สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# เครื่องขัดชิ้นงาน

T055639

นายสุพรรณ แป้นแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....55639
วัน,เดือน,ปี.....20 พ.ค. 2548

b.....
i.....

# SPECIMEN GRINDING MACHINE

MR. SUPUN PANGAEW

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRAIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGYLADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

| | |
|---|---|
| หัวข้อปริญญานิพนธ์ | เครื่องขัดชิ้นงาน<br>Specimen Grinding Machine |
| นักศึกษา | นายสุพรรณ แป้นแก้ว รหัสประจำตัว 44015762 |
| หลักสูตร | วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ |
| อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ | |

(อ.พลชัย โชติปรานกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **หัวข้อปริญญานิพนธ์** | เครื่องขัดชิ้นงาน |
| **นักศึกษา** | สุพรรณ แป้นแก้ว |
| **หลักสูตร** | วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| **ปีการศึกษา** | 2546 |
| **อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์** | อ. พลชัย โชติปรายนกุล |


## บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการออกแบบ และพัฒนาเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ (การขัดหยาบ) ซึ่งสามารถใช้ขัดได้ทั้งจานขัดแนวตั้ง และที่ขัดแบบกระดายทรายสายพาน เป็นขั้นตอนหนึ่งก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการขัดละเอียด เพื่อทำการตรวจสอบโครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศน์ หลักการทำงานของเครื่องใช้การส่งกำลังจากมอเตอร์ส่งไปยังพูเล่ความเร็วที่ใช้งานอยู่ที่ 400 รอบต่อนาที ขนาดชิ้นงานมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 50 มิลลิเมตร ความหนาของชิ้นงานทดสอบ 30 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **Thesis Title** | Specimen Grinding Machine |
| **Student** | Mr. Supan Pangaew |
| **Degree** | Bachelor of Engineering in industrial Engineering |
| | **King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabong** |
| **Academic Year** | 2003 |
| **Thesis Advior** | Pholchai Chotiprayanakul |


## ABSTRACT

The objective of this thesis is the study , design and development of Grinding Specimen Machine which have vertical dish grinding and belt grinding . It is the first step before polishing . In order to study structure of metal. The specimen from this machine will be inspected in microscope. The Machine uses electric motor which transmitt power to V belt pulley. It will turn in speed about 400 rpm . The size of the specimen diameter or thickness are about 50 and 30 millimeters respectively.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำ โครงงานหัวข้อเครื่องขัดชิ้นงาน(Specimen Grinding Machine)ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี มีทั้งปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน เพื่อมุ่งหวังที่จะให้ปริญญานิพนธ์ที่สมบูรณ์ที่สุด ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อาจารย์พลชัย โชติปรายนกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งคอยให้คำแนะนำจนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาอุตสาหการทุกท่านที่ให้คำปรึกษาแนะนำ ทั้งทางด้านทฤษฎีและทางปฏิบัติรวมทั้งเพื่อนๆ นับว่าเป็นส่วนสำคัญอย่างมากในการผลักดันให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอมอบคุณงามความดีของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้แด่ บิดา มารดา ครูบาอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุพรรณ แป้นแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญ | ง |
| สารบัญภาพ | ฉ |
| สารบัญตาราง | ช |
| **บทที่ 1 บทนำ** | |
| 1.1 ความสำคัญของโครงงาน | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน | 1 |
| 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ | 1 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 1 |
| **บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง** | |
| 2.1 วิธีการตรวจสอบโครงสร้าง | 3 |
| 2.2 การคัดเลือกตัวอย่าง | 3 |
| 2.3 การเตรียมตัวอย่าง | 4 |
| 2.4 ข้อควรระวังในการเตรียมผิวตัวอย่าง | 10 |
| 2.5 เครื่องมือกลพื้นฐาน | 10 |
| 2.6 เครื่องมือกลที่ใช้หินเจียรนัย | 10 |
| 2.7 เพลา | 13 |
| 2.8 โรลลิ่งแบริ่ง | 13 |
| 2.9 สายพาน | 15 |
| 2.10 การเชื่อมต่อ | 16 |
| 2.11 สปริง | 17 |
| **บทที่ 3 การออกแบบและการดำเนินงาน** | |
| 3.1 การออกแบบโครงสร้าง | 18 |
| 3.2 แผนการดำเนินงานปีการศึกษา 2546 | 22 |
| 3.3 การสร้างเครื่องขัดชิ้นงาน | 22 |
| 3.4 การควบคุม | 24 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน | |
| 4.1 ผลการออกแบบ | 25 |
| 4.2 ผลการสร้าง | 25 |
| 4.3การทดสอบ | 29 |
| บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ | |
| 5.1 สรุปผลการออกแบบและการจัดสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ | 33 |
| 5.2สรุปผลการทำงานทางด้านฮาร์ดแวร์ | 33 |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ | 33 |
| บรรณานุกรม | 34 |
| ภาคผนวก | |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

หน้า


รูปที่ 2.1 ลักษณะการตัดชิ้นงาน..... 4
รูปที่ 2.2 ชิ้นงานที่มีตำหนิที่เกิดจากรอยขีดข่วน..... 7
รูปที่ 2.3 ชิ้นงานที่มีตำหนิที่เกิดจากการหลุดของกราไฟต์..... 7
รูปที่ 2.4 ชิ้นงานที่มีตำหนิที่เกิดจากริ้วเป็นหาง..... 8
รูปที่ 2.5 หลักการโดยทั่วไปของกล้องจุลทรรศน์..... 9
รูปที่ 2.6 หินเจียรนัย..... 11
รูปที่ 2.7 ส่วนต่าง ๆ ของบอลแบริ่ง..... 13
รูปที่ 2.8 บอลแบริ่งชนิดต่าง..... 14
รูปที่ 2.9 รอยเชื่อมชนิดต่าง ๆ..... 16
รูปที่3.1 แบบโครงสร้างเครื่องขัดชิ้นงาน..... 19
รูปที่ 3.2 แบบชุดถอดสายพาน..... 19
รูปที่ 3.3 แบบช่องสำหรับขัดชิ้นงาน..... 20
รูปที่ 3.4. แบบกล่องควบคุม..... 20
รูปที่3.5 แบบฐานวางชิ้นงานขัด..... 21
รูปที่ 3.6 แสดงวงจรควบคุมมอเตอร์แบบ 1 เฟส..... 24
รูปที่ 4.1 ประกอบส่วนต่าง ๆ ของเครื่องขัดชิ้นงาน..... 26
รูปที่ 4.2 ช่องสำหรับขัดชิ้นงานตัวอย่าง..... 26
รูปที่ 4.3 ล้อขับล้อตาม..... 27
รูปที่ 4.4 ที่วางสำหรับขัดด้านจานขัด..... 27
รูปที่ 4.5 จานขัดแนวตั้ง..... 28
รูปที่ 4.6 ชุดป้องกันสายพาน..... 28
รูปที่ 4.7 ชิ้นงานตัวอย่างก่อนการขัด..... 29
รูปที่ 4.8 การขัดในช่องขัด..... 29
รูปที่ 4.9 การขัดด้านจานขัด..... 30
รูปที่ 4.10 ชุดสปริงดันให้สายพานตึง..... 30
รูปที่ 4.11 แผ่นรองการกดของชิ้นงานตัวอย่าง..... 31
รูปที่ 4.12 ชิ้นงานที่ผ่านการขัดหยาบโดยเครื่อง..... 31
รูปที่4.13 มอเตอร์..... 32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่3.1แผนการดำเนินงานปีการศึกษา 2546..... 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญของโครงงาน

การตรวจสอบสมบัติของวัสดุก่อนนำไปใช้งาน รวมทั้งการตรวจสอบโครงสร้างของชิ้นวัสดุ และการตรวจสอบหาสาเหตุของความเสียหายของชิ้นงาน หรือผลิตภัณฑ์มีด้วยกันหลายวิธี ซึ่งในแต่ละวิธีของการตรวจสอบสมบัติโครงสร้างของชิ้นงานนั้น ๆ การตรวจสอบสมบัติของชิ้นงานทดสอบเริ่มจาก การเตรียมตัวอย่างของชิ้นงานทดสอบเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ถ้าหากการเตรียมชิ้นงานทดสอบไม่ถูกสามารถทำให้การวิเคราะห์โครงสร้างผิดพลาดได้ เนื่องจากสมบัติทางกลและผลทางไฟฟ้าของชิ้นงานหรือชิ้นทดสอบขึ้นอยู่กับโครงสร้างจุลภาค (Microstructure) ของชิ้นทดสอบ ถึงแม้จะใช้กล้องส่องจุลทรรศน์ที่มีประสิทธิภาพดีก็ทำให้ภาพโครงสร้างออกมาผิดเพี้ยนหรือทำให้ไม่เป็นไปตามโครงสร้างของชิ้นงานทดสอบนั้น ดังนั้นในการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างเพื่อทำการตรวจสอบโครงสร้างทุกขั้นตอนจึงต้องมีความสำคัญต้องอาศัยทักษะรวมทั้งประสบการณ์และความประณีตอย่างสูง โดยปกติแล้วการเตรียมชิ้นงานทดสอบ (Specimen) ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1) การตัดจากพื้นที่ที่ต้องการจากชิ้นที่นำมาทดสอบ
2) การทำตัวเรือน
3) การขัดหยาบ
4) การขัดละเอียด
5) การกัดด้วยสารเคมี เช่น กรด ด่าง เป็นต้น

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อศึกษาทฤษฎีและหลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องขัดชิ้นงาน

เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องขัดชิ้นงานสำหรับใช้ในกระบวนการตรวจสอบดูโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงาน

## 1.3 ขอบเขตปริญญานิพนธ์

ออกแบบและเลือกใช้ในการติดตั้งเครื่องขัดชิ้นงาน

ออกแบบขนาดจานขัดชิ้นงานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน230 มิลลิเมตร ออกแบบที่ขัดชิ้นงานทดสอบแบบสายพานกระดาษทราย

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เครื่องขัดชิ้นงานขนาดจานขัดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 230 มิลลิเมตร ออกแบบที่ขัดชิ้นงานทดสอบแบบสายพานกระดาษทราย

เป็นแนวทางในการศึกษาหลักการสร้างเครื่องขัดชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเครื่องชี้นำงานก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการขัดละเอียดละเอียดในการตรวจสอบโครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น

## 2.1 วิธีการตรวจสอบโครงสร้าง [1:หน้า47-57]

### 2.1.1 การศึกษาโครงสร้างมหภาค (Macrostructure)

โครงสร้างมหภาค คือ การตรวจสอบด้วยตาเปล่าหรือใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยาย 5 เท่า หรือ ที่กำลังขยายไม่เกิน 50 เท่า เป็นการตรวจสอบที่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า ใช้ตรวจสอบหารอยร้าว รูพรุน การไหลของเม็ดเกรน เพื่อใช้ประโยชน์ในทางมาโครแฟรกโตกราฟี (Macro-fractography) ในกรณีการวิเคราะห์ความ เสียหายที่เกิดขึ้นโดยใช้เลนส์ขยายส่องดูลักษณะรอยแตกหัก

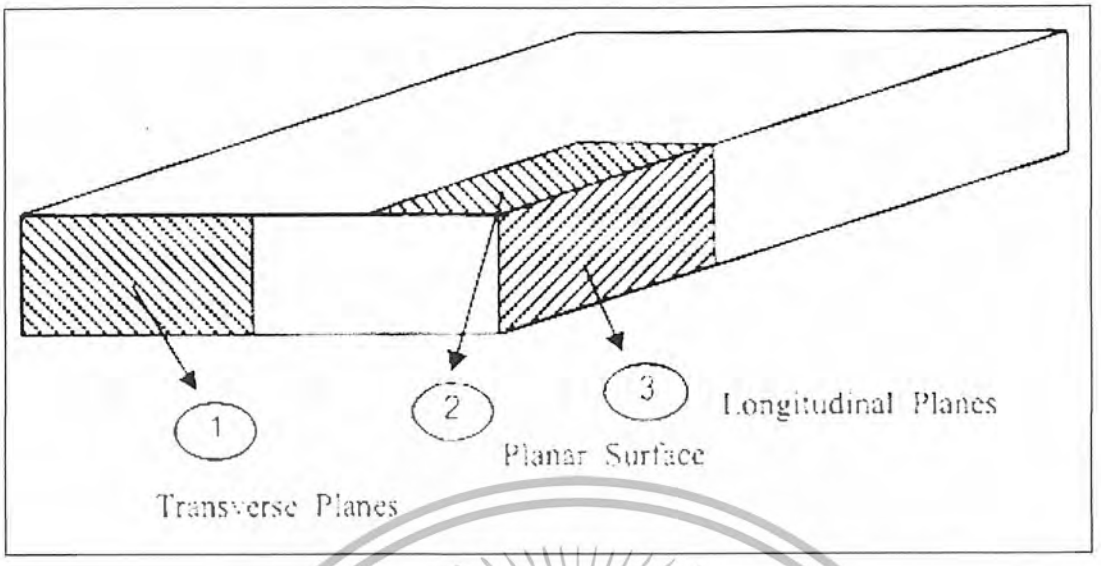
### 2.1.2 การศึกษาโครงสร้างจุลภาค (Microstructure)

โครงสร้างจุลภาค คือ การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยายสูง (20 เท่า ขึ้นจนถึงกำลังขยายสูงสุดที่ 1,000 เท่า) การตรวจสอบเพื่อหาประเภทของเม็ดเกรน โครงสร้างจากงานหล่อ การเปลี่ยนรูปของวัสดุ รอยร้าวแบบต่าง ๆ รูอากาศ และพวกสารมลทิน อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคที่กำลังสูงกว่า 1,000 เท่า โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) การคัดเลือกตัวอย่างที่จะนำมาตรวจสอบต้องเป็นชิ้นงานจริง เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบมีความเร็วประมาณ 150-500 รอบต่อนาที การจับต้องให้ระนาบกับกระดาษเคลื่อนที่อย่างช้า ๆ ไปในแนวเดิมเหมือนกับการขัดด้วยมือ และต้องมีน้ำหล่อเย็นและชะล้างเม็ดทรายฉีดลงบนจานหมุนหรือแนวกระดาษทรายสายพาน ชิ้นงานที่ตัดมาต้องได้ขนาดเหมาะสม

## 2.2 การคัดเลือกตัวอย่าง (Sample Selection)

ชิ้นงานตัวอย่างที่จะนำมาศึกษาโครงสร้างจุลภาคจะต้องเป็นตัวแทนชิ้นงานทั้งชิ้นที่นำมาทำการตรวจสอบจริง ๆ ดังนั้น การเก็บตัวอย่าง (sampling) ต้องกำหนดจำนวนชิ้นงาน ตำแหน่ง (location) และระนาบ (plane) ที่จะทำการตรวจสอบให้ถูกต้องตามความจำเป็นหรือมาตรฐานกำหนด โดยชิ้นงานแต่ละประเภทจะมีวิธีการเลือกที่จะนำมาตรวจสอบแตกต่างกัน เช่น ชิ้นงานที่ผ่านการรีด (rolling) ต้องตรวจสอบทั้งภาคตัดตามยาว (longitudial section) และภาคตัดตามขวาง (transverse section) โลหะที่ได้จากการเทหล่อ (casting) ต้องตรวจสอบด้านที่ขนานกับทิศทางการแข็งตัวของโลหะ สำหรับเหล็กเส้น (bar) ควรตรวจสอบบริเวณปลายทั้งสองด้านหรือบริเวณตรงกลาง ส่วนโลหะที่ผ่านการทุบหรือตีขึ้นรูป (forging) ให้ตรวจสอบระนาบที่ขนานกับทิศทางการไหล (flow) ของเนื้อวัสดุและที่สำคัญถ้าชิ้นงานมีรอยแตกควรเลือกชิ้นงานที่ห่างจากรอยแตกนั้น ๆ พอสมควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.1 ลักษณะการตัดชิ้นงาน

## 2.3 การเตรียมตัวอย่าง (Sample Preparation)

เมื่อเลือกบริเวณที่นำมาศึกษาโครงสร้างได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการเตรียมผิวตัวอย่างให้เรียบ และกัดด้วยสารเคมี เพื่อให้เกิดภาคโครงสร้างที่ชัดเจนขึ้น ถ้าการเตรียมไม่ดีถึงแม้ว่าจะใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีคุณภาพดีเท่าใดก็ตาม ก็ไม่สามารถเห็นโครงสร้างที่ถูกต้องแท้จริงของโลหะนั้นได้ และอาจทำให้การแปลความหมายของโครงสร้าง ผิดพลาดไป

วิธีการเตรียมผิวหน้าตัวอย่างมีอยู่ 6 ขั้นตอน

1) การตัด (cutting)
2) การทำตัวเรือน (mounting)
3) การขัดหยาบ (grinding)
4) การขัดละเอียด (polishing)
5) การกัดด้วยสารเคมี (etching)
6) การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์

### 2.3.1 การตัด (Cutting)

การตัดตัวอย่างเพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสม และเป็นตัวแทนของชิ้นงานขนาดใหญ่ได้จะช่วยให้การเตรียมผิวชิ้นงานสะดวกขึ้นและใช้เวลาน้อยลง องค์ประกอบที่มีผลต่อการตัดชิ้นงานขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาตัด วัสดุที่ทำใบตัด ความเร็วในการตัด และอัตราการป้อนชิ้นงานปริมาณและชนิดของสารหล่อเย็นที่ใช้ ในการตัดวัสดุ บางชนิดอาจจะเกิดความเสียหายที่ผิวซึ่งจะมีความลึกแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัสดุและวิธีการตัด ผิวที่เสียหายนี้สามารถกำจัดออกได้หลังจากที่นำไปขัดหยาบและขัดละเอียดต่อไป

การเลือกใบตัดจะขึ้นอยู่กับความแข็งและความเหนียวของวัสดุ เช่น เซรามิก จะตัดด้วยใบตัดที่ทำจากผงเพชร โลหะกลุ่มเหล็กจะตัดด้วยใบตัดที่ทำจากผงอลูมิเนียมออกไซด์ยึดประสานด้วยเบเคอไลท์ (bakelite) เมื่อเปรียบเทียบกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วใบตัดเพชรจะมีอายุการใช้งานนานกว่า เนื่องจากเม็ดผงตัดมีความแข็งสูงมาก ใบตัดชนิดนี้จะมีเม็ดผงตัดเคลือบอยู่ตามเส้นรอบวงของแผ่นจานโลหะ แต่ราคาจะแพง ส่วนใบตัดชนิดที่ทำจากผงอลูมิเนียมออกไซด์ ยึดประสานด้วยเบเคอร์ไลท์จะสึกเร็วแต่ราคาจะถูกกว่าชนิดแรก ใบตัดชนิดนี้เม็ดผงตัดจะถูกยึดด้วยตัวประสานทั่วทั้งใบ

### 2.3.2 การทำตัวเรือน (Mounting)

ตัวอย่างที่ตัดแล้วมีขนาดใหญ่อาจไม่จำเป็นต้องทำตัวเรือนก็สามารถจับขัดได้ แต่ตัวอย่างที่มีขนาดเล็กจำเป็นต้องมีการทำตัวเรือนเพื่อให้สะดวกในการถือจับและเตรียมตัวอย่างในขั้นตอนต่าง ๆ นอกจากนี้บางชิ้นงานต้องรักษาบริเวณขอบให้สมบูรณ์หรือรักษาความหนาของชั้นเคลือบก็มีความจำเป็นต้องทำตัวเรือน ก่อนทำตัวเรือนต้องทำความสะอาดตัวอย่างเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกซึ่งจะช่วยเพิ่มแรงยึดเกาะระหว่างผิวงานกับเรซิน โดยใช้เครื่องสั่นสะเทือนด้วยคลื่นเสียงอัลทราโซนิกส์ (ultrasonic)

เทคนิคการทำตัวเรือน (mounting technique) การทำตัวเรือนมี 2 แบบ คือ

-การทำตัวเรือนแบบร้อน (Hot mounting)

- การทำตัวเรือนแบบเย็น (Cold mounting)

**1.การทำตัวเรือนแบบร้อน (Hot mounting)** วิธีนี้ใช้ความดันและความร้อนอัดเรซินที่ทำเป็นตัวเรือน โดยวางผิวหน้าตัวอย่างที่ต้องการศึกษาลงบนไดย์ (die) บรรจุเรซินรอบตัวอย่าง แล้วให้ความร้อนและความดันจนเรซินหลอมหมด ทิ้งให้เรซินแข็งตัว ถ้าต้องการประหยัดเวลาอาจใช้ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำหรืออากาศ นำตัวอย่างที่ผ่านการทำตัวเรือนออกไปเตรียมผิวหน้าด้วยขั้นตอนอื่นต่อไป

เรซินที่ใช้มี 2 ประเภท

– เทอร์มอเซทติงเรซิน (thermosetting resin) การใช้เรซินชนิดนี้ต้องควบคุมความร้อนและความดันในขณะที่ทำตัวเรือน แต่สามารถนำออกจากเครื่องทำแบบที่อุณหภูมิสูง เทอร์มอเซทติงเรซินที่นิยมใช้ที่สุด คือ เบเคอไลท์

– เทอร์มอพลาสติกเรซิน (thermoplastic resin) การใช้เรซินชนิดนี้ต้องการความร้อนและความดันในขณะทำแบบเช่นกัน แต่ต้องทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้องภายใต้ความดัน เพื่อให้เกิดการหดตัวน้อยที่สุด ดังนั้นความยุ่งยากในการใช้งานของเรซินชนิดนี้จึงมีมากกว่าเทอร์มอเซทติงเรซิน ข้อดีคืออัตราการสึกเนื่องจากการขัดหยาบและขัดละเอียดจะน้อยกว่า แต่มีข้อเสียคือจะเกิดการบิดเบี้ยวของตัวเรือน เมื่อมีความร้อนเกิดขึ้นจากการขัดสูงเกินไป

**2. การทำตัวเรือนแบบเย็น (Cold Mounting)** เนื่องจากความร้อนและความดันสามารถทำให้ตัวอย่างโลหะบางชนิดเกิดความเสียหายหรือเปลี่ยนโครงสร้างได้ ดังนั้นจึงต้องใช้การทำตัวเรือนแบบเย็นแทนการทำตัวเรือนแบบร้อน วิธีนี้เรซินจะถูกผสมกับสารช่วยในการแข็งตัว (hardener) ที่อุณหภูมิห้องและไม่ต้องใช้ความดันในการทำแบบ เรซินที่ผสมแล้วจะถูกเทลงในแบบ (mold) ที่มีตัวอย่างวางผิวหน้าคว่ำไว้ เมื่อเรซินแข็งตัวสามารถถอดออกจากแบบได้ ปัจจุบันในท้องตลาดมีเรซินให้เลือกทั้งแบบชนิดผงและชนิดเหลวจำหน่าย

เรซินที่ใช้ทำตัวเรือนสามารถจำแนกได้ 3 ชนิดคือ

– อะครีลิค (acrylic) ใช้เวลาในการแข็งตัวประมาณ 30 นาที

– พอลิเอสเตอร์ (polyester) ใช้เวลาในการแข็งตัวนานกว่าอะครีลิค มีการหดตัวน้อยกว่าอะครีลิค และทนต่อสารเคมีที่ใช้ทางโลหะวิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

– อีปอกซี (epoxy) มีการหดตัวน้อยที่สุด ทนสารเคมี (ยกเว้นกรดเข้มข้น) เวลาในการแข็งตัวขึ้นอยู่กับชนิดที่บริษัทผู้ขายผลิตขึ้น

### 2.3.3 การขัดหยาบ (Grinding)

การขัดหยาบเป็นการกำจัดเนื้อโลหะที่เสียรูปเนื่องจากการตัด ขั้นตอนนี้เริ่มจากการขัดด้วยกระดาษทรายเรียงจากหยาบไปหาละเอียด เช่น เบอร์ 180 220 320 400 600 800 1,000 1,200 เป็นต้น การขัดด้วยกระดาษทรายนี้จำเป็นต้องป้องกันความร้อนที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการขัด โดยใช้น้ำไหลผ่านระหว่างตัวอย่างกับกระดาษทราย น้ำยังช่วยพาผงโลหะที่หลุดจากการขัดทิ้งไปด้วย การล้างมือผู้ขัดและล้างตัวอย่างช่วยป้องกันการพาผงโลหะจากเบอร์หยาบไปยังเบอร์ละเอียดอีกด้วย

การขัดควรขัดไปแนวเดียวกันตลอด ไม่หมุนตัวอย่างขณะขัด เมื่อรอยขัดอยู่ในทิศทางเดียวกันหมดจึงเปลี่ยนเบอร์ที่ละเอียดขึ้น โดยหมุนตัวอย่างให้ตั้งฉากกับรอยขัดเดิม แล้วขัดแบบนี้จนถึงเบอร์ที่ละเอียดที่สุด ล้างน้ำให้สะอาดและฉีดไล่ความชื้นด้วยแอลกอฮอล์แล้วเป่าให้แห้งก่อนจะนำไปขัดละเอียดต่อไป

### 2.3.4 การขัดละเอียด (Polishing)

ตัวอย่างเมื่อผ่านมาถึงขั้นตอนนี้จะถูกขัดด้วยผงขัด เพื่อให้ผิวเรียบปราศจากรอยขีดข่วน เป็นเงา ผงขัดที่ใช้ต้องเหมาะกับผ้าขัดและชนิดตัวอย่างที่จะขัด ปริมาณของผงขัดที่ใช้ขึ้นอยู่กับความแข็งของชิ้นงาน เพราะ ผงขัดจะทำให้ตัวอย่างสึกเร็วกว่า การใช้สารหล่อลื่นเพื่อช่วยในการขัดจะใช้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ วัสดุอ่อนใช้สารหล่อลื่นปริมาณมาก เพื่อป้องกันการเสียหายของผิวชิ้นงานและใช้ผงขัดน้อยเนื่องจากผงขัดสึกหรอน้อย สำหรับวัสดุแข็งใช้สารหล่อลื่นน้อยแต่ใช้ผงขัดปริมาณมาก เนื่องจากมีการสึกหรอของผงขัดเร็ว การใช้ความเร็วรอบ ในการขัดสูงเกินไปจะทำให้สิ้นเปลืองผงขัดและสารหล่อลื่น เพราะสารเหล่านี้จะถูกเหวี่ยงหลุดจากจานขัด ในกรณีที่ใช้แรงกดมากเกินไปจะทำให้เกิดความร้อนเนื่องจากการขัด

ชนิดของผงขัดที่ใช้ทั่วไปมีดังนี้

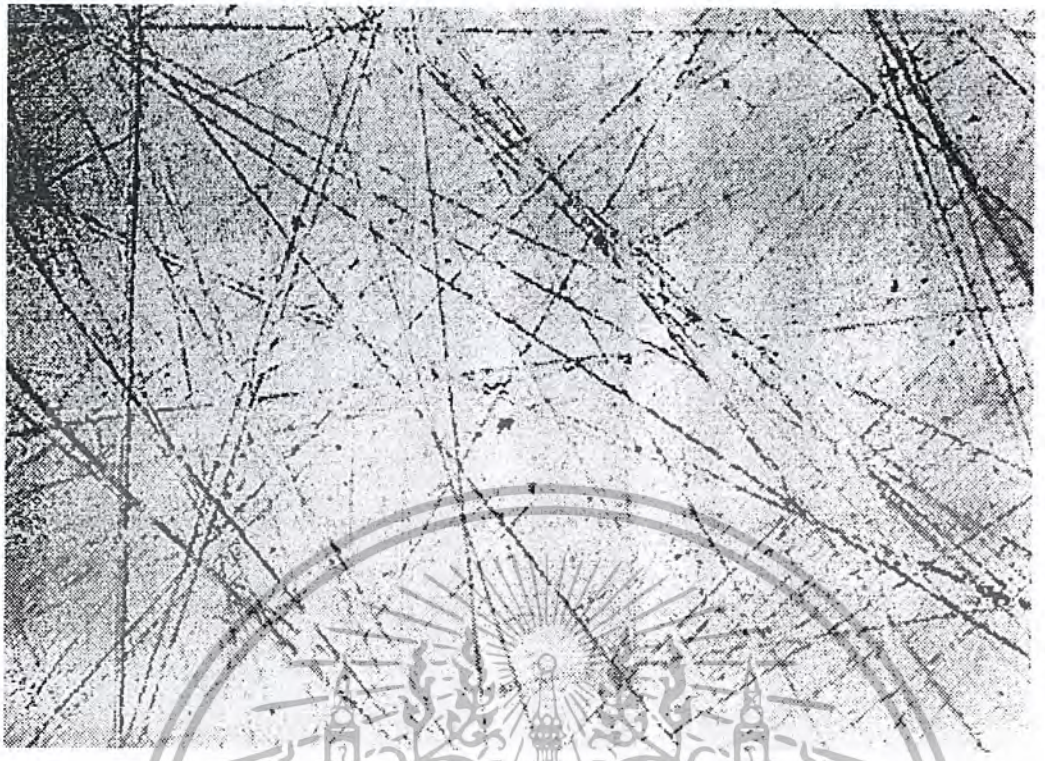
1. ผงขัดอลูมินา หรืออลูมิเนียมออกไซด์ มีทั้งชนิดผง (powder) หรือผสมในรูปคล้ายยาสีฟัน หรือชนิดที่เป็นสารแขวนลอย (suspension) ในกรณีที่เป็นชนิดผงจะต้องนำมาผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วนที่ขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะที่นำมาขัด ผงขัดจะมีขนาดต่าง ๆ กัน เช่น 1 0.3 และ 0.05 ไมครอน นิยมใช้ผงขัดชนิดนี้ในการขัดละเอียดโลหะเหล็ก

2. ผงขัดแมกนีเซียม หรือแมกนีเซียมออกไซด์ เหมาะสำหรับการขัดอลูมิเนียมและโลหะแมกนีเซียมผสม

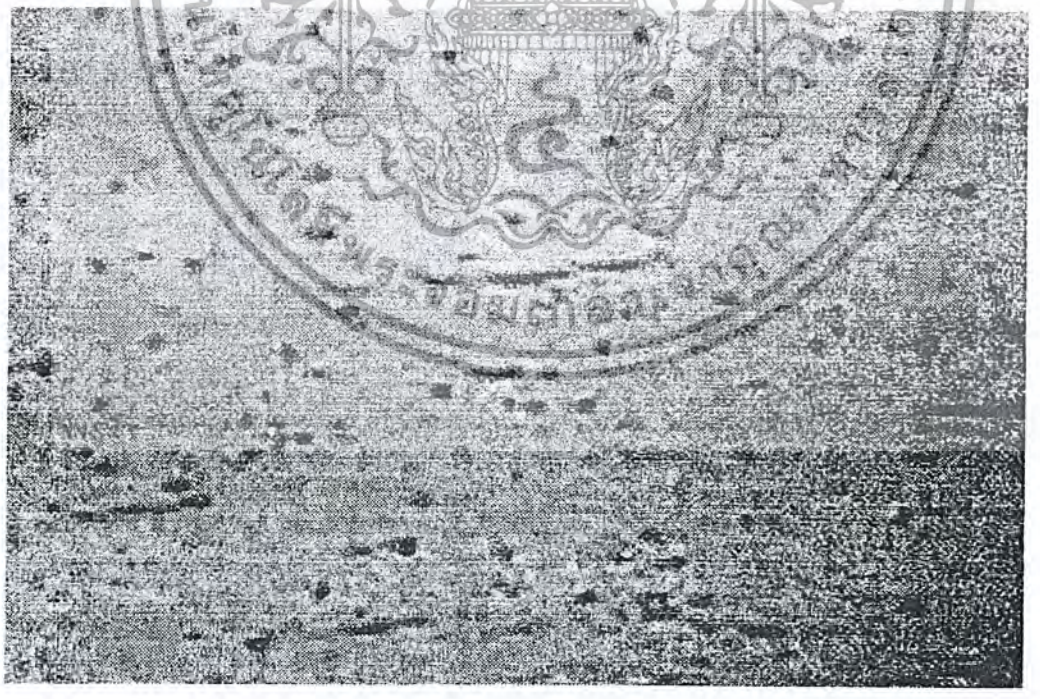
3. ผงโครเมียมออกไซด์ ใช้ขัดเหล็ก

4. ผงเพชร มีจำหน่ายในรูปครีมคล้ายยาสีฟันหรือสารแขวนลอย ผงเพชรมีราคาแพง แต่มีประสิทธิภาพในการขัดสูง ได้ระนาบดี ทำให้ลดเวลาขัดลง ผงเพชรสามารถนำไปขัดวัสดุได้ทุกชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

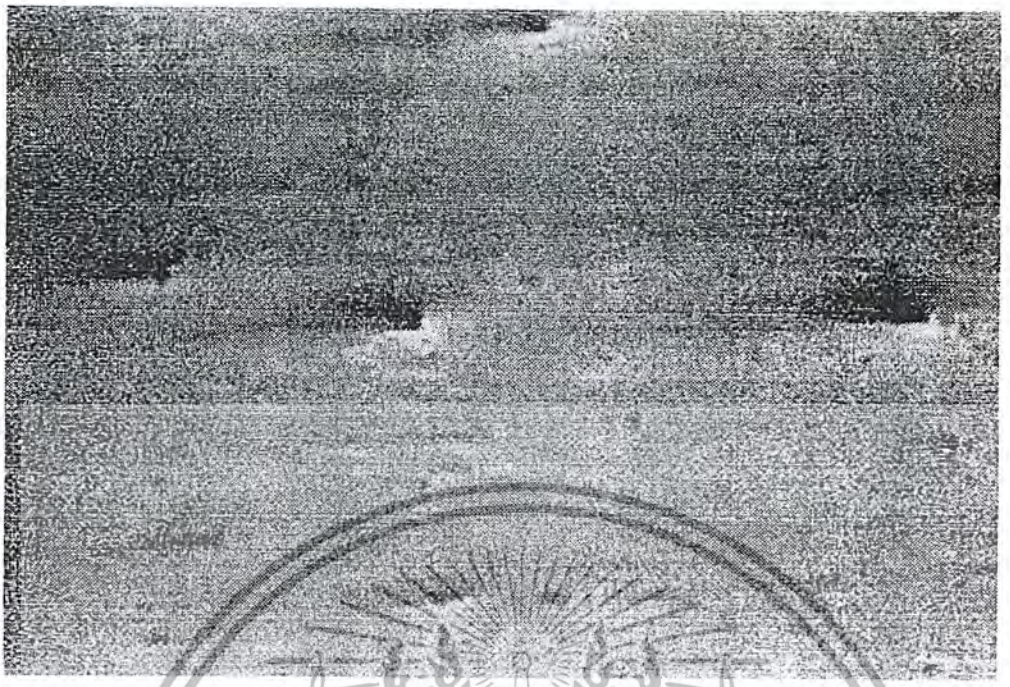


รูปที่ 2.2 ชิ้นงานที่มีตำหนิที่เกิดจากรอยขีดข่วน



รูปที่ 2.3 ชิ้นงานที่มีตำหนิที่เกิดจากการหลุดของกราไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ชิ้นงานที่มีตำหนิที่เกิดจากริ้วเป็นทาง

### 2.3.5 การกัดด้วยสารเคมี (Etching)

การกัดด้วยสารเคมี คือการทำปฏิกิริยาระหว่างผิวหน้าที่ขัดมันแล้วกับสารเคมีที่เรียกว่าสารกัด สารกัดจะทำปฏิกิริยากับพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างด้วยอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของเนื้อวัสดุบริเวณนั้น ผิวของชิ้นงานที่มีความสูงต่ำจะเกิดการกัดเซาะคล้ายการกัดเซาะผิวเปลือกโลก ทำให้เห็นความแตกต่างของยอดเขากับหุบเขา บริเวณขอบเกรนและในเกรนจะถูกกัดด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน จากกล้องจุลทรรศน์จะเห็นเกรนแยกออกเป็นขอบเขต

ด้วยแนวเส้นที่เรียกว่า ขอบเกรน ในความจริงแล้วเกรนมี 3 มิติ แต่โลหะเป็นสารทึบแสง จึงเห็นเพียงระนาบที่ตัดผ่านเกรนแต่ละเกรนเท่านั้น ขอบเกรนจะถูกกัดกร่อนได้เร็วกว่า เพราะการเรียงตัวของอะตอมในบริเวณนี้จะหลวมกว่าภายในเกรน เมื่อผ่านการกัดจะเห็นขอบเกรนเป็นสีดำเนื่องจากด้านเอียงของร่องที่ถูกกัด ทำให้แสงที่ตกกระทบกระจายมีเพียงบางส่วนที่สะท้อนเข้าตาผู้ดู บริเวณภายในเกรนจะปรากฏความแตกต่างของเงาสี (shade) เพราะความเอียงของแถวอะตอมต่าง ๆ กันภายในเกรน ดังนั้นผิวเกรนจะทำให้เกิดการสะท้อนแสงไปหาผู้ดู ปรากฏเป็นเงาสีที่แตกต่างกัน ความแตกต่างของเงาสีเป็นเพียงเงื่อนไขที่เกิดจากการตกกระทบและการสะท้อนของแสง

ตัวอย่างที่จะกัดด้วยสารเคมีต้องแห้งและสะอาด (ห้ามใช้นิ้วมือแตะถูกผิวหน้าชิ้นงาน) ควรใช้คีมคีบ จุ่มชิ้นงานลงในบีกเกอร์หรือภาชนะบรรจุสารเคมีโดยหงายชิ้นงานให้เห็นผิวหน้าด้านมันขึ้น การเลือกใช้สารเคมีขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะและเฟสที่ต้องการศึกษาภายในเวลาที่เหมาะสมดูความเปลี่ยนแปลงของการกัดด้วยกล้องจุลทรรศน์ เมื่อผิวเปลี่ยนจากเงาเป็นมัวเล็กน้อย ปกติจะใช้เวลา 2 ถึง 3 วินาทีจนถึงหลายนาที เวลาจะแปรตามอุณหภูมิของสารเคมี ที่ใช้และชนิดของตัวอย่างซึ่งผู้เตรียมจะสังเกตจากประสบการณ์ของตัวเอง การกัดด้วยสารเคมีที่ดีจะต้องทำให้ได้ภาพโครงสร้างที่ชัดเจน อย่างไรก็ตามในกรณีที่การกัดไม่เหมาะสม เช่น ใช้เวลาน้อยเกินไปสภาพโครงสร้างที่ตรวจสอบ

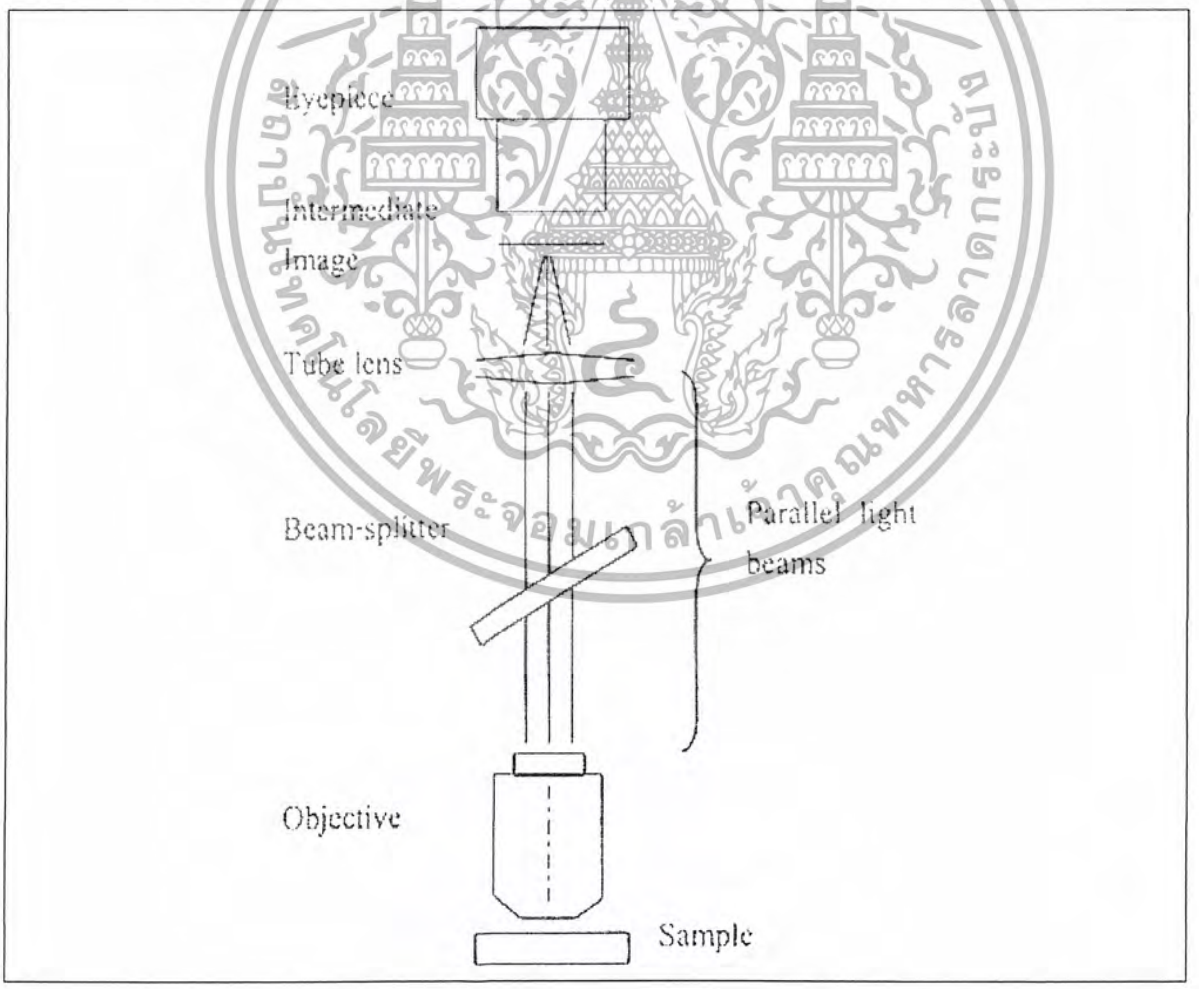
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะอยู่ในสภาวะที่เรียกว่า กัดเบาเกินไป (underetch) แต่ถ้าใช้เวลานานเกินไปโครงสร้างจุลภาคจะถูกสารเคมีกัดจนเสียหายไม่สามารถได้ภาพโครงสร้างที่ชัดเจน ซึ่งจะเรียกว่า กัดรุนแรงเกินไป (overetch) การกัดด้วยสารเคมีควรทำกัดเบาเกินไป มากกว่ากัดรุนแรงเกินไป เพราะสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ง่ายกว่าโดยนำไปกัดด้วยสารเคมีใหม่ เมื่อทำการกัด ดีแล้วขจัดล้างการกัดออกโดยใช้น้ำที่ไหลอยู่ตลอดเวลา หลังจากนั้นจึงนำมาฉีดแอลกอฮอล์แล้วทำให้แห้ง ในกรณีวัสดุบางประเภท เช่น โลหะที่เกิดออกซิเดชันได้ง่าย การล้างน้ำอาจจะไม่เหมาะสม ควรล้างด้วยแอลกอฮอล์หรืออะซีโตน ซึ่งจะได้ผลดีกว่า

### 2.3.6 การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์

กล้องจุลทรรศน์สำหรับงานโลหะวิทยาจะแตกต่างจากกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ในทางชีววิทยาเนื่องจากโลหะเป็นวัตถุทึบแสง จึงต้องอาศัยหลักการตกกระทบและสะท้อนแสงของผิวหน้าที่เรียบของชิ้นงาน

แหล่งกำเนิดแสงซึ่งอาจเป็นแสงจากธรรมชาติหรือแสงจากหลอดไฟส่องสว่างไปกระทบตัวอย่างแล้วเกิดการสะท้อนแสงเข้าสู่เลนส์รวมแสง (condender) ผ่านตัวกลางอากาศ โดยเลนส์วัตถุ (obfective lens) จากนั้นเข้าสู่เลนส์ตา (eyepieces lens) จะทำหน้าที่ในการขยายภาพ ทำให้มองเห็น โครงสร้างของชิ้นงาน




**รูปที่ 2.5 หลักการโดยทั่วไปของกล้องจุลทรรศน์**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้องจุลทรรศน์ลำแสงธรรมดามีกำลังขยายตั้งแต่ 50 ถึง 1,000 เท่า เลนส์วัตถุที่ใช้มี 2 แบบ คือ แบบเปียกกับแบบแห้ง แบบแห้งใช้กำลังขยายต่ำ แบบเปียกใช้กำลังขยายสูง คำว่าเปียกหรือแห้ง หมายถึง สื่อ (media) ระหว่างเลนส์วัตถุกับตัวอย่าง แบบแห้งสื่อคืออากาศ แบบเปียกสื่อคือน้ำมัน ซึ่งมีดัชนีการหักเหแสงสูง เมื่อใช้น้ำมันเพื่อเพิ่มความคมชัดในการขยายภาพ ควรต้องระวังเรื่องการทำความสะอาดเลนส์ด้วย

## 2.4 ข้อควรระวังในการเตรียมผิวตัวอย่าง

1. ล้างมือและชิ้นงานให้สะอาดทุกครั้งในระหว่างขั้นตอนต่าง ๆ ของการเตรียมชิ้นงาน
2. อย่าให้มีความชื้นในสารกัดและแอลกอฮอล์ เพราะจะทำให้เกิดคราบบนชิ้นงาน
3. อย่าแตะผิวตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมแล้วเพราะจะทำให้เกิดรอยนิ้วมือจากคราบไขมันได้
4. เมื่อเตรียมตัวอย่างเสร็จเรียบร้อย ต้องเก็บในเดซิกเคเตอร์ (desiccator) เพื่อไม่ให้ตัวอย่างถูกความชื้น
5. ควรทำเครื่องหมายเพื่อช่วยให้จดจำได้ว่าเป็นชิ้นงานอะไร
6. เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการเตรียมจะทำให้โครงสร้างเปลี่ยนไป จึงต้องมีการ หล่อเย็นอยู่ตลอดเวลา

## 2.5 เครื่องจักรกลและเครื่องมือกลพื้นฐาน

วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันย่อมมีคุณสมบัติและคุณลักษณะที่แตกต่างกันไปด้วย สำหรับวัสดุที่ผ่านกระบวนการผลิตแล้วถูกนำไปใช้เพื่อผลิตสินค้าโดยผ่านกรรมวิธีตบแต่งขึ้นรูปแบบต่าง ๆ ยิ่งมีความจำเป็นที่จะต้องรู้ภูมิหลังของวัสดุนั้น ทั้งนี้เพื่อการเลือกใช้วิธีการทำงานให้เหมาะสมอันจะทำให้สินค้ามี คุณภาพและต้นทุนผลิตต่ำ ในการออกแบบผลิตภัณฑ์จากโลหะมักจะเน้นในรูปแบบหรือรูปร่างที่ง่ายต่อการผลิตหรือแปลงรูปร่างและวัสดุหรือโลหะนั้นจะต้องราคาถูก

วัสดุที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตจะมีรูปร่างและคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่ง หากนำมาผ่านกรรมวิธีการตัดก็จะทำให้เกิดการวินิจฉัยทางเลือกในเครื่องมือที่ใช้ตัด วิธีการทำงานและอุปกรณ์ประกอบการตัดแตกต่างกันออกไป อย่างไรก็ตาม การผลิตสินค้าหรือชิ้นงานที่มีขนาดคงที่มีผิวงานราบเรียบ หรือรูปร่างเปลี่ยนไปจากเดิม การเลือกใช้เครื่องมือกล (Machine) มีความจำเป็น ส่วนจะเป็นเครื่องมือกลแบบใดนั้นย่อมแล้วแต่ลักษณะงานวิธีการใช้เครื่องจักรกลผลิตชิ้นงานที่เรียกว่า กรรมวิธีการผลิตโดยเครื่องจักรกล (Machining)

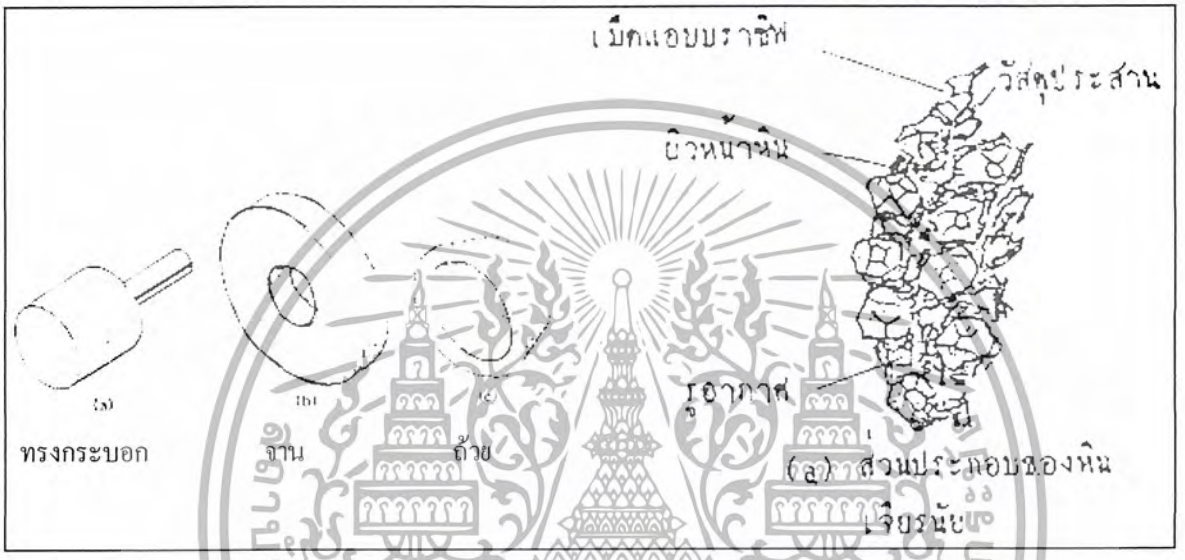
## 2.6 เครื่องมือกลที่ใช้หินเจียรนัย (Abrasive Wheels) [2:หน้า60-62]

การเจียรนัย (grinding) เป็นกระบวนการตัดโลหะที่ให้ความเที่ยงตรงสูงในปัจจุบันการเจียรนัยได้รับการพัฒนาขึ้นมาก ทั้งในด้านเครื่องมือกลและในด้านคุณภาพของหินเจียรนัย ในสมัยก่อนถ้าสามารถควบคุมขนาดความคลาดเคลื่อนของงานเจียรนัยได้ไม่เกิน $\pm 0.025$ mm. ก็ถือว่าเป็นผลงานที่น่าพอใจแล้ว แต่ทุกวันนี้เราอาจควบคุมขนาดความคลาดเคลื่อนของงานเจียรนัยได้ถึงไม่เกิน $\pm 0.006$ mm. (ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะหินเจียรนัย)

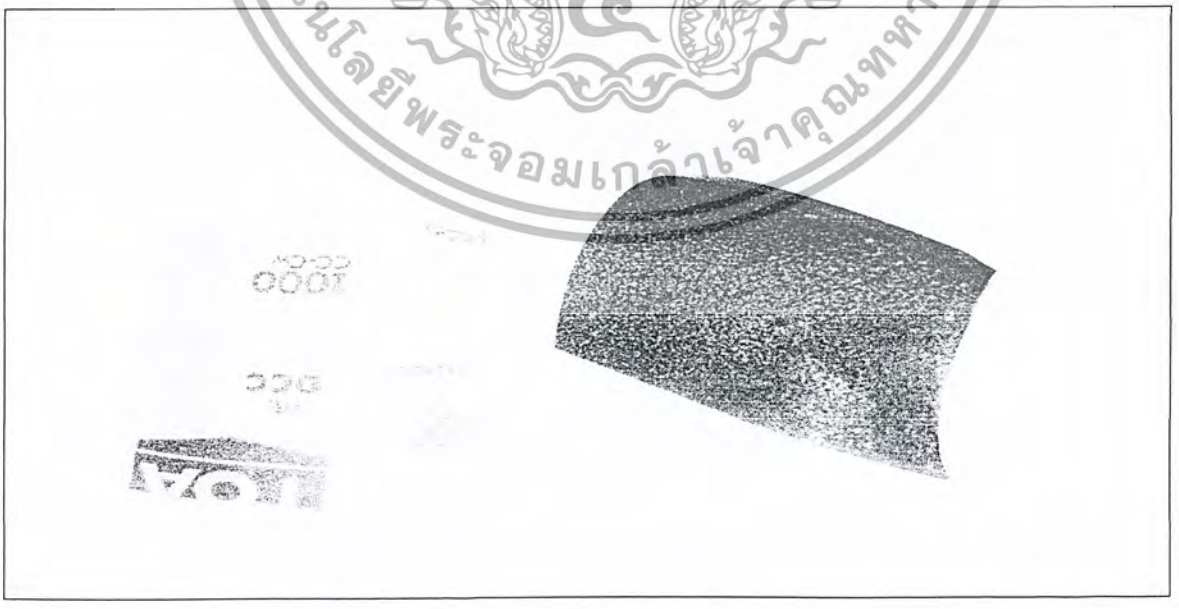
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.6.1 หินเจียรนัย (Grinding Wheel or Abrasive Wheel)

กล่าวได้ว่าหินเจียรนัย คือ มีดตัดหลายคมอย่างหนึ่ง ซึ่งมีคมตัดที่ผิวมากมายจนนับไม่ถ้วน และคมตัดเหล่านั้นมีรูปร่างไม่แน่นอน ด้วยเหตุนี้เอง ถึงแม้ว่าการตัดโลหะของหินเจียรนัยจะมีลักษณะคล้ายกับการตัดโลหะของคัตเตอร์กัด แต่เศษโลหะที่เกิดขึ้นจะมีรูปร่างและขนาดแตกต่างกัน ไม่สม่ำเสมอเหมือนกับเศษโลหะที่ได้จากการตัดโลหะ หินเจียรนัยมีรูปร่างหลายอย่าง การใช้หินเจียรนัยแบบใดขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการเจียรนัย และประเภทของเครื่องเจียรนัย รูปร่างของหินเจียรนัยที่เรามักพบอยู่เสมอดังรูป




รูปที่ 2.6 หินเจียรนัย



รูปที่ 2.6 (e) กระดาษทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.6.2 ส่วนประกอบของหินเจียรนัย

**1. เม็ดแอบบราซีฟ** (Abrasive Grain) เป็นวัสดุแข็งเม็ดเล็ก ๆ ในหินเจียรนัยขอบคมของเม็ดแอบบราซีฟที่ยื่นออกมาจากผิวหินเจียรนัยนี้ จะทำหน้าที่ตัดโลหะ วัสดุที่นิยมนำมาทำเม็ดแอบบราซีฟมี 2 ชนิดคือ ซิลิกอน คาร์ไบด์ (SiC) และอลูมิเนียม ออกไซด์ ($Al_2O_3$) ตามปกติมักเรียกหินเจียรนัยโดยถือเอาชนิดของเม็ดแอบบราซีฟเป็นหลัก เช่น หินเจียรนัยชนิดซิลิกอนคาร์ไบด์ หรือ หินเจียรนัยชนิดอลูมิเนียม ออกไซด์ เป็นต้น หินเจียรนัยชนิดซิลิกอนคาร์ไบด์เหมาะกับโลหะที่ไม่มีส่วนผสมของเหล็ก ส่วนหินเจียรนัยชนิดอลูมิเนียม ออกไซด์เหมาะกับเหล็กกล้า และโลหะผสมที่มีเหล็กเป็นส่วนผสมหลัก

**2. ขนาดของเม็ดแอบบราซีฟ** (Grain Size Or Grit Size) ในการผลิตเม็ดแอบบราซีฟ มีการนำเอาวัสดุแบบราซีฟมาย่อยให้เป็นเม็ดเล็ก ๆ ขนาดของเม็ดวัดได้ด้วยวิธีใช้ตะแกรงร่อน ดังนั้นขนาดของเม็ดแอบบราซีฟ จึงกำหนดเป็นเบอร์ตะแกรง เม็ดแอบบราซีฟสำหรับทำหินเจียรนัยมีขนาดตั้งแต่เบอร์ 8 ถึง 600 หินเจียรนัยที่มีเม็ด แอบบราซีฟใหญ่สามารถตัดโลหะได้เร็วกว่าหินเจียรนัยที่มีเม็ดแอบบราซีฟขนาดเล็ก แต่ผิวโลหะหยาบกว่า

**3.** วัสดุประสาน (Bond) วัสดุที่ใช้ประสานยึดเม็ดแอบบราซีฟให้ติดกันเป็นหินเจียรนัยมีอยู่หลายชนิด ชนิดที่นิยมใช้ถึง 75% ของหินเจียรนัยคือ ไวตริไฟด์ บอนด์ (vitrified bond) วัสดุประสานชนิดนี้ทำให้หินเจียรนัยมีความแข็งแรงสูง ทนต่อแรงกระแทกได้ดี และทนต่อน้ำ น้ำมัน และกรด นอกจากไวตริไฟด์ บอนด์แล้ว ยังมีซิลิเกตบอนด์ (silicate bond) เชลแลก บอนด์ (shellac bond) เป็นต้น

**4. ความแข็งแรงของวัสดุประสาน** (Grade) ความแข็งแรงของวัสดุประสานคือ ความสามารถในการยึดเหนี่ยวเม็ดแอบบราซีฟให้ติดกัน คุณสมบัติเช่นนี้ ของวัสดุประสานขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุประสาน และจำนวนวัสดุประสานที่อยู่โดยรอบเม็ดแอบบราซีฟ

ในโรงงานมักเรียกหินเจียรนัยที่สึกหรอในขณะเจียรนัยได้ง่ายว่า "หินเจียรนัยอ่อน" และเรียกหินเจียรนัยที่สึกหรอได้ยากกว่า "หินเจียรนัยแข็ง" คำ 2 คำนี้ หมายถึง ความแข็งแรงของวัสดุประสาน หรือเกรด (grade) ของหินเจียรนัยนั่นเอง การกำหนดความแข็งแรงของวัสดุประสานตามมาตรฐานสากลใช้ตัวอักษร ค่าความแข็งแรงเพิ่มขึ้นตามตำแหน่งของตัวอักษร

**5. โครงสร้าง (Structure)** โครงสร้างของหินเจียรนัย หมายถึง ความหนาแน่นในเนื้อหินเจียรนัย หินเจียรนัยที่มีความหนาแน่นน้อย เนื้อหินโปร่ง มีรูอากาศมาก และมีระยะห่างระหว่างเม็ดแบบราซีฟมาก หินเจียรนัยที่โครงสร้างโปร่ง มีอายุการใช้งานน้อยกว่า พวกที่มีความหนาแน่นมาก ๆ แต่มีข้อดีตรงที่ระบายความร้อนจากการเจียรนัยได้ดี เกิดความร้อนในการเจียรนัยน้อย ในการกำหนดขนาดความหนาแน่นของหินเจียรนัย กำหนดเป็นตัวเลขถ้าตัวเลขยิ่งต่ำความหนาแน่นยิ่งสูง

**6.เม็ดขัดเคลือบผิว (Coated Abrasive)**เมื่ออนุภาคของเม็ดขัดถูกนำมาติดเข้ากับกระดาษหรือแผ่นรองหลังที่ยืดหยุ่นได้ด้วยกาว จะเรียกว่า เม็ดขัดเคลือบผิว (Coated abrasive) ผลิตภัณฑ์โดยสามัญ ได้แก่ กระดาษทราย จานขัดและสายพานขัด ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับในเครื่องเจียรนัยแบบสายพาน โดยเม็ดขัดใด ๆ ที่ใช้ในการผลิตล้อหินอาจประยุกต์ใช้ได้ในวิธีการนี้สำหรับกระดาษทรายที่เป็นเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ เม็ดขัดจะเป็นควอทซ์ขัด (Quartz) ที่ขุดขึ้นมาเป็นก้อนใหญ่, บดให้ได้ขนาดและแยกระดับคุณภาพ เม็ดขัดธรรมชาติที่สำคัญอีกตัวหนึ่งคือโกเมนสีแดงโดยในโกเมนประเภทต่าง ๆ นั้น อัลมันไดท์ (almandite) จะเป็นวัสดุที่ดีที่สุดสำหรับการทำเป็นเม็ดขัด เนื่องจากมีความคมและแข็งกว่า หินเหล็กไฟรวมทั้งเมื่อเกิดการแตกตัวจะให้ผลึกที่มีคมตัดจำนวนมาก เม็ดขัดธรรมชาติอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้แก่ คอรันดัมและ อีเมอรี่ ส่วนเม็ดขัดสังเคราะห์ที่นิยมกันมาก 2 ชนิด คือ ซิลิกอนคาร์ไบด์และอลูมิเนียมออกไซด์

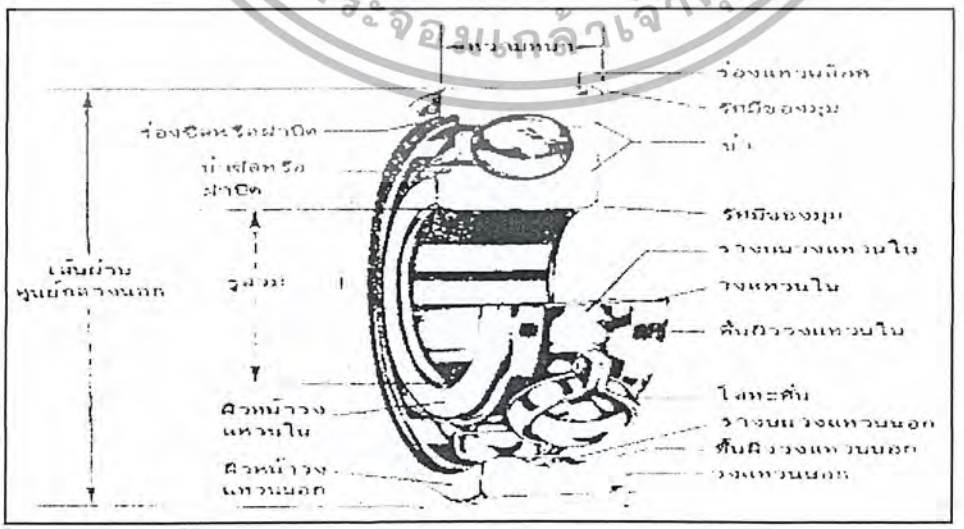
ชนิดของวัสดุรองหลัก ได้แก่ กระดาษ ผ้า เส้นใย ผ้ากระดาษ (paper cloth) และเส้นใยผ้าวัสดุรองหลัง แต่ละชนิดจะมีคุณลักษณะที่แน่นอน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการประยุกต์ใช้งานโดยเฉพาะ

## 2.7 เพลา(Shaft)

เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุน และใช้ในการส่งกำลังในการใช้งาน เพลาอาจจะรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงดัด หรือแรงหลายอย่างรวมกันก็ได้ ดังนั้น การคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วย แรงเหล่านี้ยังอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลา ทำให้เพลาเสียหายเพราะความล้าได้ ฉะนั้นจึงต้องออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนั้นเพลายังจะต้องมีความแข็งแกร่ง (Rigidity) เพียงพอเพื่อลด มุมบิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดจำกัดที่พอเหมาะ ระยะโก่ง (Deflection) ของเพลาก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดเพลาเช่นเดียวกัน เพราะถ้าเพลามีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุนทำให้ความเร็ววิกฤตของเพลาลดลง ซึ่งอาจทำให้เพลามีการสั่นอย่างรุนแรง ในขณะที่ความเร็วของเพลาเข้าใกล้ความเร็ววิกฤตนี้ได้ ระยะโก่งนี้ยังมีผลต่อการเลือกชนิดของที่รองรับเพลา เช่น บอลแบริ่ง (Ball bearing) ก็ต้องมีการเยื้องแนว (Misalignment) ในการใช้งานที่พอเหมาะกับเพลาด้วย

## 2.8 โรลลิ่งแบริ่ง(Rolling Bearings)

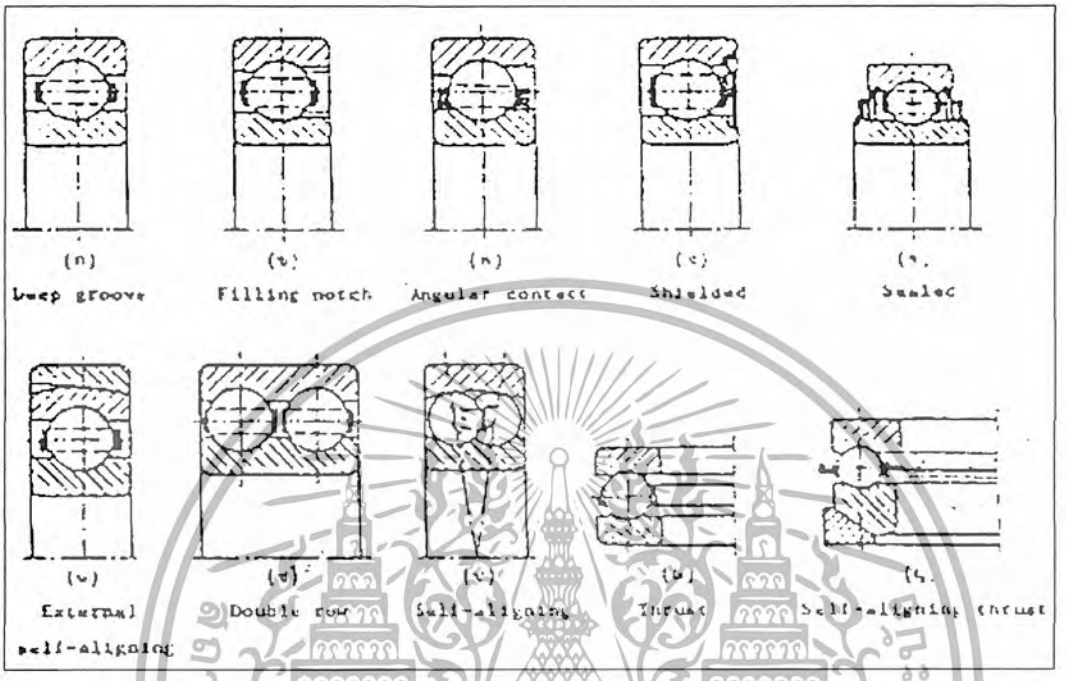
โรลลิ่งแบริ่ง (Rolling Bearings) หมายถึง แบริ่งชนิดที่รับแรงโดยอาศัยชิ้นส่วนของแบริ่งที่มีลักษณะเป็นผิวสัมผัสแบบกลิ้ง (Rolling Contact) แทนที่จะเป็นผิวสัมผัสแบบเลื่อนไถล (Sliding Contact) เนื่องจากแบริ่งชนิดนี้มีค่าความเสียดทานน้อยมาก ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งที่นิยมใช้กันทั่วไปในวงการอุตสาหกรรมว่า แอ็นทิฟริคชั่นแบริ่ง (Anti – Friction Bearing) ตัวอย่าง เช่น บอลแบริ่ง (Ball Bearing) หรือตลับลูกปืน (ดังรูป) ซึ่งประกอบด้วยวงแหวนเหล็กกล้าสองวงที่แยกออกจากกันด้วยลูกกลิ้งทรงกลม ลูกกลิ้งเหล่านี้รับแรงมาจากวงแหวนวงหนึ่งแล้วส่งแรงนี้ ผ่านไปยังวงแหวนอีกวงหนึ่ง โดยการกลิ้งไปบนวงแหวน



**รูปที่ 2.7 ส่วนต่าง ๆ ของบอลแบริ่ง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปแล้วโรลลิ่งแบริ่งจะแบ่งออกได้ 2 พวกใหญ่ ๆ คือ บอลแบริ่งซึ่งมีลูกกลิ้ง (Rolling Element) เป็นรูปทรงกลม และโรลเลอร์แบริ่ง (Roller Bearing) ซึ่งมีลูกกลิ้งเป็นรูปทรงกระบอกตรง หรือทรงกระบอกเรียวก็ได้ ซึ่งในแต่ละชนิดก็ยังแบ่งออกได้อีกตามความเหมาะสมแก่การใช้งานต่างกันไป




รูปที่ 2.8 บอลแบริ่งชนิดต่าง

**ทฤษฎีการประเมินอายุการใช้งานของแบริ่ง**

-อายุการใช้งาน (Life) ของโรลลิ่งแบริ่ง คือ จำนวนรอบของการหมุน (หรือจำนวนชั่วโมงใช้งานที่ความเร็วคงที่) ก่อนจะเกิดความล้าขึ้นในลูกกลิ้งหรือวงแหวน

-อายุประเมิน (Rated Life) คือ การนำแบริ่งมาจำนวนหนึ่งแล้วนำมาทดลองทั้งหมดตามจำนวนรอบกำหนดทุกตัว ถ้าพบว่า 90% ของจำนวนแบริ่งทั้งหมดไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากความล้าแทนสัญลักษณ์การใช้งานนี้ด้วย $L_{10}$

-อายุประเมินเฉลี่ย (Medium Life) $L_{50}$ คือ การนำแบริ่งทุกตัวมาทดสอบจนพัง แล้วจึงหาอายุการใช้งานเฉลี่ยของแบริ่ง

สมการการประเมินอายุการใช้งานของแบริ่ง

$$L_{10} = \frac{10^6 (C/P)^b}{60\ n} \qquad (2.1)$$

โดย

| | | |
|---|---|---|
| $L_{10}$ | = | อายุประเมิน (Hr) |
| P | = | โหลดจลน์เทียบเท่า |
| C | = | ค่าความสามารถในการรับโหลด |
| b | = | ค่าคงที่ของแบริ่ง |
| n | = | ความเร็วรอบ (Rpm) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการหาแรงสมมูล

$$P = X V F_r + Y F_a \quad (2.2)$$

$$p = V F_r \quad (2.3)$$

โดย

$P$ = แรงสมมูล

$F_r$ = แรงในแนวรัศมี

$F_a$ = แรงในแนวแกนหรือแรงรุน

$V$ = ตัวประกอบการหมุน (rotation factor) : มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อวงแหวนในหมุนและ 1.2 เมื่อวงแหวนนอกหมุน

$X$ = ตัวประกอบแรงในแนวรัศมี

$Y$ = ตัวประกอบแรงรุน

## 2.9 สายพาน (Belts)

การส่งกำลังโดยใช้สายพาน เป็นการส่งกำลังแบบอ่อนตัวได้ (flexible) ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับการส่งกำลังโดยใช้เฟือง ข้อดีก็คือ มีราคาถูกและใช้งานง่าย รับแรงกระตุกและการสั่นสะเทือนได้ดี ขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง เหมาะสำหรับการส่งกำลังระหว่างเพลาที่อยู่ห่างกันมาก ๆ และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ เป็นต้น แต่มีข้อเสีย คือ อัตราทดไม่แน่นอนมักเนื่องมาจากการสลิป (slip) และการครีพ (creep) ของ สายพาน และต้องมีการปรับระยะห่างระหว่างเพลาหรือปรับแรงดึงในสายพานระหว่างใช้งาน นอกจากนี้ยังไม่อาจใช้งานที่มีอัตราทดสูงมากได้ ซึ่งมักใช้กับอัตราทดไม่เกิน 5

### 2.9.1 ล้อสายพานลิ่มและขนาดสายพาน

ในการกำหนดขนาดจึงมักกำหนดโดยใช้ความกว้างพิตช์ (pitch width) และความหนาสายพานโดยใช้ตัวอักษรแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานลิ่มแคบ (narrow V-belts) มีขนาด SPZ SPA และ SPC และสายพานลิ่มแบบธรรมดา มีขนาด Y Z A B C D และ E

### 2.9.2 การคำนวณหาขนาดของสายพานลิ่ม

การเลือกขนาดของสายพานมีวิธีคำนวณหาจำนวนของสายพานลิ่มที่ต้องการใช้งานจากกำลังงานที่ต้องการขับและตัวประกอบที่ต้องใช้แก้ไขต่าง ๆ จำนวนเส้นของสายพานลิ่มหาได้จากสมการ

$$Z = \frac{(W_p - N_s)}{(P_R \cdot N_a \cdot N_l)} \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

| | | |
|---|---|---|
| $Z$ | = | จำนวนเส้นของสายพานลิ่ม |
| $W_p$ | = | กำลังงานที่ต้องการส่ง |
| $N_s$ | = | ตัวประกอบใช้งาน |
| $N_a$ | = | ตัวประกอบการแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส |
| $N_l$ | = | ตัวประกอบการแก้ไขความยาวสายพาน |
| $P_R$ | = | กำลังที่สายพานลิ่ม 1 เส้นส่งได้ |

## 2.10 การเชื่อมต่อ(Welded Joints)

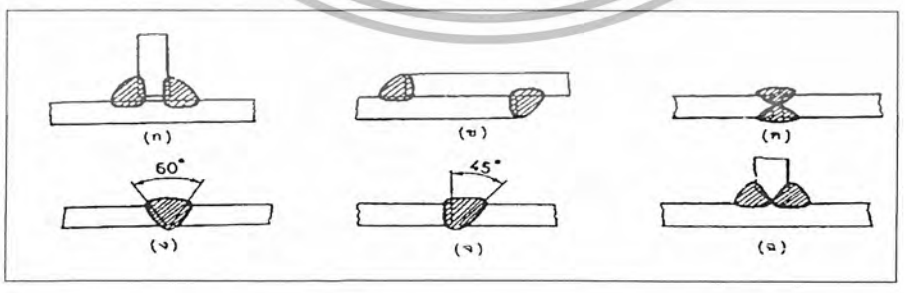
การเชื่อมต่อ (Welded Joints) เป็นวิธีการต่อชิ้นงานเข้าด้วยกัน ซึ่งนิยมใช้กันมากในงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ สำหรับรอยเชื่อมซึ่งต้องรับแรงสูง นิยมใช้วิธีการเชื่อมด้วยไฟฟ้า (Arc Welding) การเชื่อมด้วยแก๊ส (Gas Welding) และการเชื่อมด้วยความต้านทานไฟฟ้า (Resistant Welding) การเชื่อมมีหลายวิธี

### 2.10.1 การเชื่อมด้วยไฟฟ้า

การเชื่อมด้วยวิธีนี้มักเรียกกันทั่ว ๆ ไปว่าการเชื่อมไฟฟ้าโดยใช้ลวดเชื่อม (Lecrode) เป็นตัวนำไฟฟ้าและในขณะเดียวกันโลหะลวดเชื่อมก็จะละลายลงไป ณ รอยที่ต้องการเชื่อมด้วย ลวดเชื่อมมักจะห่อหุ้มไว้ด้วยสารชนิดหนึ่งเรียกว่า ฟลักซ์ (Flux) ซึ่งจะระเหยกลายเป็นแก๊สในขณะทำการเชื่อม แก๊สนี้จะช่วยป้องกันมิให้เกิดออกซิเดชั่น (Oxidation) ที่รอยเชื่อม ซึ่งเป็นการช่วยให้คุณภาพของรอยเชื่อมดีขึ้น

### 2.10.2 ชนิดของรอยเชื่อม

ชนิดของรอยเชื่อมที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป มีการเชื่อมมุม และการเชื่อมต่อชน รูปที่ 2.10 (ก) และ 2.10 (ข) เป็นการเชื่อมมุม ความหนาของรอยเชื่อมมุมไม่จำเป็นจะต้องเท่ากับความหนาของแผ่นโลหะ รูปที่ 2.10 (ค), (ง), (จ) และ (ฉ) เป็นการแสดงรอยต่อชนชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีส่วนเสริมอยู่ด้วย ซึ่งถ้าไม่ต้องการให้มีก็ตะไบออกได้




**รูปที่ 2.9 รอยเชื่อมชนิดต่าง ๆ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

## 2.11 สปริง

สปริงเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอีกชนิดหนึ่ง ที่เป็นตัวให้แรงดึง แรงกด หรือแรงบิด ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวขยับไปมาและยังทำหน้าที่รับและส่งถ่ายพลังงาน เช่น การลดการสั่นสะเทือน สปริงถูกนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง วัสดุที่ใช้ทำสปริงส่วนใหญ่จะเป็นโลหะ หรือถ้าเป็นงานที่รับภาระเบาอาจจะใช้พลาสติกได้ในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีการสั่นสะเทือน ก็จะใช้แท่งยางทำสปริง เช่น แท่งยางรองรับมอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องยนต์ ในอุปกรณ์นิวเมติก เป็นต้น ซึ่งในส่วนของผู้จัดทำได้ใช้แท่งยางรองฐานเครื่อง

สปริงทั่วไป จำแนกตามรูปร่างได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ สปริงขด (wire spring) และสปริงแบน (flat spring)

### 2.11.1 สปริงรับแรงกด (Compression spring)

สปริงรับแรงกด หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า สปริงกด แบบที่ใช้งานทั่ว ๆ ไปมี 4 แบบ ปลายของสปริงจะราบเรียบสปริงปลายแบบ squared หรือ closed จะทำได้โดยแต่งปลายไม่ให้มีมุมเอียง การส่งถ่ายแรงไปยังสปริงให้ได้ดีจะสามารถทำได้โดยเจียรนัยปลายให้เรียบ

รูปแบบของปลายขดสปริง จะส่งผลต่อการทำงาน ดังนั้น ในการนับจำนวนรอบของขดสปริงที่ใช้งาน (number of active coils) จะต้องหักออกด้วยจำนวนรองของขดสปริงที่ไม่ได้ใช้งาน (number of inactive coils)

$$N = N_T - N_D \qquad (2.5)$$

เมื่อ $N$ = จำนวนรอบของสปริงที่ใช้งาน

$N_T$ = จำนวนรอบของสปริงทั้งขด

$N_D$ = จำนวนรอบของสปริงที่ไม่ใช้งาน

จำนวนรอบของสปริงที่ไม่ใช้งาน ($N_D$) ของสปริงที่ปลายมีรูปแบบต่าง ๆ ได้ระบุไว้ดังนี้

| | | | |
|---|---|---|---|
| ปลายเป็นแบบ | plain end ทั้งสองข้าง | $N_D$ = | 1/2 |
| ปลายเป็นแบบ | square ทั้งสองข้าง | $N_D$ = | 1 |
| ปลายเป็นแบบ | square และ ground | $N_D$ = | 2 |
| ปลายเป็นแบบ | Plain และ ground | $N_D$ = | 1 |

### 2.11.2 วัสดุสปริง (Spring materials)

สปริงได้ทำการผลิตโดยใช้ วิธี hot-working process หรือ cold-working-processes ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของวัสดุทำสปริง ค่าดรรชนีของสปริง และความต้องการด้านคุณสมบัติโดยทั่วไปจะไม่ใช้ลวดสปริงที่ผ่านการทำให้แข็งมาแล้ว ถ้าอัตราส่วนระหว่าง D/d น้อยกว่า 4 หรือ d โตกว่า 6 mm. ในการม้วนลวดสปริงจะก่อให้เกิดความเค้นตกค้างอยู่ ดังนั้นหลังจากเมื่อม้วนสปริงเสร็จแล้วจะทำการลดความเค้น (Stress relieved) โดยการ อบด้วยความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ ๆ

วัสดุสปริงสามารถหาได้ง่ายและมีมากมายหลายชนิดในการทำโครงงานครั้งนี้จะเลือกใช้จากตาราง ซึ่งได้แก่ เหล็กกล้าคาร์บอน (plain carbon steels) เหล็กกล้าผสม (alloy steels) และเหล็กกล้าทนการกัดกร่อน (corrosion resisting steels) ซึ่งมีคุณภาพดีเท่า ๆ กับวัสดุประเภท nonferrous phosphor bronze สปริงทองเหลือง (spring brass) ทองแดงเบอรีเลียม (beryllium copper) และโลหะผสมนิเกจ (nickel alloys) ชนิดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



55639

# บทที่ 3

# การออกแบบและการดำเนินงาน

สำหรับเนื้อหาในบทนี้ผู้จัดทำขอกล่าวถึงการดำเนินการออกแบบเครื่องขัดชิ้นงานเพื่อใช้ในการตรวจสอบดูโครงสร้างจุลภาคของโลหะและอโลหะตั้งแต่การเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่จะใช้สร้างเครื่องชิ้นส่วน ต่าง ๆ รวมทั้งการวางแผนในการคำนวณและการออกแบบเครื่องจะใช้หนังสือคู่มือประกอบการสอนวิชา 164 325 Metal Machining หรือการตัดโลหะโดยเครื่องมือกล มาใช้ในการออกแบบและคำนวณเพื่อให้มีความปลอดภัยในการทำงาน มีความแข็งแรงทนทานและเหมาะสมให้มากที่สุด

## 3.1 การออกแบบโครงสร้าง

แบบเครื่องขัดชิ้นงาน มีดังนี้

1)แบบจานขัดแนวตั้ง

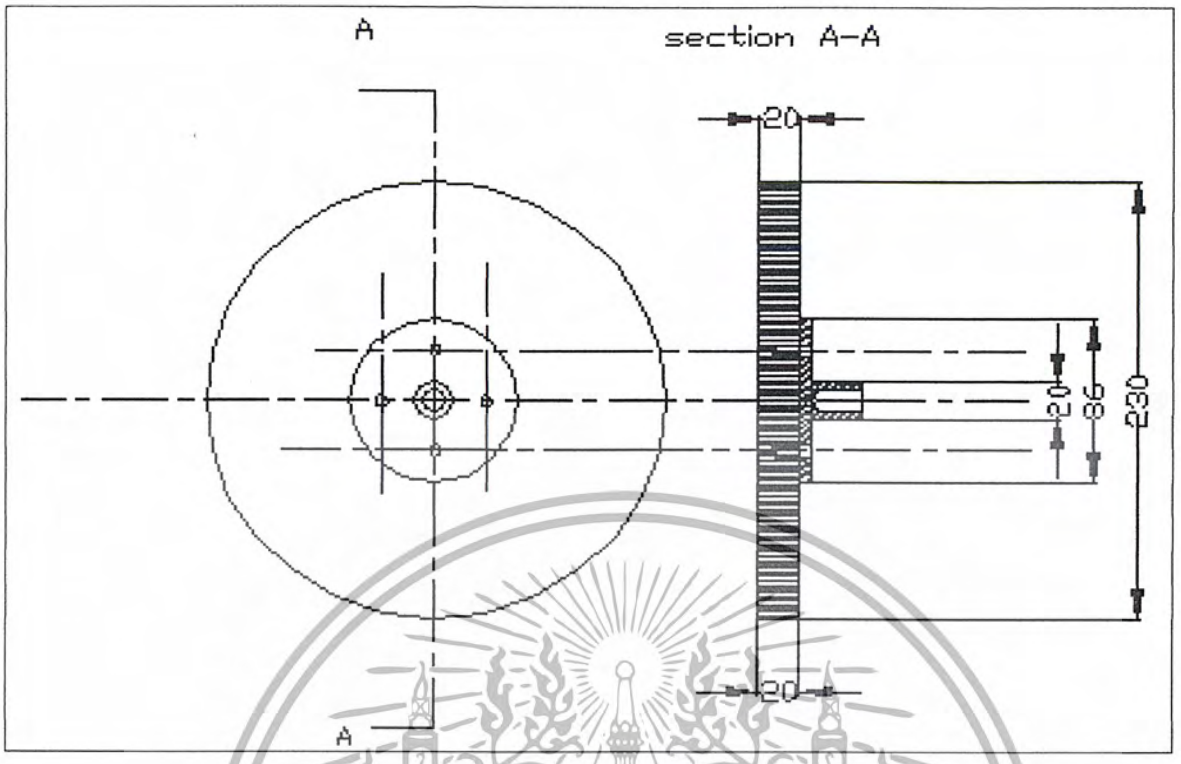
2)แบบช่องสำหรับขัดชิ้นงาน

3)แบบชุดสปริงดันให้สายพานตึง

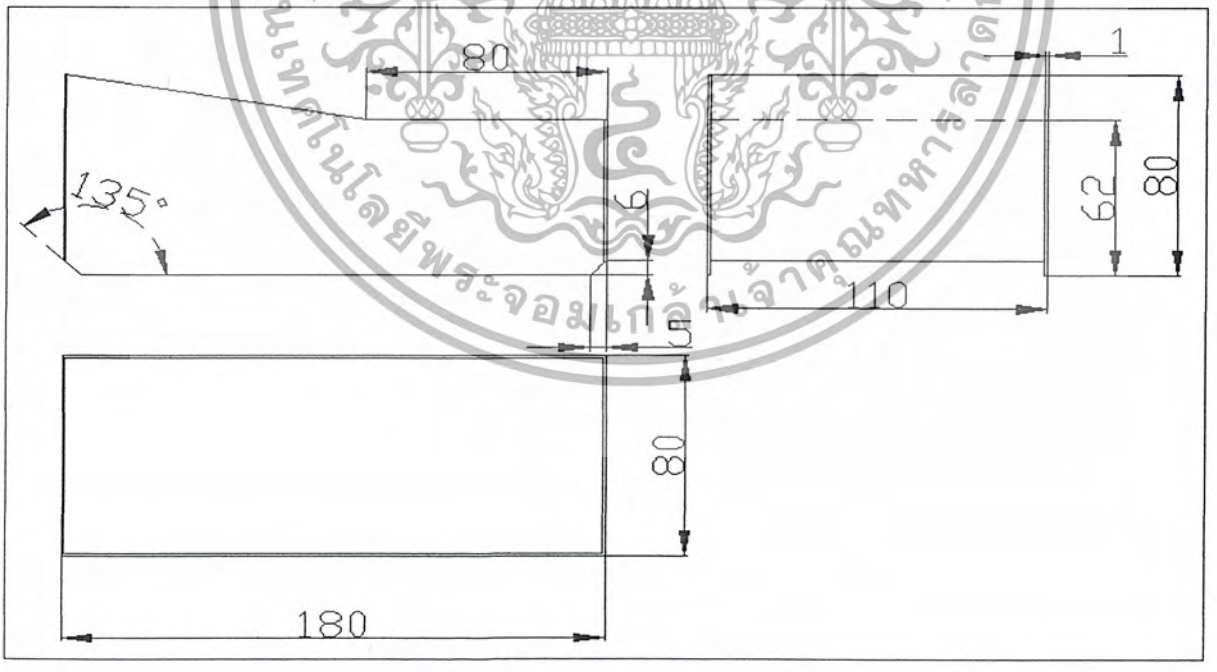
4)แบบโครงสร้างเครื่องขัดชิ้นงาน

5)แบบฐานวางชิ้นงานขัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

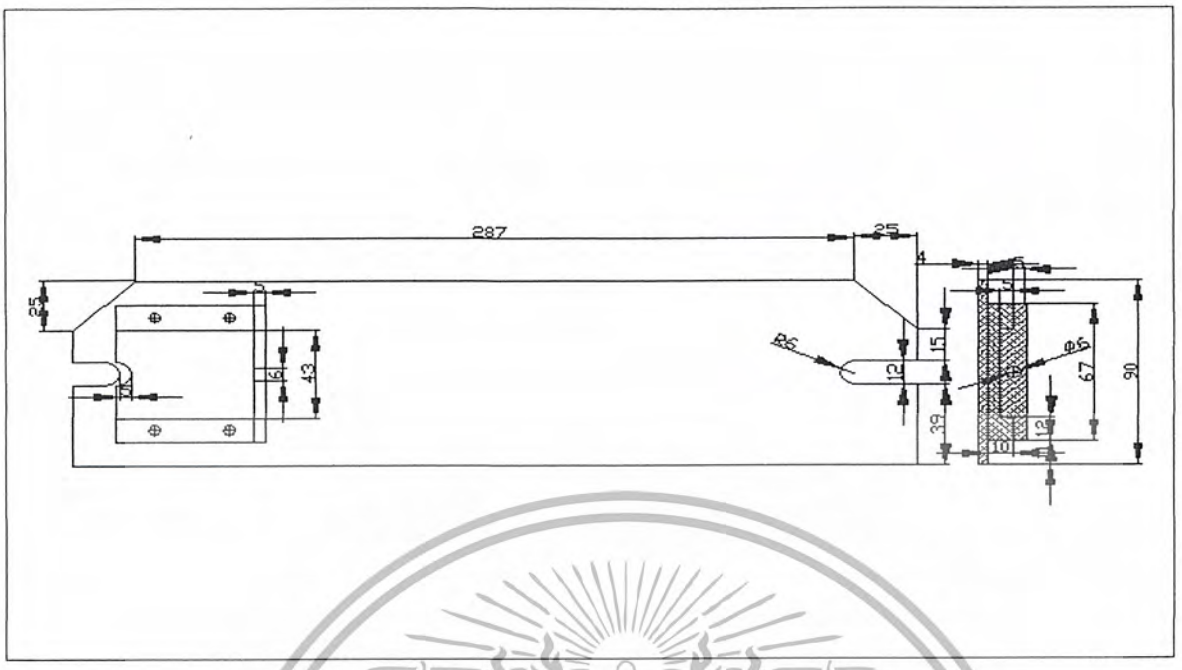



รูปที่3.1 แบบจานขัดแนวตั้ง

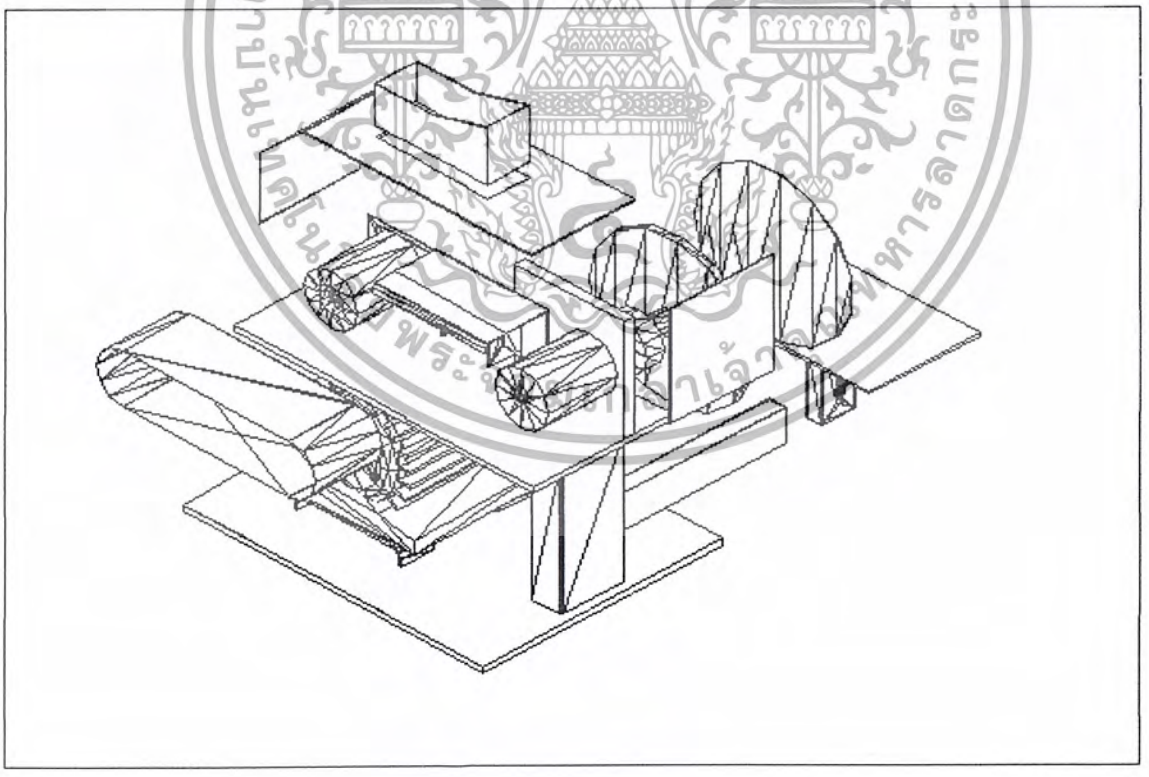



รูปที่ 3.2 แบบช่องสำหรับขัดชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

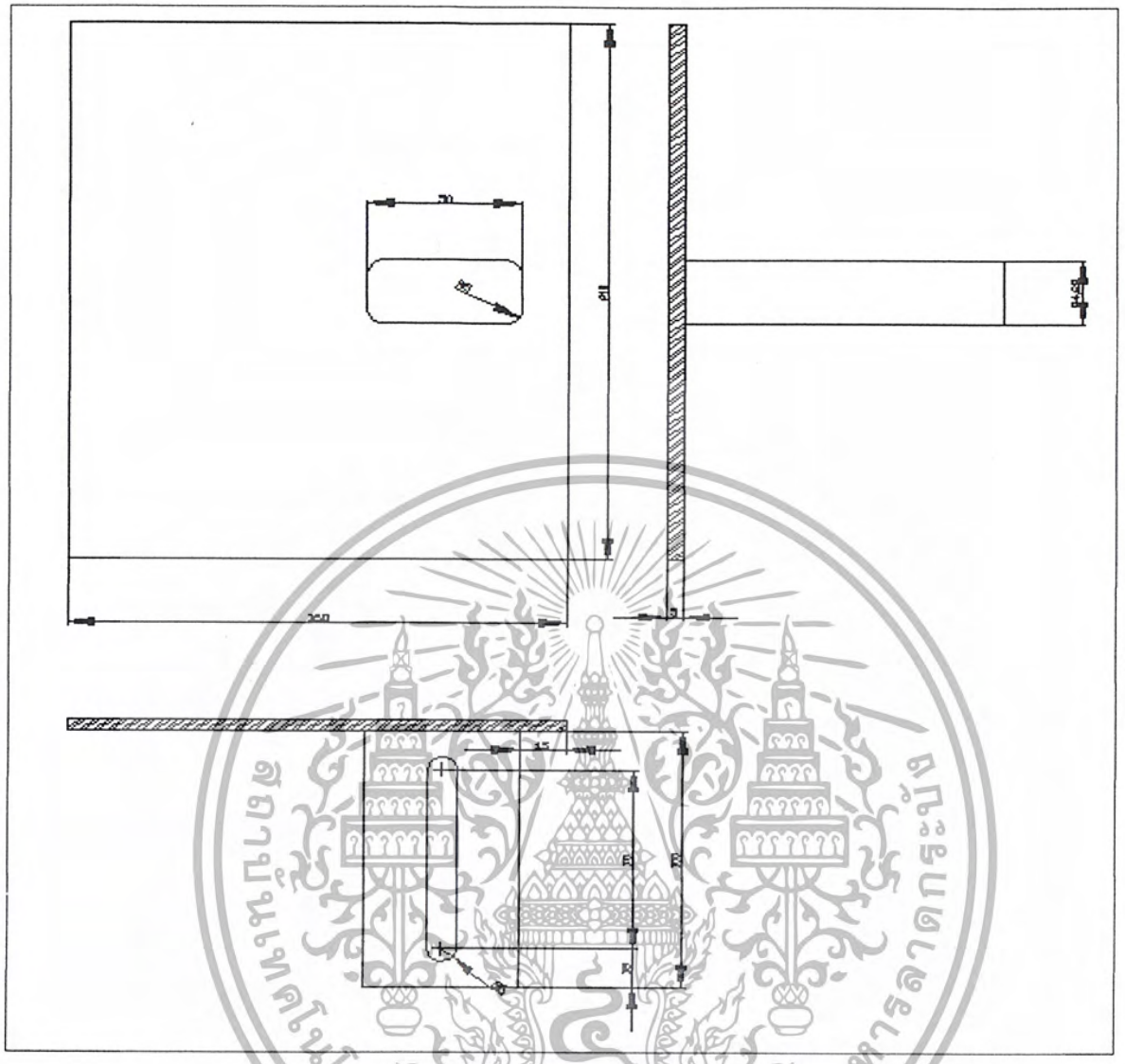



**รูปที่ 3.3** แบบชุดสปริงดันให้สายพานตึงสายพาน



**รูปที่ 3.4** แบบโครงสร้างเครื่องขัดชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แบบฐานวางชิ้นงานขัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 แผนการดำเนินงานปีการศึกษา 2546

**ตารางที่3.1แผนการดำเนินงานปีการศึกษา 2546**

| No | กิจกรรม | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ | มี.ค. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | ดำเนินการและศึกษาทฤษฎี และค้นคว้าข้อมูล | ——— | ——— | ——— | | | | | | | |
| 2. | ดำเนินการออกแบบรวมทั้ง แก้ไขปรับปรุงแบบ | | | ——— | ——— | | | | | | |
| 3. | ดำเนินงานสร้างด้าน ฮาร์ดแวร์ | | | | ——— | ——— | ——— | ——— | | | |
| 4. | ดำเนินการแก้ไขปรับปรุง ด้านฮาร์ดแวร์ | | | | | | ——— | ——— | ——— | | |
| 5. | ดำเนินการสรุปผลด้าน ฮาร์ดแวร์ | | | | | | | ——— | ——— | ——— | |
| 6. | ดำเนินการรวบรวมเอกสาร | | | | | | | | ——— | ——— | |
| 7. | ดำเนินการเกี่ยวกับเอกสาร | | | | | | | | ——— | ——— | |
| 8. | ดำเนินการปรับปรุงและ เพิ่มเติม | | | | | | | | | ——— | |
| 9. | สรุปผลการดำเนินงาน | | | | | | | | | ——— | ——— |

## 3.3 การสร้างเครื่องขัดชิ้นงาน

ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานต่าง ๆ ของเครื่องขัดชิ้นงาน (ขัดหยาบ) เป็นการรวมขั้นตอนการผลิตตั้งแต่ลำดับแรก ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- เก็บข้อมูลในการสร้างเครื่องขัดชิ้นงาน
- เก็บรายละเอียดโดยการออกแบบและเก็บข้อมูลด้านราคาของวัสดุ
- เสนอรายละเอียดพร้อมเสนออาจารย์
- ซื้อวัสดุและอุปกรณ์ เช่น กระดาษทรายและสายพานกระดาษทราย
- จัดทำล้อขับ (พิมพ์ลาย)
- จัดทำล้อตามจัดทำ
- จัดทำฐานรองเครื่อง
- จัดทำจานขัด

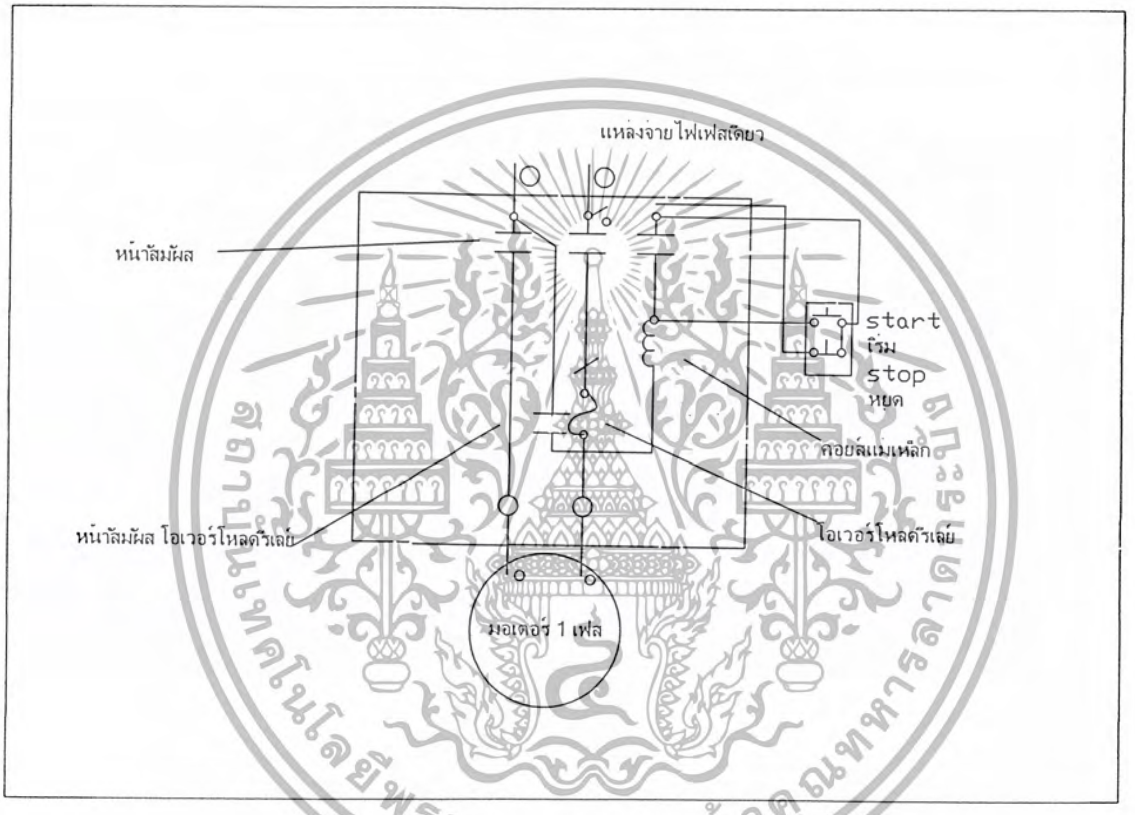
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เจาะรูฐานรองเครื่อง
- จัดทำฝาปิดด้านข้าง
- แผ่นยึดเพลา พร้อมทั้งเจาะรูเพื่อสวมเพลา
- จัดทำชุดยึดระหว่างแผ่นยึดเพลากับชุดสไลด์
- ทำชุดสไลด์ ที่ใช้สำหรับถอดสายพานพร้อมทั้งติดตั้งสปริง
- ทำเพลาที่ใช้สำหรับสวมอัดกับล้อขับ (พิมพ์ลาย)
- ทำเพลาล้อตามพร้อมอัดลูกปืน
- กลึงเกลียวเพลาล้อตามพร้อมยึดกับชุดถอดสายพาน
- ยึดเพลาล้อขับพร้อมใส่พูเล่
- ประกอบจานขัด
- ทำแผ่นอลูมิเนียม 2 ชิ้น ประกบล้อตาม
- ยึดจานขัดเข้ากับเพลาล้อขับ
- จัดทำที่รองขัดสำหรับวางชิ้นงาน
- จัดทำตัวยึดมอเตอร์
- ประกอบมอเตอร์เข้ากับโครงพร้อมใส่สายพาน
- ทำหูหิ้วสำหรับยกเครื่อง
- ทำการทาสีเพื่อป้องกันการเกิดออกไซด์
- ประกอบฝาข้าง
- ติดตั้งระบบควบคุม
- จัดทำฝาครอบสายพานป้องอันตราย
- จัดทำโต๊ะวางเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.4 การควบคุม

สวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic Switch) เป็นสวิตช์ที่ใช้ เปิด – ปิด วงจรของมอเตอร์ด้วยอำนาจของแม่เหล็ก โดยการควบคุมของสวิตช์ปุ่มกดเพื่อให้แม่เหล็กทำงานดึงให้หน้าสัมผัสของคอนแทกเตอร์ ปิด – เปิด เพื่อตัดและต่อวงจรมอเตอร์ เมื่อต้องการหยุดมอเตอร์ หลักการทำงานโดยทั่วไป คือ ต่อสวิตช์ปุ่มกดเข้ากับวงจรของขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กในสวิตช์แม่เหล็ก อำนาจแม่เหล็กจะดึงแกนเหล็ก ทำให้หน้าสัมผัส สัมผัสกันเป็นการต่อวงจรมอเตอร์ให้ทำงาน




**รูปที่ 3.6 แสดงวงจรควบคุมมอเตอร์แบบ 1 เฟส**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการดำเนินงาน

ในการจัดทำปริญญานิพนธ์เรื่อง "เครื่องขัดชิ้นงาน" ส่วนนี้เป็นการแสดงผลการสร้างและการทดสอบ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่วางไว้ โดยการจัดสร้างเครื่องและการทดสอบเครื่อง รวมถึงรายละเอียดต่าง ๆ ของเครื่องขัดชิ้นงาน เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้อย่างเหมาะสมกับประเภทของการใช้งานต่อไป

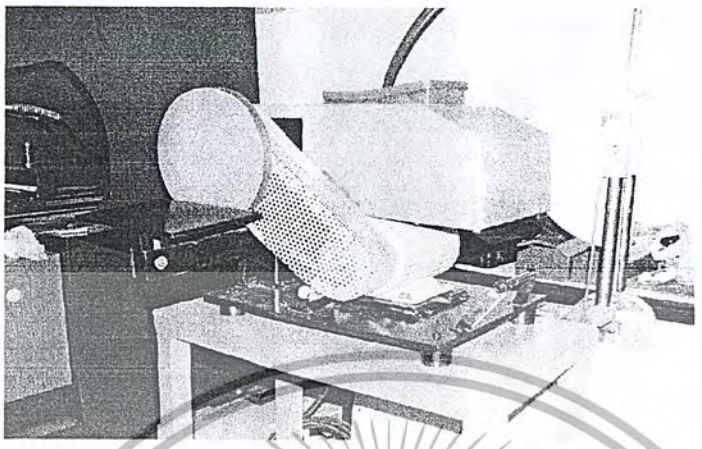
## 4.1 ผลการออกแบบ

การออกแบบเครื่องขัดชิ้นงาน โดยการนำหลักการของเครื่องมือกลที่ใช้หินเจียรนัยเป็นพื้นฐานการออกแบบ โดยใช้ล้อขับสายพานเป็นแท่งอลูมิเนียมพร้อมขึ้นลายเฉียงสลับไขว้ $45^{\circ}$ กัน พร้อมทั้งอัดแบริ่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 13.5 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 30 มิลลิเมตร ส่วนล้อตามจะกลึงเรียบไม่ขึ้นลาย อัดแบริ่ง 2 ฝั่ง ส่วนของล้อขับและล้อตามมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 มิลลิเมตร มีความยาวขนาด 110 มิลลิเมตร ใช้กระดาษทรายสายพานขนาด 110.6 x 152.4 มิลลิเมตร จานขัดเป็นพลาสติกชนิดเทอร์โมเซตติ้ง มีความหนา 20 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 230 มิลลิเมตร ใช้มอเตอร์ต้นกำลัง 1 เฟส ขนาด 0.2 กิโลวัตต์ ความถี่ 50 เฮิรท์ 220 โวลท์ ความเร็วรอบ 1410 รอบต่อนาที โดยความเร็วในการทำงาน 400 รอบต่อนาที ใช้พูเล่ที่มีอัตราทด 1 ต่อ 2 ใช้กับสายพานรูปตัววี (A 32) จำนวน 1 เส้น ช่องขัดมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดความกว้าง 110 มิลลิเมตร ความยาว 180 มิลลิเมตร เป็นแผ่นโลหะมีขอบยาวรองด้านบน ส่วนฐานรองชิ้นงานสามารถปรับขึ้นลงตามระดับได้ มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

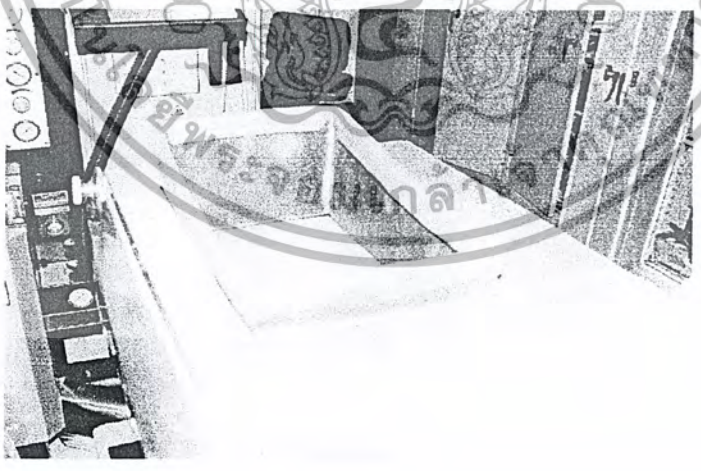
## 4.2 ผลการสร้าง

ดำเนินการสร้างเครื่องขัดชิ้นงาน ตามที่ได้ออกแบบไว้จนแล้วเสร็จตามวัตถุประสงค์ และได้ทดสอบ โดยตั้งข้อกำหนดไว้คือขนาดของชิ้นงานตัวอย่างที่ใช้สำหรับขัดหยาบมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 50 มิลลิเมตร ความหนาของชิ้นงานทดสอบ 30 มิลลิเมตร สำหรับขัดในช่องขัด ส่วนผลการสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบแสดงไว้ดังรูปภาพต่อไปนี้ (ดูรายละเอียดแบบเพิ่มได้ที่ภาคผนวก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

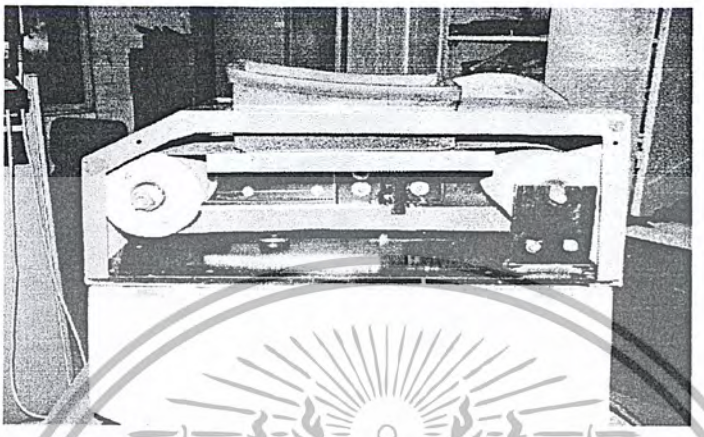


**รูปที่ 4.1 ประกอบส่วนต่าง ๆ ของเครื่องขัดชิ้นงาน**

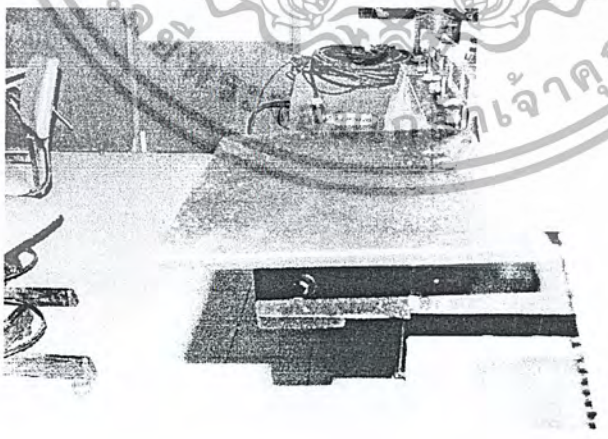


**รูปที่ 4.2 ช่องสำหรับขัดชิ้นงานตัวอย่าง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

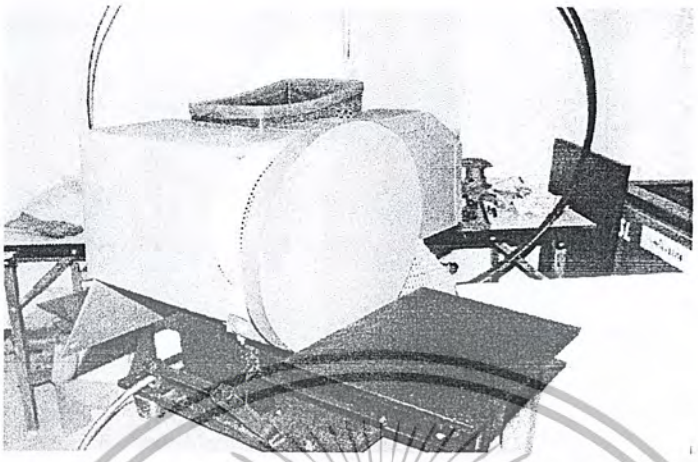


รูปที่ 4.3 ล้อขับล้อตาม

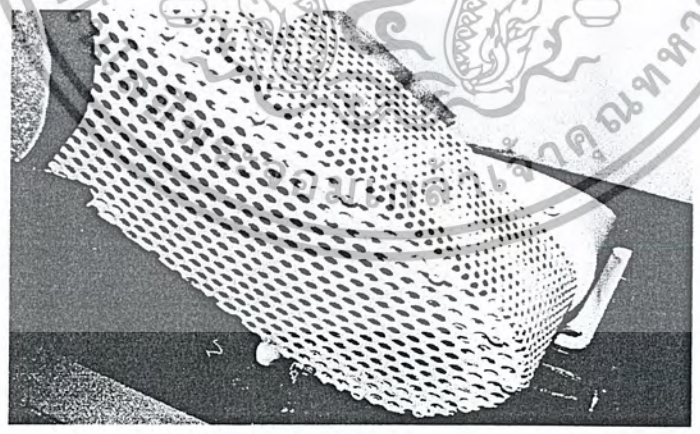


รูปที่ 4.4 ที่วางสำหรับขัดด้านจานขัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



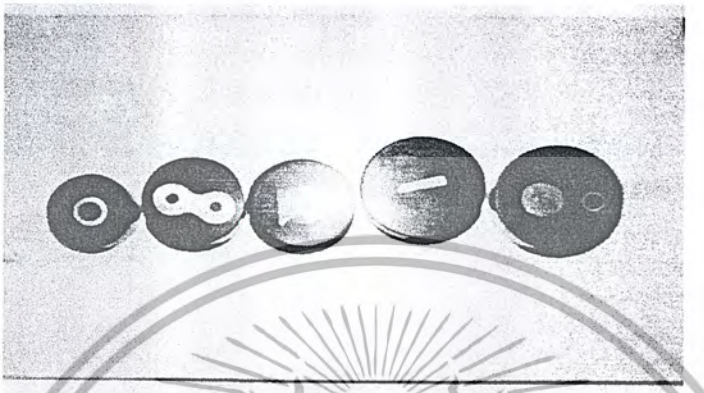
รูปที่ 4.5 จานขัดแนวตั้ง



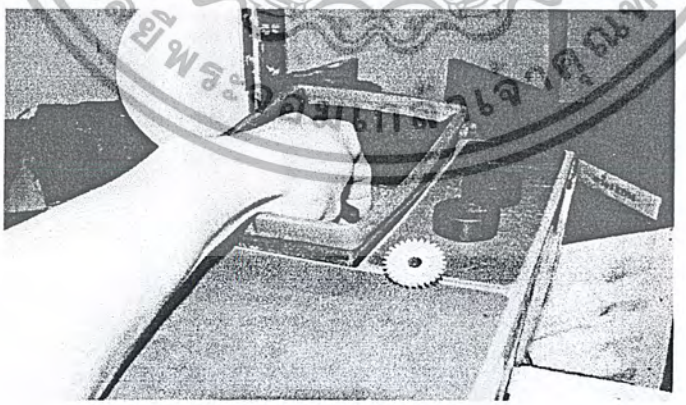
รูปที่ 4.6 ชุดป้องกันสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3 การทดสอบ

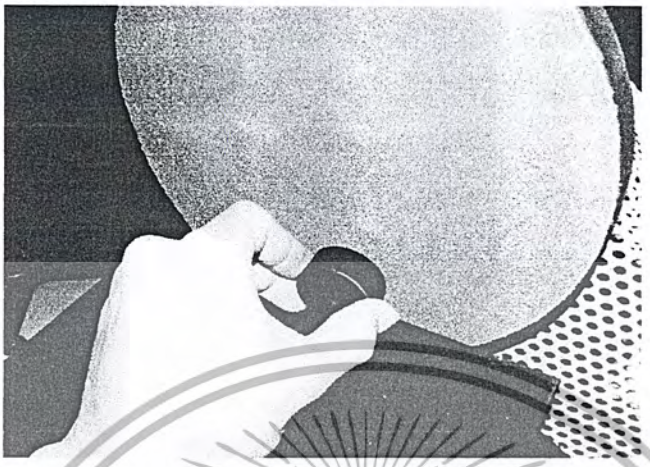


รูปที่ 4.7 ชิ้นงานตัวอย่างก่อนการขัด

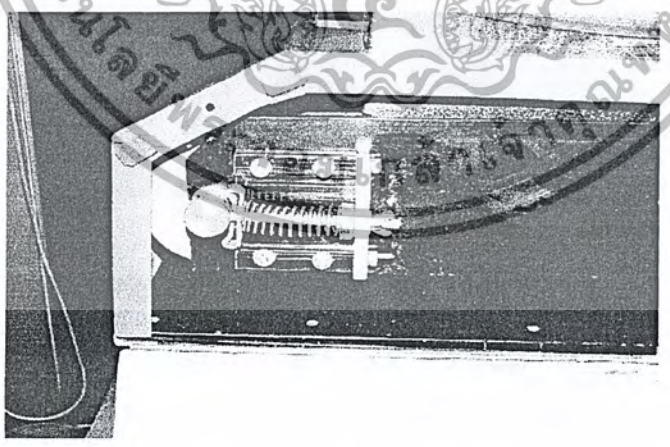


รูปที่ 4.8 การขัดในช่องขัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

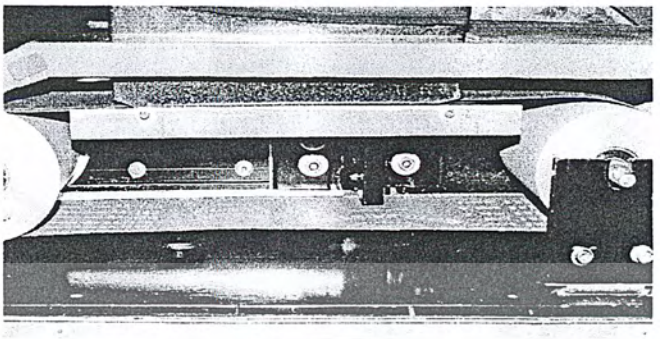


รูปที่ 4.9 การขัดด้านฉานขัด



รูปที่ 4.10 ชุดสปริงดันให้สายพานตึง

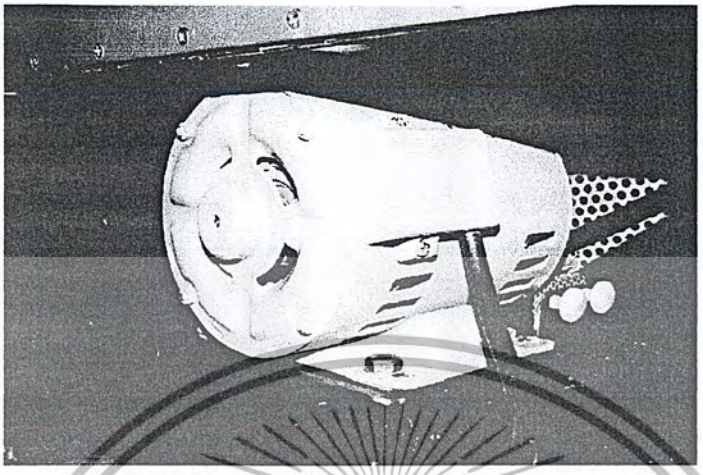
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แผ่นรองการกดของชิ้นงานตัวอย่าง

รูปที่ 4.12 ชิ้นงานที่ผ่านการขัดหยาบโดยเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.13 มอเตอร์

ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า กำลังขนาด 0.25 แรงม้า 0.2 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบ 1,040 รอบต่อนาที ที่ความถี่ 50 เฮิรท์ 220 โวลท์ และมีจำนวน 4 โพล โดยส่งกำลังใช้สายพานร่องตัววีจากพูเล่ตัวขับมาขับพูเล่ตาม มีอัตราทด 1:2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการออกแบบและการจัดสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ

ในการออกแบบเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ ได้ผลดังต่อไปนี้ เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบในส่วนของการขัดหยาบมีช่องขัดสำหรับขัดชิ้นงานมีขนาดความกว้าง 110 มิลลิเมตร ความยาวช่องขัด 180 มิลลิเมตร ส่วนจานขัดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 230 มิลลิเมตรเมตร มีความหนา 20มิลลิเมตร โดยมีส่วนรองชิ้นงานทดสอบ เพื่อให้ได้ชิ้นส่วนที่มีลักษณะเป็นฉาก เพื่อให้เหมาะกับกระบวนการส่องของกล้องจุลทรรศน์ มีฐานรองสำหรับขัดที่ปรับระดับได้ ทั้งการขัดในช่องขัดกับจานขัดจะเป็นการขัดแห้ง การหมุนของสายพานกระดาษทรายและจานขัดกระดาษทราย หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา การควบคุมการทำงานของมอเตอร์โดยการควบคุมการทำงานทางอ้อมด้วยการใช้หน้าคอนแทคของแม็กซ์เนติก เบรกเกอร์เปิด – ปิดวงจรการทำงานมอเตอร์ส่งกำลัง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าดัน กำลังขนาด 0.25 แรงม้า 0.2 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบ 1,410 รอบต่อนาที โดยส่งกำลังใช้สายพานร่องตัววีจากพูเล่ตัวขับมาขับพูเล่ตาม มีอัตราทด 1:2 พูเล่ตามประกอบด้วยเพลา จะมีล้อขับเป็นอลูมิเนียมอัดแบริ่งพอดี ล้อขับอลูมิเนียมส่งกำลังใช้สายพานผ้าทรายขับล้อตามอลูมิเนียม ส่วนอีกฝั่งของพูเล่ตามที่ยึดกับเพลาจะประกอบด้วยจานขัด โดยการขัดต้องทำตามหลักการขัด เนื่องจากการใช้งานประสิทธิภาพของผ้าทรายสามารถถอดเปลี่ยนได้ เมื่อเกิดการเสื่อมประสิทธิภาพ

## 5.2 สรุปผลการทำงานทางด้านฮาร์ดแวร์

การทำงานของเครื่องขัดชิ้นงานตั้งแต่การ เปิด – ปิด มอเตอร์หมุนทำงาน หมุนตามเข็มนาฬิกา ขัดชิ้นงานจำนวน 1 ชิ้น ในช่องขัดรวมทั้งสามารถขัดได้ทั้งการขัดในช่องและการขัดกับจานขัดพร้อมกัน การขัดขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในการขัดด้วย ชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบจากการขัดจะนำไปทำการขัดละเอียดต่อไป

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

-การนำชิ้นงานตัวอย่างมาขัดควรได้ขนาดเหมาะสมตามกำหนดไว้

-การจับชิ้นงานตัวอย่างควรระมัดระวัง เพราะความเร็วของการเคลื่อนที่ของผ้าทราย ส่งผลต่อชิ้นงาน

-สามารถขัดได้กับโลหะและอโลหะ รวมทั้งชิ้นงานตัวอย่างที่ผ่านการอัดเบกเคอร์ไลท์

-ผ้าทรายและสายพานผ้าทรายสามารถเปลี่ยนได้ (ถอดเปลี่ยน)เมื่อประสิทธภาพใช้งานลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม


1. วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา และคณะ(2543),เครื่องมือวิจัยทางวัสดุ:ทฤษฎีและหลักการทำงานเบื้องต้น. สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 333 หน้า.

2. สุคนธ์ อาจฤทธิ์ (2535),การตัดโลหะโดยเครื่องมือกล. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 191 หน้า.

3. ทวี เทศเจริญ, กรรมวิธีการผลิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 684 หน้า.

4. รองศาสตร์จารย์บรรเลง ศรนิล, ผู้ช่วยศาสตรจารย์ประเสริฐ ก๊วยสมบูรณ์, ตารางงาน โลหะ.สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 234 หน้า.

5. ผู้ช่วยศาสตรจารย์ประเสริฐ ก๊วยสมบูรณ์, โลหะวิทยา. สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 151 หน้า.

6. อนันต์ วงศ์กระจ่าง, การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมเทคโนโลยีสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 380 หน้า.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

อัตราการตัดโลหะ คำนวณได้จาก

$$w = f \cdot d \cdot V_{tr}$$

$$\text{จาก } V_{tr} = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{60}$$

โดย

f คือ การป้อนขวาง (ต่อ 1 รอบ ของการเคลื่อนไป - กลับ ของแท่นชิ้นงาน)

d คือ ความลึกในการตัด

$V_{tr}$ คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ไป – กลับ ของแท่นรองรับชิ้นงาน

$$tw = \frac{bw}{2 \cdot f \cdot N}$$ ซึ่งเป็นเวลาสำหรับตัดโลหะซึ่งมีผิวกว้าง bw

แต่การขัดชิ้นงานจะสมมติว่าการกดมีน้ำหนักที่น้อย จึงสามารถคำนวณโดยใช้สูตร $w = f \cdot d \cdot V_{tr}$

ถ้าให้ $\mu_M$ เป็นประสิทธิภาพของเครื่องมือ และขนาดกำลังมอเตอร์ของเครื่องมือกลได้จาก (ideal) กำลังมอเตอร์

$$P_e = \frac{P_M}{\mu_M}$$

$\mu_{MO}$ = ประสิทธิภาพงานมอเตอร์

แท้ที่จริงกำลังมอเตอร์ $= \frac{P_e}{\mu_{MO}} = \frac{P_M}{\mu_M \eta_M}$

จากค่าที่คำนวณในอัตราการตัดจะน้อย เพราะฉะนั้น เลือกใช้มอเตอร์ 1 เฟส ที่ 0.2 kw ความเร็วรอบ 1410 rpm ที่ความถี่ 50 H2 220V มีจำนวน 4 โพล

สายพานสามารถหาได้จากการนำคุณสมบัติของมอเตอร์ที่ได้มาเปิดตาราง เพื่อหาขนาดสายพาน จำนวนสายพาน ชนิดของสายพานส่งกำลังขนาดพูเล่

ใช้ สายพาน แบบ A จำนวน 1 เส้น

ชั่วโมงการทำงาน $\leq$ 10 ช.ม./วัน

เลือกใช้กำลังทด 1:2

เมื่อต้องการความเร็วรอบ 400 rpm โดยมีพูเล่ตัวตามของสายพานหมุนด้วยความเร็วเท่ากับ $n_2 = n_3$

สมการอัตราทด $I = \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_3}{n_4}$

แทนค่า 2 $= \frac{n_3}{400}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$n_3$ = 800 rpm

เปิดตารางได้ ∅ 67 $n_1$ = 1410 rpm $d_1$ = 67

จาก $d_1 n_1 = d_2 n_2$ $d_2 = \frac{d_1 n_1}{n_2} = \frac{67 \times 1410}{800}$

มูเล่ตาม ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 118 mm

มูเล่ขับ ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 67 mm

การคำนวณหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายพาน

สมการอัตราทด $m_w = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1410}{800} = 1.7625$

ให้ $d_p$ = 67 mm

$D_p = m_w \times d_p = 1.7625 \times 67 = 118$ mm

Cmax = $2(d_p + D_p) = 2(67 + 118) = 370$ mm

Cmin = $0.7(d_p + D_p) = 0.7(67 + 118) = 129.56$ mm

เลือก C = 250 m

หาความยาวฟิตช์โดยประมาณ จากสมการ

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

$$= 2(250) + 1.57(118+67) + \frac{(118 - 67)^2}{4(250)}$$

$L_p$ = 793.051 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1 ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำสุดของพูเล่สายพานตัววี (ด้านมอเตอร์) และรายละเอียดสมบัติสายพานตัววี (แบบมาตรฐานธรรมดา) (มุมสัมผัส 140', อัตราส่วนความเร็วรอบ 2.04)

| กำลัง (KW) | 4 ขั้ว | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | พูเล่ (มม.) | | สายพาน | | จุดกึ่งกลาง | ค่าโหลดการตั้งสายพาน Td (กก./จำนวนสายพาน) | |
| | เส้นผ่านศูนย์กลางพิช (ต่ำสุด) | ความกว้าง (สูงสุด) | ลักษณะสายพาน | จำนวนสายพาน | โหลดของสายพาน (มม.) | เมื่อติดตั้งสายสายพานอันใหม่ | เมื่อตั้งความตึงของสานพานที่ใช้อยู่เก่า |
| 0.2 | 67 | 20 | A | 1 | 10 | 0.4 – 0.45 | 0.3 – 0.4 |
| 0.4 | 75 | 20 | A | 1 | 10 | 0.7 – 0.8 | 0.5 – 0.7 |
| 0.75 | 80 | 20 | A | 1 | 10 | 1.1 – 1.3 | 0.9 – 1.1 |
| 1 | 80 | 35 | A | 2 | 17.5 | 0.8 – 1.0 | 0.6 – 0.8 |
| 1.5 | 80 | 35 | A | 2 | 17.5 | 1.2 – 1.3 | 0.9 - 1.2 |
| 2.2 | 100 | 35 | A | 2 | 17.5 | 1.4 – 1.5 | 1.1 – 1.4 |
| 3.7 | 112 | 50 | A | 3 | 25 | 1.4 – 1.6 | 1.1 – 1.4 |
| 5.5 | 125 | 63 | B | 3 | 31.5 | 1.9 – 2.1 | 1.5 – 1.9 |
| 7.5 | 150 | 63 | B | 3 | 31.5 | 2.2 – 2.5 | 1.7 – 2.2 |
| 11 | 160 | 82 | B | 4 | 41 | 2.2 – 2.6 | 1.8 – 2.2 |
| 15 | 170 | 101 | B | 5 | 50.5 | 2.3 – 2.7 | 1.8 – 2.3 |
| 18.5 | 170 | 120 | B | 6 | 60 | 2.4 – 2.7 | 1.9 – 2.4 |
| 22 | 190 | 120 | B | 6 | 60 | 2.6 – 2.9 | 2.0 – 2.6 |
| 30 | 224 | 136 | C | 5 | 68 | 4.0 – 4.6 | 3.1 – 4.0 |
| 37 | 224 | 162 | C | 6 | 81 | 4.1 – 4.7 | 3.2 – 4.1 |
| 45 | 265 | 162 | C | 6 | 81 | 4.5 – 5.1 | 3.5 – 4.5 |
| 55 | 265 | 187 | C | 7 | 63.5 | 4.6 – 5.3 | 3.6 – 4.6 |
| 75 | 300 | 213 | C | 8 | 107 | 5.1 – 5.9 | 4.0 – 5.1 |
| 90 | 315 | 264 | C | 10 | 132 | 5.0 – 5.8 | 3.9 - 5.0 |
| 110 | - | - | - | - | - | - | - |
| 132 | - | - | - | - | - | - | - |
| 160 | - | - | - | - | - | - | - |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.2 ขนาดสายพานลิ่มและล้อสายพาน ตามมาตรฐาน

ISO/R 52-1957(E) และ ISO/R 526-1952(E)

ขนาดเป็น มม.

| หน้าตัดสายพาน | | | Y | Z | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $l_p$ | | 5.3 | 8.3 | 11 | 14 | 19 | 27 | 32 |
| | h | | 4 | 8 | 8 | 11 | 14 | 19 | 25 |
| | $b_w$ | | 5.3 | 8.5 | 11 | 14 | 19 | 27 | 32 |
| | $b_l$ | | 6.3 | 9.7 | 12.7 | 16.3 | 22 | 32 | 40 |
| | c | | 1.6 | 2 | 2.8 | 3.5 | 4.8 | 8.1 | 12 |
| | e | | $8 \pm 0.3$ | $12 \pm 0.3$ | $15 \pm 0.3$ | $19 \pm 0.4$ | $25.5 \pm 0.5$ | $37 \pm 0.6$ | $44.5 \pm 0.7$ |
| | f | | $6 \pm 0.5$ | $8 \pm 0.6$ | $10 \pm 0.6$ | $12.5 \pm 0.8$ | $17 \pm 1$ | $24 \pm 2$ | $29 \pm 2$ |
| | $t_{min}$ | | 7 | 11 | 14 | 18 | 24 | 28 | 33 |
| $32^o$ | ∅ สำหรับ | | $\leq 63$ | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| $34^o$ | เส้นผ่าน | | -- | 63 – 80 | 90 – 118 | 140 – 190 | 224 – 315 | -- | -- |
| $36^o$ | ศูนย์กลาง | | 63 | -- | -- | -- | -- | $\leq 500$ | $\leq 630$ |
| $38^o$ | พิตช์ | | -- | $> 80$ | $> 118$ | $> 190$ | $> 315$ | $> 500$ | $> 630$ |
| bl | จำนวนร่องลิ่มล้อสายพาน | 1 | 12 | 16 | 20 | 25 | 34 | 48 | 58 |
| | | 2 | 20 | 28 | 35 | 44 | 59.5 | 85 | 102.5 |
| | | 3 | 28 | 40 | 50 | 63 | 85 | 122 | 147 |
| | | 4 | 36 | 52 | 65 | 82 | 110.5 | 159 | 191.5 |
| | | 5 | 44 | 64 | 80 | 101 | 136 | 196 | 236 |
| | | 6 | 52 | 76 | 95 | 120 | 161.5 | 233 | 280.5 |
| | | 7 | 60 | 88 | 110 | 139 | 187 | 270 | 325 |
| | | 8 | | 100 | 125 | 158 | 212.5 | 307 | 369.5 |
| | | 9 | | 112 | 140 | 177 | 238 | 344 | 411 |
| | | 10 | | 124 | 155 | 196 | 263.5 | 381 | 458.5 |
| | | 11 | | 136 | 170 | 215 | 289 | 418 | 503 |
| | | 12 | | 148 | 185 | 234 | 314.5 | 455 | 547.5 |
| $D_{pmin}$ | | | 28 | 50 | 80 | 125 | 200 | 355 | 500 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.3 ตัวประกอบการใช้งาน

| Ki | สภาวะการทำงาน |
|---|---|
| 1.3 | งานเบา ทำงานคงที่ |
| 1.5 | งานปานกลาง |
| 2.0 | งานหนัก แรงกระตุก เปิดปิดบ่อย |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.4 ตัวประกอบใช้งาน $N_s$ สำหรับสายพานลิ่ม

| ชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องขับ | ชนิดของอุปกรณ์ขับ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ตัวประกอบการใช้งานนี้พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาใช้งานและชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ แต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทำงาน ตัวอย่างเช่น ทำงานในสภาวะแวดล้อมเป็นพิษ ดังนั้นอาจเพิ่มค่าขึ้นได้ในกรณีพิเศษ | มอเตอร์กระแสสลับ : NORMALTOQUE, SQUIRREL CAGE, SYNCHRONOUSE AND SPLITPHASE มอเตอร์กระแสตรง : SHUNT WOUND เครื่องสันดาปภายใน : ที่มีหลายลูกสูบ ความเร็วสูงกว่า 600 รอบต่อนาที | | | มอเตอร์กระแสสลับ : HIGH TORQUE, HIGH SLIP, REPULSION – INDUCTION, SINGLE PHASE, SERIES WOUND AND SLIP RING มอเตอร์กระแสตรง : SERIES WOUND และ COMPOUND WOUND เครื่องยนต์สันดาปภายใน : ที่มีหนึ่งลูกสูบความเร็วต่ำกว่า 600 รอบต่อนาที เพลาแมนคลัตช์ | | |
| | ชั่วโมงการทำงานต่อวัน | | | ชั่วโมงการทำงานต่อวัน | | |
| | ≤ 10 | 10 - 16 | > 16 | ≤ 10 | 10 - 16 | > 16 |
| งานเบา : เครื่องกวน เครื่องเป่าลม, เครื่องอัดลมและของเหลว, เครื่องสูบแบบหอยโข่ง, พัดลมที่มีกำลังสูบ 7.5 KW, สายพานลำเลียงงานเบา | 1 | 1.1 | 1.2 | 1.1 | 1.2 | 1.3 |
| งานปานกลาง : สายพานลำเลียงทรายหรือเม็ดพืช, เครื่องผสมของข้นเหนียว, พัดลมที่มีกำลังสูงกว่า 7.5 KW, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, เพลาแมน, เครื่องซักผ้า, เครื่องมือกล PUNCHES PRESSESHEARS, เครื่องพิมพ์ POSITIVE DISPLACEMENT ROTARRY PUMPS, เครื่องเขย่า | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.2 | 1.3 | 1.4 |
| งานหนัก : เครื่องทำอิฐ, BUCKET ELEVATIONS, EXITERS, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบแบบลูกสูบ, สายพานลำเลียง, HAMMER MILLS, PAPER MILL BEATERS, POSITIVE DISPLACMENT BLOWERS, เครื่องบด, เครื่องเลื่อยและเครื่องจักรกลงานไม้, เครื่องทอผ้า | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.6 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| งานหนักพิเศษ : CHUSHERS (GYRATORY – JAWROLL), MILLS, (BALLROB – TUBE) รอกไฟฟ้า RUBBER CALENDERS – EXTRUDERS - MALLS | 1.3 | 1.74 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.8 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

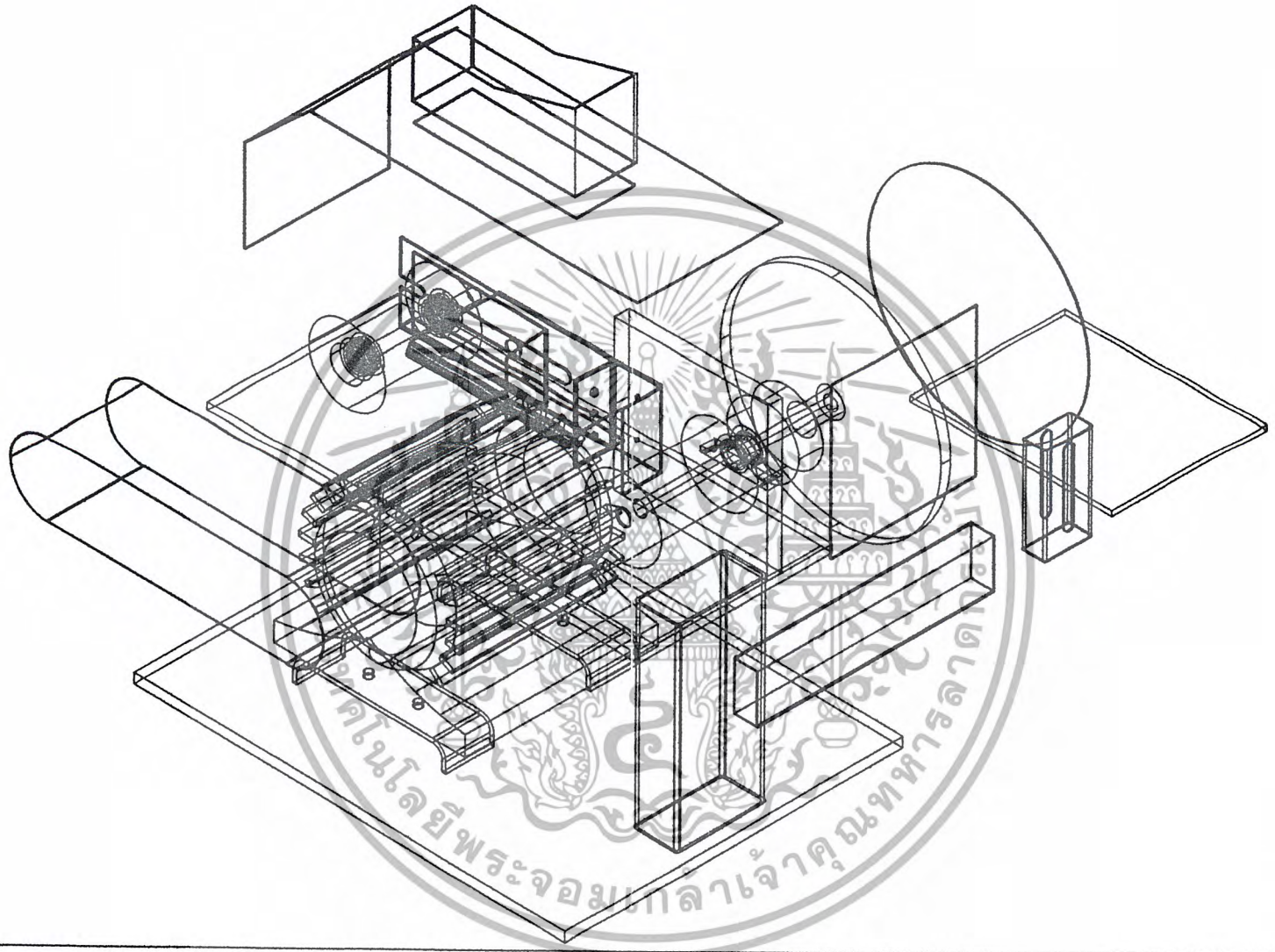
| | | |
|---|---|---|
| | | ความแข็ง 50 – 53 HRC ใช้ได้ ณ อุณหภูมิถึง 250°C |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.5 เหล็กกล้าคาร์บอนสูง และเหล็กกล้าสปริงผสม (ของวัสดุสปริง)

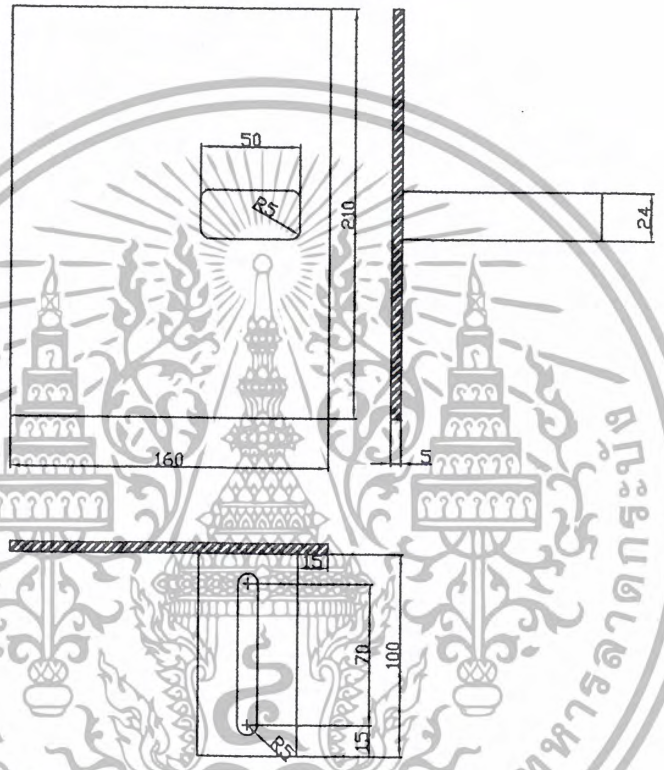
| ชื่อวัสดุ | มาตรฐานที่ระบุ | รายละเอียด |
|---|---|---|
| Music wire<br>0.80 – 0.95 C | UNS G10850<br>AISI 1085<br>ASTM A228 – 51<br>BS 5216 gr.4<br>and 5 | วัสดุชนิดนี้มีความเหนียวสูง นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในการทำสปริงขนาดเล็ก มีค่าความแข็งแรงต้านการดึงสูง และสามารถต้านทานความเค้นที่อยู่ภายใต้แรงกระทำซ้ำได้สูงกว่าวัสดุชนิดอื่น ใช้ในอุณหภูมิไม่เกิน 120°C หรือต่ำกว่า 0°C |
| Oil – tempered wire<br>0.60 – 0.70 C | UNS G10650<br>AISI 1065<br>ASTM 229 – 41<br>BS 2803 | วัสดุชนิดนี้ใช้สำหรับสปริงทั่ว ๆ ไปที่มีหลายรูปแบบ ขณะที่ Music wire มีราคาแพงกว่าและในขนาดใหญ่เกินกว่าจะหาได้จาก Music wire ไม่ใช้สำหรับแรงกระแทก (impact - loading) และอุณหภูมิที่เกิน 180°C หรือต่ำกว่า 0°C |
| Hard – drawn wire<br>0.60 – 0.70 C | UNS G10660<br>AISI 1066<br>ASTM A227 – 27<br>BS 5216 gr.1 2 และ 3 | วัสดุชนิดนี้มีราคาถูกกว่าชนิดอื่น เหมาะสำหรับสปริงที่ใช้งานทั่วไปที่ไม่ต้องการความเที่ยงตรงมากนัก เช่น อายุการใช้งาน ระยะยุบตัว ใช้ในงานที่อุณหภูมิไม่เกิน 120°C และที่ต่ำกว่า 0°C |
| Chrome vanadium | UNS G61500<br>AISI 6150<br>ASTM 231 – 41<br>BS 735 A50 | วัสดุชนิดนี้นิยมใช้ทำสปริงเหมาะสำหรับสปริงที่อยู่ภายใต้ความเค้นที่สูง มากกว่าการใช้ high - carbon steel และใช้สำหรับที่ต้องการความคงทนยาวนาน และทนต่อการล้าตัว เหมาะสำหรับรับแรงสั่นสะเทือนและแรงกระแทกใช้งานได้กว้างขวางสำหรับทำสปริงลิ้นในเครื่องยนต์ของอากาศยาน ใช้ได้ ณ อุณหภูมิถึง 220°C |
| Chrome silicon | UNS G92540<br>AISI 9254 | โลหะผสมชนิดนี้เป็นวัสดุที่ดีเลิศ สำหรับความเค้นสูง ๆ สปริงที่ต้องการอายุการใช้งานยาวนาน และอยู่ภายใต้แรงสั่นสะเทือน มีค่า- |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



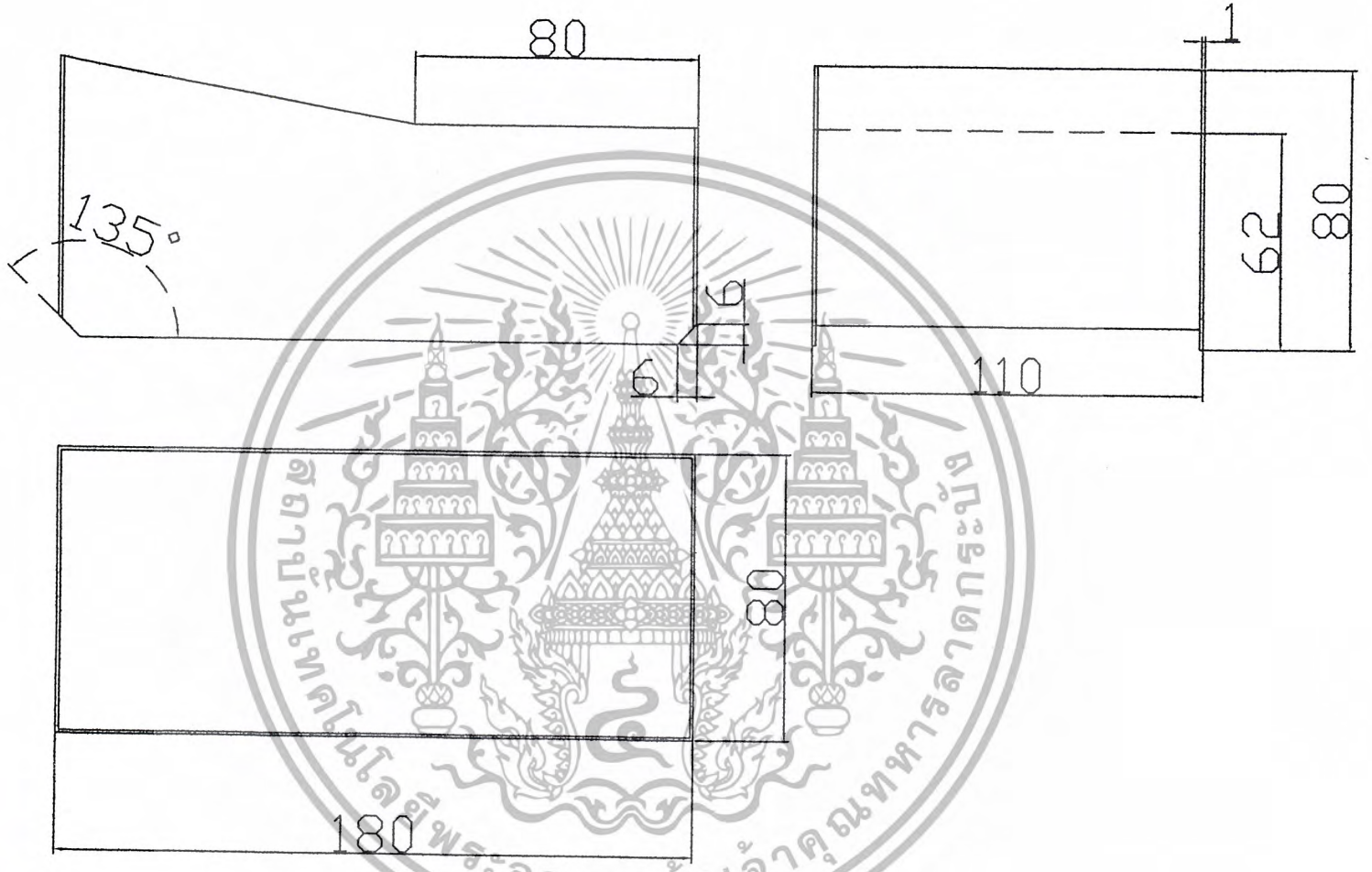
| ชิ้นที่ | รายการ | วัสดุ | ขนาด | จำนวน 1 |
|---|---|---|---|---|
| ผู้เขียน | สุพรรณ แป้นแก้ว | | | |
| ผู้ตรวจ | | | | |
| ผู้ออกแบบ | | | | |
| มาตราส่วน | ชื่อชิ้นงาน ภาพ3มิติ | | | |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



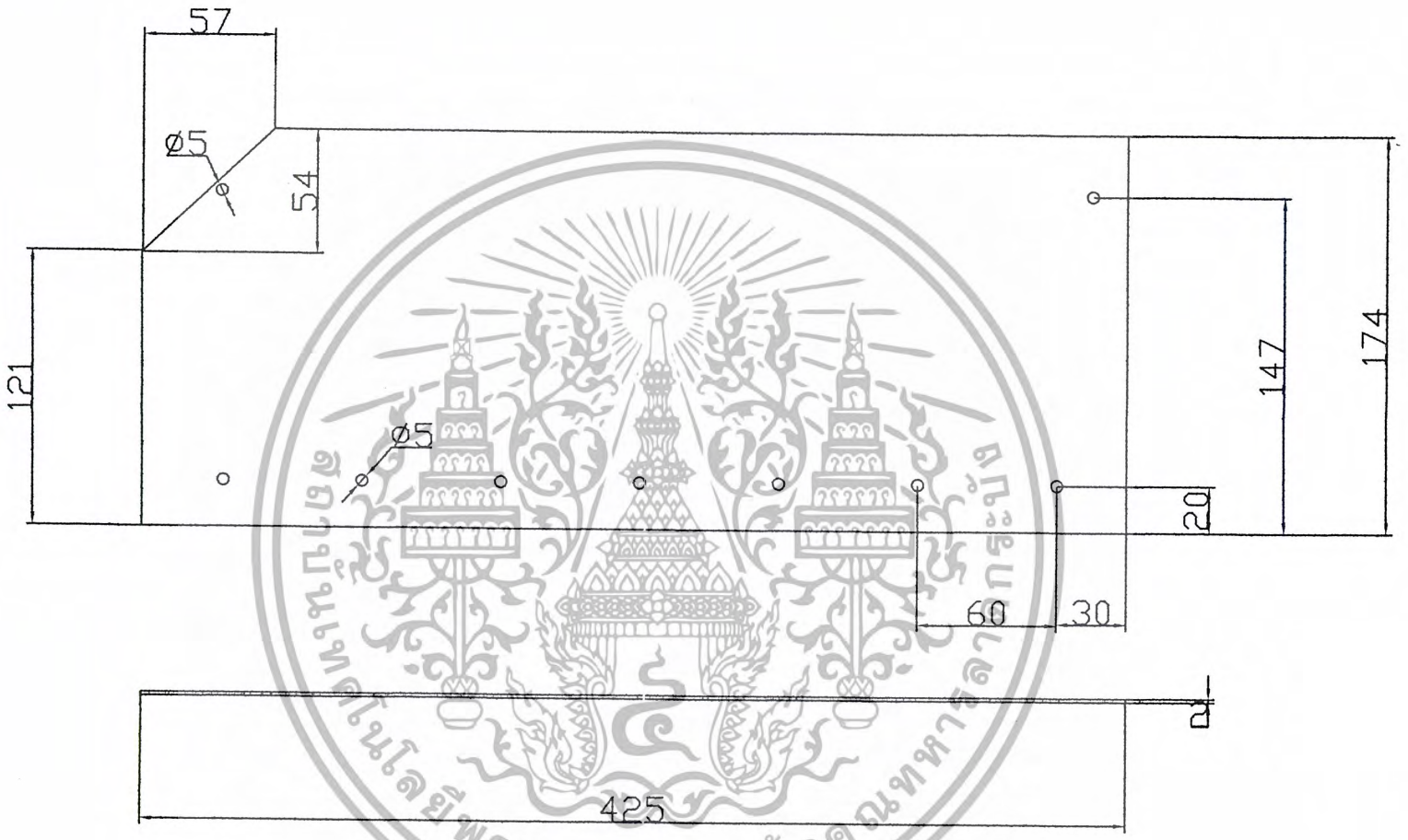

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ชิ้นที่ 6 | รายการ | วัสดุ st 37 | ขนาด | จำนวน 1 |
| ผู้เขียน | สุพรรณ แป้นแก้ว | | | |
| ผู้ตรวจ | | | | |
| ผู้ออกแบบ | | | | |
| มาตราส่วน 1:2 | ชื่อชิ้นงาน ฐานรองชิ้นงาน | | | |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



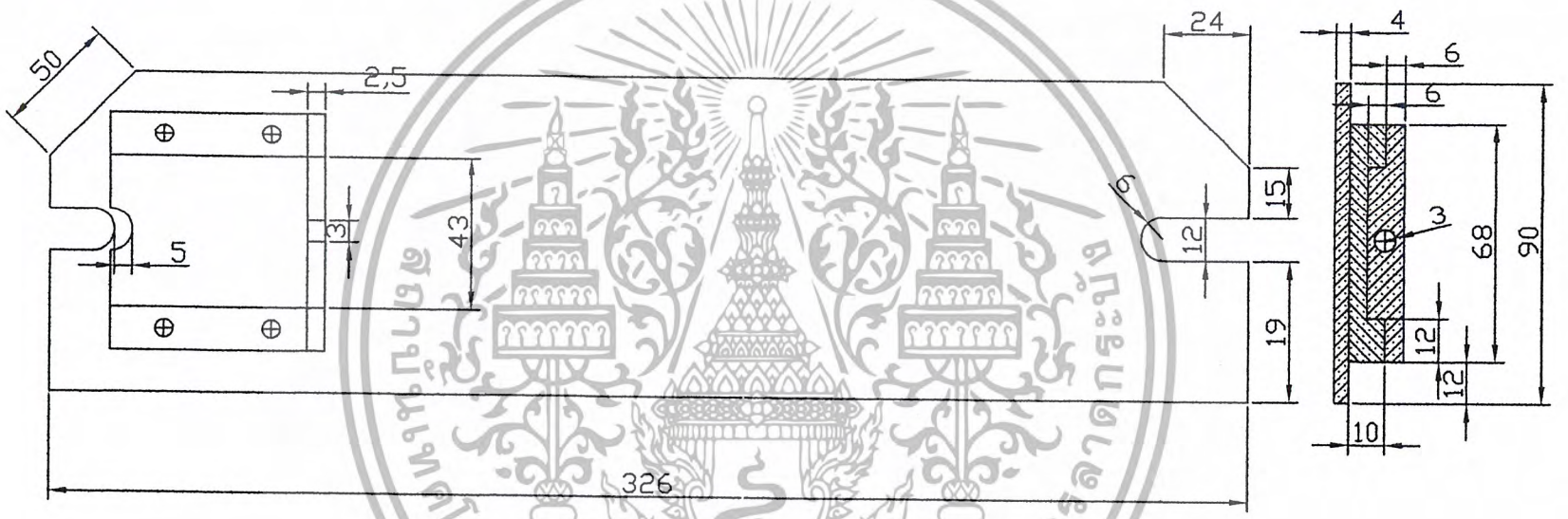

| ชิ้นที่ 5 | รายการ | วัสดุ โลหะแผ่น | ขนาด | จำนวน 1 |
|---|---|---|---|---|
| ผู้เขียน | สุพรรณ แป้นแก้ว | | | |
| วันที่ | | | | |
| ผู้ออกแบบ | | | | |
| มาตราส่วน2:1 | ชื่อชิ้นงาน ช่องขัด | | | |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ชิ้นที่ 3 | รายการ | วัสดุ โลหะแผ่น | ขนาด | จำนวน 1 |
| ผู้เขียน | สุพรรณ แป้นแก้ว | | | |
| ผู้ตรวจ | | | | |
| ผู้ออกแบบ | | | | |
| มาตราส่วน 1:2 | ชื่อชิ้นงาน ฝาเปิดข้าง | | | |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

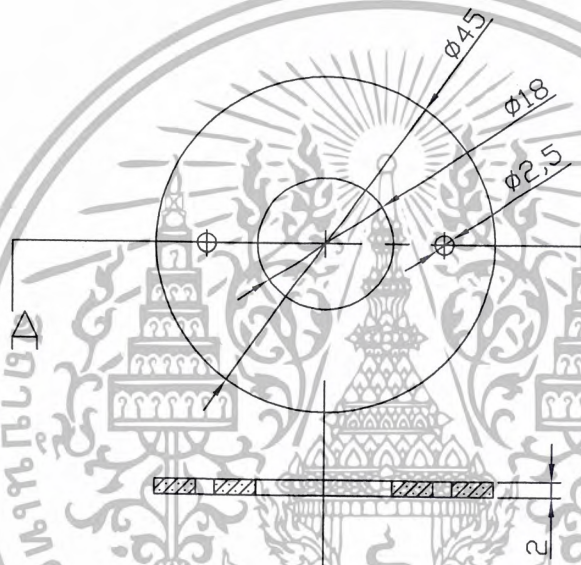



| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ชิ้นที่ 4 | รายการ | วัสดุ อลูมิเนียม | ขนาด 90x326x4 | จำนวน 1 |
| ผู้เขียน | สุพรรณ แป้นแก้ว | | | |
| ผู้ตรวจ | | | | |
| ผู้ออกแบบ | | | | |
| มาตราส่วน 1:2 | ชื่อชิ้นงาน ชุดตึงสายพาน | | | |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ชิ้นที่ 2 | รายการ | วัสดุAl | ขนาด | จำนวน 1 |
| ผู้เขียน | สุพรรณ แป้นแก้ว | | | |
| ผู้ตรวจ | | | | |
| ผู้ออกแบบ | | | | |
| มาตราส่วน 1:2 | ชื่อชิ้นงาน แผ่นรองผ้าทรายสายพาน | | | |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง




Section
A-A

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ชิ้นที่ 1 | รายการ | วัสดุAl | ขนาด | จำนวน 2 |
| ผู้เขียน | สุพรรณ แป้นแก้ว | | | |
| ผู้ตรวจ | | | | |
| ผู้ออกแบบ | | | | |
| มาตราส่วน 1:2 | ชื่อชิ้นงาน ตัวประกบล้อตาม | | | |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง