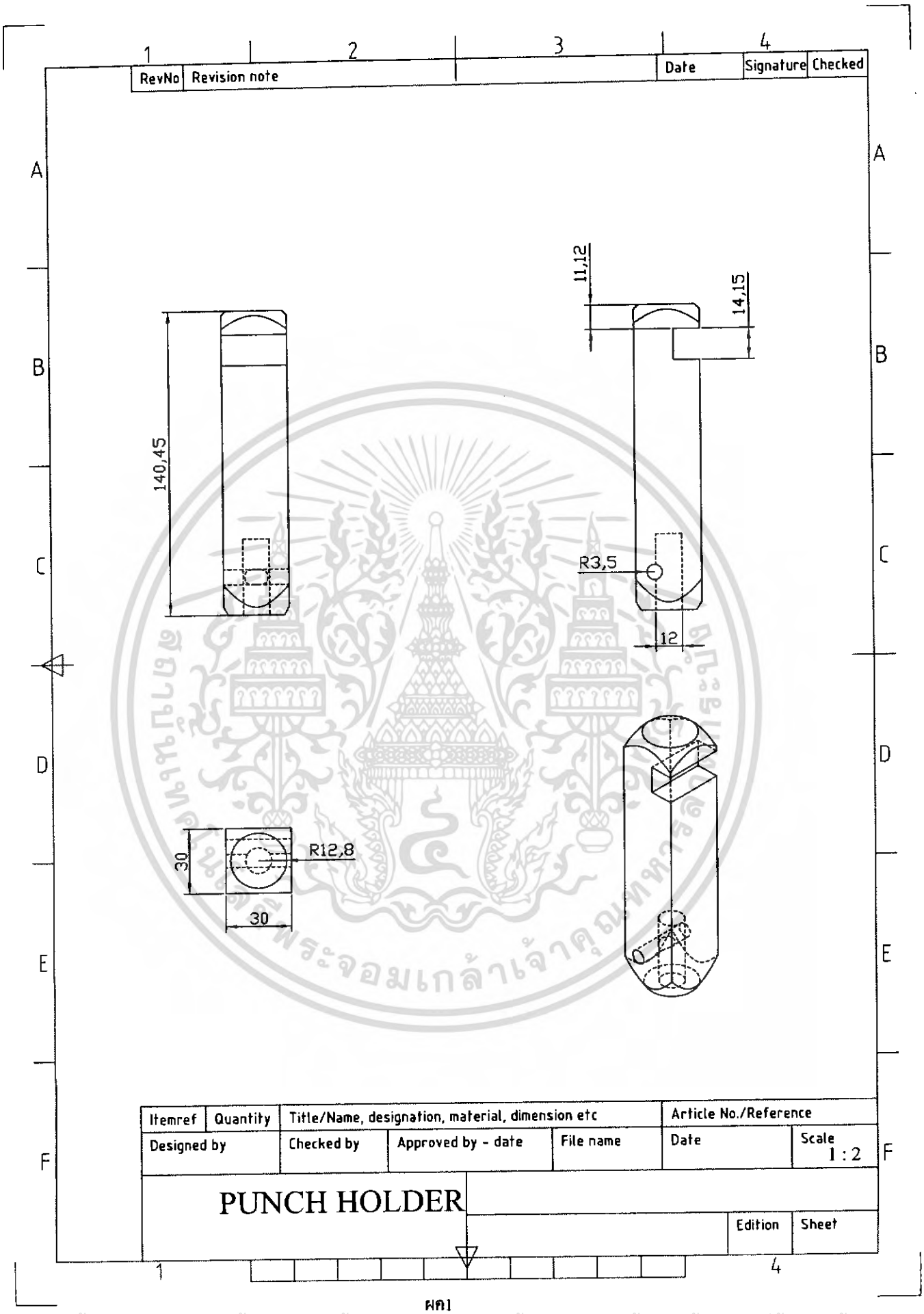
3D SCALE 2 : 1

Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc			Article No./Reference
Designed by		Checked by	Approved by - date	File name	Date	Scale 1 : 1
DIE 30 MM					Edition	Sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
แบบชิ้นส่วนตัวจับยึดหัวตอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้