



รายงานวิจัย

เรื่อง

การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องมือตัดราคาประหยัด

Product design and development of the Cutting tools complete set

คณะผู้ทำวิจัย

1. นายสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ
2. นายสิงห์แก้ว ปือกเท็ง
3. นายคมพันธ์ ชมสมุทร
4. นางสาวพัทธริยา เห็นกลาง

รายงานวิจัยนี้เป็นการวิจัย สาขาวิชาการ กลุ่ม สาขาวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ปีการศึกษา 2552



งานวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องมือตัดราคาประหยัด

หัวหน้าโครงการวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ

ผู้ร่วมวิจัย

นายสิงห์แก้ว ปือกเท็ง

นายคมพันธ์ ชมสมุทร

นางสาวพัทริยา เห็นกลาง

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ปีงบประมาณ 2551

บทคัดย่อ

รายงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาเชิงวิศวกรรมย้อนรอย(Reverse engineering) ผลิตภัณฑ์เครื่องมือตัด (cutting tools product) สำหรับงาน กลึง (Turning) งานกัด (Milling) และงานเจาะ (Drilling) ประกอบด้วย Tool holder, Arbor และ Insert tool ที่ใช้ประกอบการทำงานแต่ละกระบวนการ (กลึง กัด และเจาะ) ทำการศึกษาตัวอย่างสินค้าเครื่องมือตัดนำเข้า แบ่งเป็นผู้ผลิตจาก 3 พื้นที่ทั่วโลก ประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์จากยุโรป ของประเทศประเทศสวีเดน ออสเตรีย จากอเมริกา เป็นสินค้าของประเทศสหรัฐอเมริกา และเอเชีย คือ สินค้าจากประเทศญี่ปุ่น โดยทำการศึกษา ด้ามมีดกัด(Arbor) ขนาด 136 มม. ที่จำนวน 6 คมตัด ศึกษาด้ามมีดกัด(Arbor) ขนาด 63 มม. จำนวน 4 คมตัด ด้ามมีดเจาะ(Tool holder) แบบเปลี่ยนแผ่นมีดตัดได้ ขนาดความโต 20 มม. และด้ามมีดกลึง(Tool holder)สำหรับงานกลึงปอก(Turning) ผลการศึกษาพบว่า วัสดุผลิตด้ามมีด(Tool holder materials) มีส่วนผสม 0.387-0.437 %C , ความแข็ง(Hardness) อยู่ในช่วง 39.36-53 HRC เป็นการผลิตด้วยการชุบแข็งทั้งชิ้นงาน(Full hardening) ราคาจำหน่าย

ของด้ามมีดกัด 6 คมตัด จากการสำรวจจำนวน 4 ยี่ห้อ (brand name) ราคาสูงสุดอยู่ที่ 22,350 บาท และราคาต่างกันถึง 2.41 เท่า ส่วนด้ามมีด 4 คมตัด สำรวจ 2 ยี่ห้อ ราคาสูงสุด 19,000 บาท ราคาต่างกัน 0.1-0.5 เท่า ด้ามมีดเจาะสำรวจ 3 ยี่ห้อ ราคาสูงสุด 14,300 บาท ราคาต่างกัน 0.15-0.55 เท่า ส่วนด้ามมีดกลึง สำรวจ 4 ยี่ห้อ ราคาสูงสุด 1900 บาท ต่างกัน 0.5-1.0 เท่า แต่ละกระบวนการใช้แผ่นมีด (Insert tools) แตกต่างกัน ผู้ผลิตกำหนดให้ด้ามมีด (Tool holder) และแผ่นมีด (Insert tools) แต่ละกระบวนการมีความแตกต่างกัน (ใช้งานร่วมกันไม่ได้) ซึ่งพบว่าเป็นเทคนิคทางการตลาด จึงกำหนดให้ใช้งานร่วมกันไม่ได้ ผู้ผลิตมีจำนวนน้อยราย ที่เป็นผู้นำ (key player) การแข่งขันจึงไม่รุนแรงนัก และการจำหน่ายแผ่นมีดส่วนใหญ่ไม่แบ่งขาย แต่ขายเป็นชุด ๆ ละ 10 ชิ้น พบว่าด้ามมีดส่วนใหญ่ทำการชุบแข็ง (Hardening and quenching) ไม่ต่ำกว่า 39 HRC การขึ้นรูป (metal removal) จำเป็นต้องใช้ CNC MILLING MACHINE ระบบ 4-5 แกน ซึ่งเป็นการใช้เทคโนโลยีที่มีมูลค่าสูง และมีความเที่ยงตรงสูง ดังนั้น ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาได้นำไปใช้ในการออกแบบและผลิตชุดเครื่องมือตัดต้นแบบ (Prototype of Cutting tools complete set) ให้เป็นชุดเครื่องมือที่สามารถใช้แผ่นมีดตัด (insert tools) ร่วมกันได้ทั้ง 3 กระบวนการ ประกอบด้วย งานกลึง งานกัด และงานเจาะ ชุดเครื่องมือตัดที่พัฒนาขึ้น มีความแตกต่างจากที่มีใช้งานในปัจจุบัน เนื่องจากใช้แผ่นมีดตัดร่วมกันได้ ทำให้การใช้งานมีความสะดวกมากขึ้น ลดค่าใช้จ่ายในการจัดหาแผ่นมีดแต่ละครั้ง ลดเวลาในการจัดเก็บ จัดเก็บได้ง่ายขึ้นเนื่องจากไม่ต้องดูแลหลาย ๆ ขนาด ดังนั้น การพัฒนาชุดเครื่องมือตัดที่สามารถใช้แผ่นมีดร่วมกันได้ จึงเป็นแนวทางของการลดต้นทุน ลดเวลาในการทำงาน โดยเฉพาะการดูแลรักษา ระหว่างการใช้งานการจัดหาสะดวกมากขึ้น และเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องมือตัดให้ใช้งานได้เอนกประสงค์มากขึ้น เพื่อเป็นการทดแทนการนำเข้าต่อไป

คำสำคัญ (Keywords) Product design and development, CAD/CAM/CAE, Solid tools
Insert tools, Tool holder, cutting tools complete set



Research title **Product design and development of the Cutting tools
complete set**

Researcher by **Asst.Prof Saharat Wongsisa**
Mr. Singkaew Pokterng
Mr. Kompun Chomsamut

Faculty of Engineering

Rajamangala University of Technology Phra nakhon

Abstract

This research is to study the cutting tools product in reverse engineering for turning, milling, and drilling included Tool holder, Arbor and Insert tool. It is sampled the imported cutting tools from three areas worldwide composed with Sweden, United State of America and Japan. The study emphasis in Arbor 136 mm. (6 tooth), Arbor 63 mm. (4 tooth), the changeable Insert tool type- Tool holder 20 mm., and Tool holder for turning. The result is found that Tool holder materials has the mixture of 0.387-0.437 %C, hardness is 39.36-53 HRC which was full hardening. The price of Arbor (6 tooth), surveyed from four brands, maximum is 22,350 Baht and 2.41 times of price differentiation. The price of Arbor (4 tooth), surveyed from two brands, maximum is 19,000 Baht and 0.1-0.5 times of price differentiation. The price of Tool holder, surveyed from three brands, maximum is 14,300 Baht and 0.15-0.55 times of price differentiation. And the price of Tool Holder for turning, surveyed from four brands, maximum is 1900 Baht and 0.5-1 times of price differentiation. The provider set up Tool holder and Insert tools will not be compatible

together for marketing strategy. There are not much key player providers, so there is no strong competition. The provider forces to distribute a set of 10 Insert tools, and the most of Tool holder is Hardening and quenching not less than 39 HRC. The metal removal might be necessary use high technology and precision CNC Milling Machine. Therefore, the study will lead to design and produce the prototype of cutting tools complete set which is compatible with Insert tools in all processes for turning, milling, and drilling. This cutting tools complete set differentiates from others, because it helps to reduce costs, reduce times and work comfortable. The development of compatible cutting tools complete set is the approach to reduce costs and times of work, decrease maintenance costs, and it will be the foundation to development of multi-function cutting tools complete set in place of the imported cutting tools.

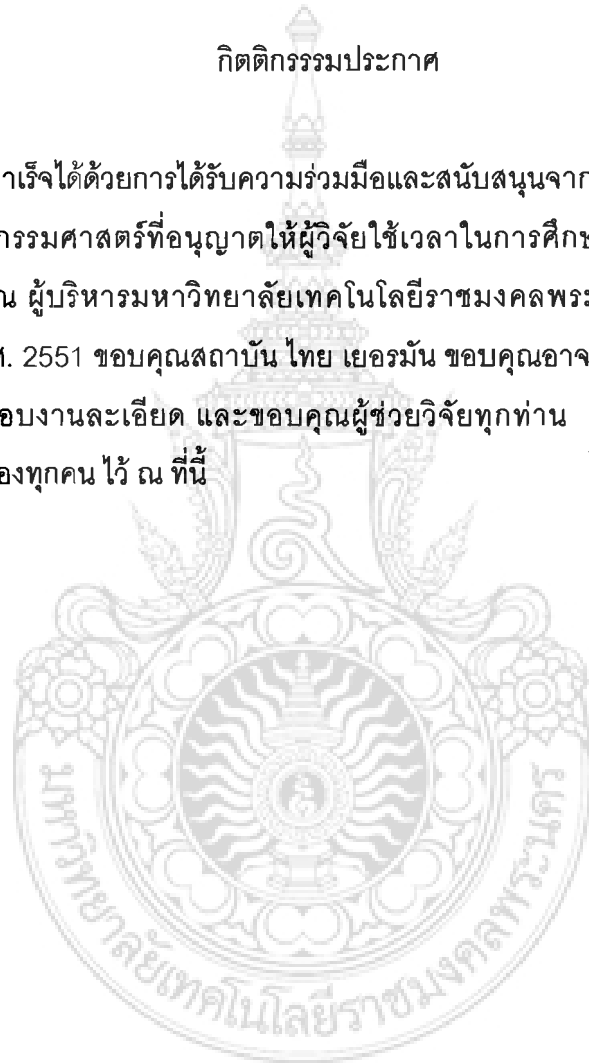
Keywords: Product design and development, CAD/CAM/CAE, Solid tools Insert tools, Tool holder, cutting tools complete set





กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยการได้รับความร่วมมือและสนับสนุนจากบุคคลต่างๆประกอบด้วย
ผู้บริหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่อนุญาตให้ผู้วิจัยใช้เวลาในการศึกษาทดลองทั้งในและนอก
สถานที่ ขอขอบคุณ ผู้บริหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่สนับสนุนทุนวิจัย
ผลประโยชน์ ปี พ.ศ. 2551 ขอขอบคุณสถาบัน ไทย เยอรมัน ขอขอบคุณอาจารย์ประสิทธิ์ เพงเพชร ที่
ช่วยในการตรวจสอบงานละเอียด และขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัยทุกท่าน ที่ไม่ได้กล่าวนาม และ
ขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องทุกคน ไว้ ณ ที่นี้



คณะผู้วิจัย

สารบัญ

เนื้อเรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการทำวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	6
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	6
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	7
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การกลึง Turning Operation	9
2.2 องค์ประกอบของการพิจารณา	11
2.3 มีดกลึง (Cutting Tool)	13
2.4 กระบวนการตัดเฉือน (Shear)	13
2.5 ตัวอย่างการคำนวณ	15
2.6 แรงในงานกลึง (Tool Force)	19
2.7 หลักการศึกษาระงะกระทำบนผิวคายเศษ	20
2.8 การคำนวณแรงตัดในงานกลึง	22
2.9 ทฤษฎีความเค้นเฉือน	24
2.10 การคำนวณความเค้นเฉือน	25
2.11 การคำนวณกำลังงานตัด	26
2.12 การคำนวณหาระยะ โกง (Y) ด้ามมีด	27
2.13 รูปเรขาคณิตของเครื่องมือตัดที่มีผลต่อการตัดเฉือน โลหะ	28
2.14 ความลึกในการตัดเฉือนที่มีผลกระทบต่อเครื่องมือตัด	29
2.15 รูปร่างทางเรขาคณิต	31
2.16 การกำหนดมุมมีดกลึง	32
2.17 กรรมวิธีการกัด (Milling process)	33
2.18 กระบวนการตัดโลหะ(The Cutting Process)	37
2.19 การเจาะ(Drilling)	42

2.20 การศึกษาการเคลื่อนไหว	44
บทที่ 3 การดำเนินโครงการ	
3.1 การออกแบบด้ามมีดกลึง	46
3.1.1 ศึกษาข้อมูลด้านรูปทรงเลขาคณิตของด้ามมีด	46
3.1.2 เลือกด้ามมีดกลึงใช้มีดมีดทรง S	49
3.1.3 วิธีการตรวจสอบด้ามมีดกลึงแต่ละแบบ	50
3.1.4 ตรวจสอบความหยาบผิวกลึงและเศษกลึง	64
3.1.5 วิธีการคำนวณ	71
3.1.6 กำหนดหาระยะ โกง (Y)	74
3.1.7 วิเคราะห์ผลในกรณีพิจารณาเลือกด้ามมีดกลึง	76
3.1.8 การตรวจขนาดแผ่นมีดตัดด้ามมีดกลึง Kennametal 75°	77
3.1.9 เขียนแบบด้ามมีดกลึงต้นแบบ	78
3.1.10 กำหนดขั้นตอนในการผลิตด้ามมีดกลึง	80
3.2 การศึกษาเชิงวิศวกรรมย้อนรอยด้ามมีดกัด 6 มมตัด (Arbor)	84
3.2.1 ศึกษาข้อมูลผู้ผลิตและจำหน่าย	84
3.2.2 ศึกษาข้อมูลด้านการออกแบบ	92
3.2.3 ศึกษาการตัดเฉือนโลหะ	120
3.2.4 กำหนดแผนการทดลอง	125
3.3 ศึกษาเชิงวิศวกรรมย้อนรอยด้ามมีดกัด 4 มมตัด	129
3.3.1 ศึกษาเกี่ยวกับด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด	130
3.3.2 จัดหาด้ามมีดกัดแบบ 4 มมตัด ของตราผลิตภัณฑ์ Sandvik	135
3.3.3 ศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบหาสมบัติของวัสดุ	141
3.3.4 ทำการทดสอบความแข็ง	142
3.3.5 ตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของวัสดุ	142
3.3.6 วิธีการทดสอบหาความเรียบผิว	143
3.3.7 รวบรวมข้อมูลที่ทำกรทดสอบ	143
3.3.8 เลือกข้อมูลเพื่อนำไปทำงานต่อ	143

3.3.9	ดำเนินการผลิตด้ามมีดกัดแบบ 4 กมตัด	144
3.4	ศึกษาการผลิตเครื่องมือตัดต้นแบบ	165
3.4.1	ศึกษาเกี่ยวกับส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด	165
3.4.2	สำรวจข้อมูลผลิตภัณฑ์ส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดจากผู้จำหน่าย	167
3.4.3	ศึกษาเกี่ยวกับรูปทรงเลขาคณิตของส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด	172
3.4.5	ศึกษาเกี่ยวกับราคาของแต่ละตราผลิตภัณฑ์	173
3.4.6	ดำเนินการจัดหาส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดของแต่ละตราผลิตภัณฑ์	173
3.4.7	การเขียนแบบส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด	175
3.4.8	ทำการตรวจสอบขนาดรูปทรงตามแบบ	184
3.4.9	ศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบหาสมบัติของวัสดุ	190
3.4.10	ทำการทดสอบหาความแข็งของวัสดุ	190
3.4.11	ทำการตรวจสอบหาส่วนผสมทางเคมีของวัสดุ	190
3.4.12	รวบรวมข้อมูลที่ทำกรทดสอบ	191
3.4.13	ออกแบบส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด	191
3.4.14	ผลิตส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด (ต้นแบบ)	192
3.4.15	ทดสอบเปรียบเทียบคุณสมบัติ	193
3.4.16	บันทึกรวบรวมข้อมูลผลการทดลอง	194
3.4.17	วิเคราะห์ข้อมูล	194
3.4.18	สรุปผลการทดลอง	195
บทที่ 4	การผลิตด้ามมีดกลึง	
4.1	ลักษณะด้ามมีดกลึงที่ผลิตเสร็จสมบูรณ์	196
4.2	การกำหนดระนาบต่างๆบริเวณจับยึดของด้ามมีดกลึงต้นแบบ	196
4.3	แสดงผลการวัดขนาดด้ามมีดกลึงปอกที่ผลิตขึ้น	197
4.4	การตรวจสอบความหยาบผิวชิ้นงานทดสอบ	199
4.5	การตรวจสอบขนาดของเศษกลึง (Chip)	200
4.6	คำนวณขนาดของแรงเฉือน (Shear force) ขณะทำการกลึงปอกชิ้นงาน AISI 1050	203

4.7 การคำนวณระยะโค้งในขณะกลิ้ง (Y)	204
4.8 แสดงการเปรียบเทียบผลจากการคำนวณระหว่างด้ามต้นแบบกับด้ามที่ผลิตขึ้น	205
บทที่ 5 ศึกษาเชิงวิศวกรรมย้อนรอยและการผลิตด้ามมีดกัด 6 คมตัด	
5.1 ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของหัวกัด	207
5.2 ผลการทดสอบความแข็ง	209
5.3 ผลการตรวจสอบขนาดรูปทรงเรขาคณิตของหัวกัด	210
5.4 ผลการศึกษากระบวนการผลิตหัวกัด	242
5.5 ผลการคำนวณการตัดเฉือน	245
5.6 ผลการศึกษาเวลาในการประกอบแผ่นมีดของหัวกัดตราผลิตภัณฑ์	245
- 5.7 ศึกษาเปรียบเทียบราคาของผลิตภัณฑ์หัวกัดปาดผิว	249
บทที่ 6 ผลการทดลอง	
6.1 ผลของการวิจัย	250
6.2 ขั้นตอนการผลิตด้ามมีดกัดแบบ 4 คมตัด	250
6.3 ผลของการทดสอบความแข็ง	257
6.4 ผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมี	257
6.5 ผลจากการทดสอบความเรียบผิว	258
6.6 แบบของด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด	259
6.7 ทดสอบการใช้งาน	260
บทที่ 7 ผลการทดลอง	
7.1 ทดสอบการใช้งานส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด	265
7.2 ผลการทดสอบการใช้งานของด้ามมีดเจาะ	266
7.3 ผลการทดสอบและลักษณะของด้ามมีดเจาะ	267
7.4 ชิ้นงานทดสอบของส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด	278
7.5 วิเคราะห์ข้อมูลการออกแบบและผลิตด้ามมีด	282

บทที่ 8 สรุปลผลและข้อเสนอแนะ

8.1 ค้ำมมิดกลิ่งปอกต้นแบบ	289
8.2 มิดกัก 6 กมตัด ต้นแบบ	290
8.3 ค้ำมมิดกักต้นแบบ 4 กมตัด	292
8.4 ค้ำมมิดเจาะต้นแบบ	293
8.5 สรุปลผลการวิจัย	295
8.6 ข้อเสนอแนะ	296



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2.1 ลักษณะการการกลิ้ง Turning Operation	9
ภาพที่ 2.2 แสดงปัจจัยที่สำคัญในการตัดปาดผิว	10
ภาพที่ 2.3 ระยะทางการเดินป้อนของมีดไปตามความยาวของชิ้นงาน	12
ภาพที่ 2.4 การตัดเฉือนชิ้นงานเป็นรูปร่างต่างๆ ในขบวนการกลิ้งวัสดุ	13
ภาพที่ 2.5 รูปแบบการตัดเฉือน (Pictorial representation of orthogonal cutting)	13
ภาพที่ 2.6 รูปเรขาคณิตแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราป้อนและความหนาเศษกลิ้ง	13
ภาพที่ 2.7 บริเวณการเฉือนและพื้นที่การเฉือน (shear area)	15
ภาพที่ 2.8 ผลการทดสอบมีดกลิ้งจากการทดลองหามุมเฉือน (shear angle)	17
ภาพที่ 2.9 ไดนาโมมิเตอร์วัดแรงบนปลายมีดขณะทำการกลิ้งปอก	19
ภาพที่ 2.10 แสดงองค์ประกอบของแรงตัดในบริเวณการตัดเฉือน	19
ภาพที่ 2.11 แสดงผลของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงเสียดทานแรงตั้งฉากกับผิวคายเศษ	20
ภาพที่ 2.12 แผนภาพสมดุลของเศษตัดและเครื่องมือตัด(บริเวณผิวคายเศษ) เกิดแรงเสียดทาน (Friction force) และแรงตั้งฉากกับผิวคายเศษ (Normal force)	20
ภาพที่ 2.13 แผนภาพสมดุลของวัสดุชิ้นงานและเศษตัดแสดงแรงเฉือน(Shear force) และแรงตั้งฉาก กับแนวการเฉือน(Force normal)	21
ภาพที่ 2.14 แสดงแรงลัพธ์จากแรงที่เกิดขึ้น 3 ส่วนบริเวณการตัดเฉือน	21
ภาพที่ 2.15 แสดงแรงเฉือนบนพื้นที่การเฉือนและแรงตัดกระทำบริเวณการเกิดเศษตัด	24
ภาพที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนและแรงตัด	25
ภาพที่ 2.17 แสดงกระทำบนบริเวณการเกิดเศษตัด	25
ภาพที่ 2.18 แสดงภาพการตัดด้วยค้ำมีดคว้าน	27
ภาพที่ 2.19 แรงกระทำบริเวณการตัดขณะกลิ้งปอกผิวชิ้นงาน	28
ภาพที่ 2.20 รูปเรขาคณิตของเครื่องมือตัด	29
ภาพที่ 2.21 พื้นที่ภาคตัดของเศษ	30
ภาพที่ 2.22 มุมที่วัดจากคมตัดเอียงออกแนวแกนมีด/แนวแกนของชิ้นงาน	31
ภาพที่ 2.23 มุมของผิวคายบน เอียงไปจากแนวแกนมีด/ แนวแกนของชิ้นงาน	31
ภาพที่ 2.24 Plane Setting Angle	32
ภาพที่ 2.25 Elevation Setting Angle	32
ภาพที่ 2.26 Roll Setting Angle (L) มุมพลิกของมีด ตามแนวแกน	32

ภาพที่ 2.27	งานกัดราบหรือกัดปาดหน้า (ที่มา : Catalogue Walter)	33
ภาพที่ 2.28	ภาพด้านบนของงานกัดปาดหน้า	37
ภาพที่ 2.29	แสดงอัตราปริมาตรการตัดสำหรับการกัดนอน	39
ภาพที่ 2.30	แสดงอัตราปริมาตรการตัดสำหรับการกัดตั้ง	40
ภาพที่ 2.31	การกัดแนวตั้ง	41
ภาพที่ 2.32	ลักษณะโดยรวมของเครื่องเจาะ	42
ภาพที่ 2.33	ลักษณะทางเรขาคณิตของการเจาะ	42
ภาพที่ 3.1	ตราผลิตภัณฑ์ Taegu Tec	46
ภาพที่ 3.2	ตราผลิตภัณฑ์ Kennametal	46
ภาพที่ 3.3	ตราผลิตภัณฑ์ Sandvik	47
ภาพที่ 3.4	ตราผลิตภัณฑ์ Widia	47
ภาพที่ 3.5	ด้ามมีดกลึงมุม Kr 45°	48
ภาพที่ 3.6	ด้ามมีดกลึงมุม Kr 45°	48
ภาพที่ 3.7	ด้ามมีดกลึงมุม Kr 45°	48
ภาพที่ 3.8	ด้ามมีดกลึง Kennametal มุม (Kr) 75°	49
ภาพที่ 3.9	ด้ามมีดกลึง WIDIA มุม (Kr) 45°	49
ภาพที่ 3.10	ด้ามมีดกลึง Kennametal มุม (Kr) 45°	49
ภาพที่ 3.11	รูปแบบการวัดด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ทั้ง 3 ด้าม	50
ภาพที่ 3.12	การกำหนดระนาบเพื่อการตรวจสอบและเปรียบเทียบ	51
ภาพที่ 3.13	การเตรียมชิ้นงานก่อนทดสอบการใช้งาน	61
ภาพที่ 3.14	เครื่องกลึง CNC	62
ภาพที่ 3.15	กำหนดความยาวของด้ามมีดก่อนกลึงกำหนดความยาวเท่ากับ 30.00 มม.	62
ภาพที่ 3.16	ลักษณะชิ้นงานที่ผ่านการกลึงปอก	63
ภาพที่ 3.17	ลักษณะความหยาบผิว Ra	64
ภาพที่ 3.18	ลักษณะความหยาบผิว Ry	64
ภาพที่ 3.19	ลักษณะความหยาบผิว Rz	64
ภาพที่ 3.20	เครื่องตรวจสอบ MICROSCOPE	66
ภาพที่ 3.21	ลักษณะการหักเหกลึงเป็นชิ้นเล็กๆ	67
ภาพที่ 3.22	ลักษณะการวางตำแหน่งและจับยึดเศษกลึงในขณะวัด	67
ภาพที่ 3.23	แผนภูมิเปรียบเทียบแรงในขณะกลึง	76
ภาพที่ 3.24	แผนภูมิเปรียบเทียบระยะโค้งงอของด้ามมีดในขณะกลึง	76

ภาพที่ 3.25 ค้ำมีดกลึง 75°	77
ภาพที่ 3.26 เขียนแบบด้วย โปรแกรม Autodesk Inventor ค้ำมีดกลึง 75°	77
ภาพที่ 3.27 แบบค้ำมีดกลึงต้นแบบ	78
ภาพที่ 3.28 แบบค้ำมีดกลึงต้นแบบ	79
ภาพที่ 3.29 การกำหนดขนาดและการร่างแบบหัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ A	102
ภาพที่ 3.30 การกำหนดขนาดและการร่างแบบหัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ B	109
ภาพที่ 3.31 การกำหนดขนาดและการร่างแบบหัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ C	116
ภาพที่ 3.32 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์หัวกัดตราผลิตภัณฑ์ A	118
ภาพที่ 3.33 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์หัวกัดตราผลิตภัณฑ์ B	119
ภาพที่ 3.34 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์หัวกัดตราผลิตภัณฑ์ C	119
ภาพที่ 3.35 แสดงจุดที่ทำการทดสอบส่วนผสมทางเคมีหัวกัดปาดผิวราบ	126
ภาพที่ 3.36 เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (Spectrometer)	126
ภาพที่ 3.37 แสดงจุดที่ทำการวัดความแข็ง	127
ภาพที่ 3.38 แสดงการวัดค่าความแข็งด้วย เครื่อง Macro Hardness Tester	128
ภาพที่ 3.39 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน	129
ภาพที่ 3.39 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน (ต่อ)	130
ภาพที่ 3.40 รูปทรงเลขาคณิตของค้ำมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด	134
ภาพที่ 3.41 แสดงลักษณะการทำงานของค้ำมีดกัดตราผลิตภัณฑ์ Sandvik	135
ภาพที่ 3.42 แบบแสดงด้านหน้าและด้านบนของค้ำมีดกัดตราผลิตภัณฑ์ Sandvik	136
ภาพที่ 3.42 แบบแสดงด้านหน้าและด้านบนของค้ำมีดกัดตราผลิตภัณฑ์ Sandvik (ต่อ)	137
ภาพที่ 3.42 แบบแสดงด้านหน้าและด้านบนของค้ำมีดกัดตราผลิตภัณฑ์ Sandvik (ต่อ)	138
ภาพที่ 3.42 แบบแสดงด้านหน้าและด้านบนของค้ำมีดกัดตราผลิตภัณฑ์ Sandvik (ต่อ)	139
ภาพที่ 3.45 เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	140
ภาพที่ 3.46 ไมโครมิเตอร์	140
ภาพที่ 3.47 เครื่องโปรไฟล์โปรเจ็คเตอร์ (Profile Projector)	141
ภาพที่ 3.48 แสดงการจับยึดชิ้นงานเพื่อหามุมวางมีด	141
ภาพที่ 3.49 เครื่องทดสอบความแข็ง Hardness Testing	142
ภาพที่ 3.50 เครื่อง Emission Spectrometer	142
ภาพที่ 3.51 วัสดุที่ใช้ทำค้ำมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดเหล็กกล้า	144
ภาพที่ 3.52 เครื่องกลึง CNC ยี่ห้อ HASS AUTOMATION	145
ภาพที่ 3.53 แป้นพิมพ์และชุดควบคุมการทำงานอัตโนมัติ	145

ภาพที่ 3.54 หัวจับ Cutting Tool	145
ภาพที่ 3.55 หัวจับชิ้นงาน	146
ภาพที่ 3.56 เครื่องกัด CNC ยี่ห้อ MIKRON VCF 1200 Pro	147
ภาพที่ 3.57 แป้นพิมพ์และระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติ	147
ภาพที่ 3.58 แสดงการตรวจสอบ โปรแกรม G-Code M-Code	147
ภาพที่ 3.59 ตรวจสอบ โปรแกรมการ G-Code M-Code แต่ละขั้นตอน	148
ภาพที่ 3.60 จัดทำอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานกัด (Fixture)	148
ภาพที่ 3.61 ทดสอบผลิตค้ำมีดกัดกับวัสดุจำลองก่อนผลิตจริง	148
ภาพที่ 3.62 ทดสอบผลิตค้ำมีดตัวอย่างและกำหนดปัญหาเพื่อการแก้ไข	149
ภาพที่ 3.63 ทดสอบการผลิตในตำแหน่งจับยึดแผ่นมีดและหาแนวทางปรับปรุง	149
ภาพที่ 3.64 ผลิตชิ้นงานต้นแบบชุดที่ 1	149
ภาพที่ 3.65 แสดงการกัดร่องฟันของหัวกัดสำหรับร่องกัดที่ 1	150
ภาพที่ 3.66 ตรวจสอบกำหนดตำแหน่งแผ่นมีด	150
ภาพที่ 3.67 กัดร่องฟันของหัวกัดต้นแบบส่วนแรก	150
ภาพที่ 3.68 กัดร่องฟันกัดส่วนที่ 2	151
ภาพที่ 3.69 กัดร่องฟันกัดส่วนที่ 3	151
ภาพที่ 3.70 ด้านปลายตัดของการตัดคมตัดที่ 3	151
ภาพที่ 3.71 แสดงรูปชิ้นงานหลังจากการกัดคมตัดที่ 3	152
ภาพที่ 3.72 แสดงการกัดชิ้นงานคมตัดที่ 4	152
ภาพที่ 3.73 แสดงงานกัดชิ้นงานคมตัดที่ 4 ด้านปลายตัด	152
ภาพที่ 3.74 แสดงรูปชิ้นงานหลังจากการกัดผิวละเอียด (Finishing)	153
ภาพที่ 3.75 แสดงรูปชิ้นงานหลังจากการกัดผิวละเอียด (Finishing)	153
ภาพที่ 3.76 เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์นำเข้ากับชิ้นงานที่ผลิตขึ้นใหม่(ต้นแบบ)	153
ภาพที่ 3.77 แสดงการจับยึดชิ้นงานกับอุปกรณ์จับยึดเพื่อเจาะ วางแผ่นรองและแผ่นมีดตัด	154
ภาพที่ 3.78 แสดงการเจาะชิ้นงานเพื่อจับยึดแผ่นรองและแผ่นมีดตัด	154
ภาพที่ 3.79 หลังจากการเจาะรูเพื่อยึดแผ่นรองและแผ่นมีดตัด	154
ภาพที่ 3.80 แสดงการทำกรียวเพื่อยึดแผ่นรองและแผ่นมีดตัด	155
ภาพที่ 3.81 แสดงการจับยึดแผ่นรองและแผ่นมีดกัด	155
ภาพที่ 3.82 แสดงชิ้นงานที่ผลิตเสร็จ (ต้นแบบ) ก่อนการปรับแต่งขั้นสุดท้าย	155
ภาพที่ 3.83 แสดงการกลึงปาดหน้าให้ได้ตามแบบ	156
ภาพที่ 3.84 แสดงค้ำมีดกัดหลังจากกลึงปาดหน้าตามแบบ	156

ภาพที่ 3.85 แสดงการจับยึดแผ่นมิดกับค้ำมิดกัก	156
ภาพที่ 3.86 เตรียมวัสดุ S 50 C เพื่อทำการทดสอบการใช้งาน	157
ภาพที่ 3.87 นำไปจับยึดกับโต๊ะงานเพื่อเจาะรู	157
ภาพที่ 3.88 ปรับตั้งค่าเครื่องมือก่อนทำการเจาะรู	157
ภาพที่ 3.89 ปรับตั้งค่าแวนอนของชิ้นงานทดลอง	158
ภาพที่ 3.90 เจาะรูชิ้นงานทดลองเพื่อจับยึดกับโต๊ะงานได้ง่าย	158
ภาพที่ 3.91 เจาะให้เป็นบ่าเพื่อการจับยึดชิ้นงานให้แน่นขณะทดลอง	158
ภาพที่ 3.92 แสดงการกัดปาดหน้าวัสดุที่ใช้ในการทดสอบการใช้งานของค้ำมิดกัก	159
ภาพที่ 3.93 แสดงชิ้นงานทดลองหลังจากการกัดปาดหน้าเรียบร้อยแล้ว	159
ภาพที่ 3.94 การ Set tool โดยใช้ค้ำมิดกักนำเข้าไปปรับตั้งค่าต่างๆ ก่อนการกัดงานจริง	159
ภาพที่ 3.95 แสดงการกัดชิ้นงานทดลองภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดสำหรับแผ่นมิดนำเข้า	160
ภาพที่ 3.96 แสดงการกัดวัสดุครั้งที่ 1 ด้วยค้ำมิดนำเข้า	160
ภาพที่ 3.97 แสดงการกัดวัสดุครั้งที่ 2 ด้วยค้ำมิดนำเข้า	160
ภาพที่ 3.98 แสดงการกัดชิ้นงานทดลองครั้งที่ 3 ด้วยค้ำมิดนำเข้า	161
ภาพที่ 3.99 การปรับแต่ง (Fitting)	161
ภาพที่ 3.100 จับยึดชิ้นงานทดลองและกัดปาดผิวหน้าเพื่อเตรียมชิ้นงานทดสอบสำหรับค้ำมิดกักที่ผลิตขึ้นมาใหม่(ต้นแบบ)	161
ภาพที่ 3.101 ประกอบแผ่นรองและแผ่นมิดเข้ากับค้ำมิดกัก	162
ภาพที่ 3.102 นำค้ำมิดไปจับยึดกับอุปกรณ์จับยึดบนเครื่องจักรกลอัตโนมัติ	162
ภาพที่ 3.103 ปรับตั้งเครื่องมือเพื่อทำการกัดชิ้นงานทดลองเพื่อวัดประสิทธิภาพของค้ำมิดกักแต่ละแบบ	162
ภาพที่ 3.104 แสดงการกัดวัสดุครั้งที่ 1 ด้วยค้ำมิดกักที่ผลิตขึ้นมาใหม่(ต้นแบบ)	163
ภาพที่ 3.105 แสดงการกัดวัสดุครั้งที่ 2 ด้วยค้ำมิดกักที่ผลิตขึ้นมาใหม่(ต้นแบบ)	163
ภาพที่ 3.106 แสดงการกัดวัสดุครั้งที่ 3 ด้วยค้ำมิดกักที่ผลิตขึ้นมาใหม่(ต้นแบบ)	163
ภาพที่ 3.107 เครื่องทดสอบความเร็วผิว	164
ภาพที่ 3.108 เครื่องวัดความเร็วผิว	164
ภาพที่ 3.109 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน	165
ภาพที่ 3.110 สว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมิด	166
ภาพที่ 3.111 ตัวอย่างรูปทรงทางเลขาคณิตของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมิด	172
ภาพที่ 3.112 สว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมิดยี่ห้อ MITSUBISHI	173
ภาพที่ 3.113 สว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมิดยี่ห้อ WALTER	174

ภาพที่ 3.114	สว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดชี้ห่อ SANDVIK	174
ภาพที่ 3.115	แสดงการกำหนดขนาดของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดชี้ห่อ SANDVIK	175
ภาพที่ 3.116	แสดงการกำหนดขนาดของส่วนจับยึดแผ่นมีด NO.1 ตราผลิตภัณฑ์ SANDVIK	176
ภาพที่ 3.117	แสดงส่วนจับยึดแผ่นมีด NO.2 ของด้ามมีดตราผลิตภัณฑ์ SANDVIK	177
ภาพที่ 3.118	แสดงสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดชี้ห่อ WALTER	178
ภาพที่ 3.119	การจับยึดแผ่นมีด NO.1 ที่ใช้ทำการชี้ห่อของ WALTER	179
ภาพที่ 3.120	แสดงการจับยึดแผ่นมีด NO.2 ที่ใช้ทำการจับยึดแผ่นมีดชี้ห่อของ WALTER	180
ภาพที่ 3.121	แบบแสดงถึงด้ามทั้งหมดของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดชี้ห่อ MITSUBISHI	181
ภาพที่ 3.122	แสดงการจับยึดแผ่นมีด NO.1 ของ MITSUBISHI	182
ภาพที่ 3.123	แสดงการจับยึดแผ่นมีด NO.2 ของ MITSUBISHI	183
ภาพที่ 3.124	เครื่องตรวจวัดรูปทรงทางเลขาคณิต (Measuring Microscope)	184
ภาพที่ 3.125	เครื่องโปรไฟล์โปรเจกเตอร์ (Profile Projector)	185
ภาพที่ 3.126	การตรวจสอบด้วย ไมโครมิเตอร์ และเวอร์เนียสคาลิปเปอร์	185
ภาพที่ 3.127	การตรวจสอบด้วย เครื่องตรวจวัดรูปทรงทางเลขาคณิต (Measuring Microscope)	186
ภาพที่ 3.128	การตรวจสอบขนาดด้วย เครื่องโปรไฟล์เจกเตอร์ (Profile Projector)	186
ภาพที่ 3.129	เครื่องทดสอบหาความแข็ง Hardness Testing	190
ภาพที่ 3.130	เครื่อง Emission Spectrometer	191
ภาพที่ 3.131	วัตถุดิบสำหรับผลิตสว่านแบบถอดเปลี่ยนมีดมีด (ต้นแบบ)	192
ภาพที่ 3.132	เครื่องกลึง CNC ชีห่อ HASS AUTOMATION	193
ภาพที่ 3.133	หัวจับ Cutting Tools	193
ภาพที่ 3.134	ชิ้นงานทดสอบ	193
ภาพที่ 4.1	ด้ามมีดกลึงที่ผลิตขึ้นเป็นต้นแบบและแผ่นมีดสำหรับกลึงปอก	198
ภาพที่ 4.2	กำหนดรูปแบบการตรวจสอบกระบวนการเบื้องต้นที่ต้องการวัด	198
ภาพที่ 4.3	แสดงวิธีการตรวจสอบความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการกลึงปอกด้วยมีดกลึงต้นแบบ	199
ภาพที่ 4.4	Microscope	200
ภาพที่ 4.5	แสดงขณะทำการวางเศษกลึงเพื่อตรวจสอบขนาดความหนา	200
ภาพที่ 4.6	แสดงการเนียนบริเวณการตัด	201
ภาพที่ 4.7	แสดงลักษณะเศษกลึงและการกำหนดขนาดความหนาเศษกลึง	201
ภาพที่ 4.8	แผนภูมิเปรียบเทียบแรงในขณะกลึง	205
ภาพที่ 4.9	แผนภูมิเปรียบเทียบระยะโค้งของด้ามมีดในขณะกลึง	205

ภาพที่ 4.10	ด้ามต้นแบบ	206
ภาพที่ 5.1	กราฟเปรียบเทียบส่วนผสมทางเคมีของหัวกัศแต่ละตราผลิตภัณฑ์	209
ภาพที่ 5.2	กราฟเปรียบเทียบความแข็งของหัวกัศแต่ละตราผลิตภัณฑ์	210
ภาพที่ 5.3	ขนาดที่ได้จากการตรวจสอบหัวกัศตราผลิตภัณฑ์ A	223
ภาพที่ 5.4	ขนาดที่ได้จากการตรวจสอบหัวกัศตราผลิตภัณฑ์ B	232
ภาพที่ 5.5	ขนาดที่ได้จากการตรวจสอบหัวกัศตราผลิตภัณฑ์ C	241
ภาพที่ 5.6	ชิ้นงานเหล็กกล้า SNCM 439	242
ภาพที่ 5.7	ปาดผิวหน้าชิ้นงาน	242
ภาพที่ 5.8	เจาะรูและคว้านด้านใน	243
ภาพที่ 5.9	คว้านรู	243
ภาพที่ 5.10	กัศร่องลิ้ม	244
ภาพที่ 5.11	กลึงขึ้นรูปผิวงานด้านนอก	244
ภาพที่ 5.12	กัศร่องทำพื้น	245
ภาพที่ 5.13	ชิ้นงานสำเร็จ	245
ภาพที่ 5.14	แสดงแผนภูมิสองมือของการประกอบหัวกัศ A (ค่าเฉลี่ย)	246
ภาพที่ 5.15	แสดงแผนภูมิสองมือของการประกอบหัวกัศ C (ค่าเฉลี่ย)	247
ภาพที่ 5.16	แสดงแผนภูมิสองมือของการประกอบหัวกัศ B (ค่าเฉลี่ย)	248
ภาพที่ 6.1	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตด้ามมีดกัศแบบ 4 คมตัด	250
ภาพที่ 6.1	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตด้ามมีดกัศแบบ 4 คมตัด (ต่อ)	251
ภาพที่ 6.1	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตด้ามมีดกัศแบบ 4 คมตัด (ต่อ)	252
ภาพที่ 6.1	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตด้ามมีดกัศแบบ 4 คมตัด (ต่อ)	253
ภาพที่ 6.1	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตด้ามมีดกัศแบบ 4 คมตัด (ต่อ)	254
ภาพที่ 6.1	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตด้ามมีดกัศแบบ 4 คมตัด (ต่อ)	255
ภาพที่ 6.1	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตด้ามมีดกัศแบบ 4 คมตัด (ต่อ)	256
ภาพที่ 6.2	แสดงภาพด้านข้างของด้ามมีดกัศแบบ 4 คมตัด	259
ภาพที่ 6.3	แสดงภาพด้านหน้าของด้ามมีดกัศแบบ 4 คมตัด	259
ภาพที่ 6.4	แสดงด้ามมีดกัศแบบ 4 คมตัดจากด้านข้าง	260
ภาพที่ 6.5	แสดงแบบของด้ามมีดกัศแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดจากด้านข้าง	260
ภาพที่ 6.6	แผนภูมิแสดงการทดสอบงานกัดที่ความยาว 300 mm	262
ภาพที่ 6.7	แผนภูมิแสดงการทดสอบงานกัดที่ความยาว 600 mm	262
ภาพที่ 6.8	แผนภูมิแสดงการทดสอบงานกัดที่ความยาว 900 mm	263

ภาพที่ 6.9 แผนภูมิแสดงผลค่าความเรียบผิวของชิ้นงานจากระ่องกัดที่มีความยาว 300 mm	263
ภาพที่ 6.10 แผนภูมิแสดงผลค่าความเรียบผิวของชิ้นงานจากระ่องกัดที่มีความยาว 600 mm	264
ภาพที่ 6.11 แผนภูมิแสดงผลค่าความเรียบผิวของชิ้นงานจากระ่องกัดที่มีความยาว 900 mm	264
ภาพที่ 7.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะชิ้นงานด้วยค้ำมมีดเจาะนำเข้า และค้ำมมีดเจาะคั่นแบบ	266
ภาพที่ 7.2 ขนาดความลึก (depth of cut) ของการเจาะชิ้นงาน AISI 1050	267
ภาพที่ 7.3 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A ด้านปลายเจาะ	267
ภาพที่ 7.4 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ B ด้านปลายเจาะ	267
ภาพที่ 7.5 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C ด้านปลายเจาะ	268
ภาพที่ 7.6 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นใหม่ด้านปลายเจาะ	268
ภาพที่ 7.7 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A ด้านจับยึดแผ่นมีดนำเจาะ	268
ภาพที่ 7.8 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ B ด้านจับยึดแผ่นมีดนำเจาะ	268
ภาพที่ 7.9 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C ด้านจับยึดแผ่นมีดนำเจาะ	269
ภาพที่ 7.10 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นใหม่(D)ด้านจับยึดแผ่นมีดนำเจาะ	269
ภาพที่ 7.11 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A แสดงแผ่นเจาะด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	269
ภาพที่ 7.12 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ B แสดงแผ่นเจาะด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	269
ภาพที่ 7.13 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C แสดงแผ่นเจาะด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	270
ภาพที่ 7.14 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นใหม่ (D)แสดงแผ่นเจาะด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	270
ภาพที่ 7.15 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A ด้านปลายเจาะ	270
ภาพที่ 7.16 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ B ด้านปลายเจาะ	270
ภาพที่ 7.17 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C ด้านปลายเจาะ	271
ภาพที่ 7.18 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นใหม่(D) ด้านปลายเจาะ	271
ภาพที่ 7.19 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A ด้านจับยึดแผ่นมีดนำเจาะ	271
ภาพที่ 7.20 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ B ด้านจับยึดแผ่นมีดนำเจาะ	271
ภาพที่ 7.21 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C ด้านจับยึดแผ่นมีดนำเจาะ	272
ภาพที่ 7.22 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นใหม่ (D) ด้านจับยึดแผ่นมีดนำเจาะ	272
ภาพที่ 7.23 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A แสดงแผ่นเจาะด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	272
ภาพที่ 7.24 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ B แสดงแผ่นเจาะด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	272
ภาพที่ 7.25 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C แสดงแผ่นเจาะด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	273

ภาพที่ 7.26 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นใหม่(D) แสดงแผ่นเจาะ	
ด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	273
ภาพที่ 7.27 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A	273
ภาพที่ 7.28 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ B	273
ภาพที่ 7.29 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C	274
ภาพที่ 7.30 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นใหม่(D)	274
ภาพที่ 7.31 รูปแสดงส่วแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดของแต่ละผลิตภัณฑ์	
และผลิตภัณฑ์ต้นแบบ(D)	274
ภาพที่ 7.32 ผลิตภัณฑ์ด้ามมีดกัดและด้ามมีดกลึงที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้งาน	
กับแผ่นมีดชนิดเดียวกันขนาด 6.74 x 6.74 x 2.8 mm	275
ภาพที่ 7.33 แผ่นมีดขนาด 6.74 x 6.74 x 2.8 mm. ใช้สำหรับด้ามมีดกลึงกัดและเจาะ	275
ภาพที่ 7.34 ด้ามมีดที่ผลิตขึ้นใหม่เป็นชุดเครื่องมือตัดราคาประหยัดสามารถใช้	
แผ่นมีดขนาดเดียวกันสำหรับใช้ในการทำงานกลึง กัดและเจาะ	276
ภาพที่ 7.35 แสดงเครื่องมือตัดที่ใช้แผ่นมีดร่วมกัน เป็นชุดเครื่องมือตัดราคาประหยัด	
เนื่องจากใช้แผ่นมีดร่วมกันได้ทั้ง 3 ลักษณะงาน ประกอบด้วย กลึง กัด และเจาะ	276
ภาพที่ 7.36 แสดงแผ่นมีดขนาด 6.74 x 6.74 x 2.8 mm. และด้ามมีดกลึง กัด และเจาะ	277
ภาพที่ 7.37 แสดงด้ามมีดสำหรับงานเจาะ (Drilling) ด้ามมีดสำหรับงานกลึง(Truning)	
และด้ามมีดสำหรับงานกัด (Milling) ที่สามารถใช้แผ่นมีด (Insert tools) ขนาดระรูปทรง	
เดียวกันได้ ตามลักษณะการจับยึดด้วยกสรูยึด	277
ภาพที่ 7.38 แผ่นชิ้นงานที่ใช้ทดสอบการใช้งานกับด้ามมีดแต่ละตราผลิตภัณฑ์	
รวมถึงด้ามมีดที่ผลิตขึ้นใหม่ (D)	278
ภาพที่ 7.39 แผ่นชิ้นงานหลังการทดสอบด้วยชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A	278
ภาพที่ 7.40 แผ่นชิ้นงานหลังการทดสอบด้วยชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ B	279
ภาพที่ 7.41 แผ่นชิ้นงานหลังการทดสอบด้วยชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C	279
ภาพที่ 7.42 แผ่นชิ้นงานหลังการทดสอบด้วยชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นใหม่ (D)	280
ภาพที่ 7.43 เศษเจาะที่ได้จากการทดสอบด้วยชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A	280
ภาพที่ 7.44 เศษเจาะที่ได้จากการทดสอบด้วยชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ B	281
ภาพที่ 7.45 เศษเจาะที่ได้จากการทดสอบด้วยชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C	281
ภาพที่ 7.46 เศษโลหะจากการเจาะ ด้วยทดสอบชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นใหม่ (D)	282
ภาพที่ 7.47 ขั้นตอนการผลิตส่วแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด	284
ภาพที่ 7.47 ขั้นตอนการผลิตส่วแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด (ต่อ)	285

ภาพที่ 7.48 ค้ามมีดเจาะที่ผลิตขึ้นใหม่ (ต้นแบบ)	286
ภาพที่ 7.50 ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของผลิตภัณฑ์ A	287
ภาพที่ 7.51 ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของผลิตภัณฑ์ B	287
ภาพที่ 7.52 ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของผลิตภัณฑ์ C	288
ภาพที่ 8.1 กำหนดระนาบเอียงที่ต้องการวัด	289
ภาพที่ 8.2 ตัวอย่างชุดเครื่องมือตัดต้นแบบราคาประหยัด	294
ภาพที่ 8.3 ชุดเครื่องมือสำหรับงานกลึง กัด เจาะ	295
ภาพที่ 8.4 ต้นแบบของเครื่องมือตัดสำหรับงานกลึง กัด เจาะ	295



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 ผลการทดลองหามุมเฉือนจากการกลึงด้วยมีด (กลึงที่มีมุมคายเศษต่างกัน)	18
ตารางที่ 2.2 กราฟแสดงการเฉือน (Shear angle)	18
ตารางที่ 2.3 แสดงผลการคำนวณโดยรวม	23
ตารางที่ 2.4 ค่าหน่วยแรงม้า (Up)	39
ตารางที่ 2.5 แสดงค่าความเร็วตัดสำหรับกระบวนการผลิตโดยเครื่องเจาะ	44
ตารางที่ 3.1 ผลการตรวจขนาดด้ามมีดกลึงโดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์วัด	50
ตารางที่ 3.2 ผลการตรวจสอบระนาบเอียง Kennametal 45°	52
ตารางที่ 3.2 ผลการตรวจสอบระนาบเอียง Kennametal 45° (ต่อ)	53
ตารางที่ 3.3 ผลการตรวจสอบระนาบเอียง Widia 45°	54
ตารางที่ 3.3 ผลการตรวจสอบระนาบเอียง Widia 45° (ต่อ)	55
ตารางที่ 3.4 ผลการตรวจสอบระนาบเอียง Kennametal 75°	56
ตารางที่ 3.4 ผลการตรวจสอบระนาบเอียง Kennametal 75° (ต่อ)	57
ตารางที่ 3.5 แสดงผลการทำสเปคโตร์ของด้ามมีดกลึง Kennametal 75°	58
ตารางที่ 3.6 แสดงผลการทำสเปคโตร์ของด้ามมีดกลึง WIDIA 45°	59
ตารางที่ 3.7 แสดงผลการทำสเปคโตร์ของด้ามมีดกลึง Kennametal 45°	60
ตารางที่ 3.8 ค่าความหยาบผิวงานที่กลึงด้วยมีดกลึง Kennametal 75°	65
ตารางที่ 3.9 ค่าความหยาบผิวงานที่กลึงด้วยมีดกลึง Widia 45°	65
ตารางที่ 3.10 ค่าความหยาบผิวงานที่กลึงด้วยมีดกลึง Kennametal 45°	65
ตารางที่ 3.11 ผลการตรวจสอบขนาดความหนาของเศษกลึงจากการใช้ ด้ามมีด Kennametal 75°	68
ตารางที่ 3.12 ผลการตรวจสอบขนาดความหนาของเศษกลึงจากการใช้ด้ามมีด Widia 45°	69
ตารางที่ 3.13 ผลการตรวจสอบขนาดความหนาของเศษกลึงจากการใช้ ด้ามมีด Kennametal 45°	70
ตารางที่ 3.14 ข้อมูลขนาดรูปทรงเรขาคณิตของหัวกัด A	85

ตารางที่ 3.15	ข้อมูลขนาดรูปทรงเรขาคณิตของแผ่นมีด A	85
ตารางที่ 3.16	ข้อมูลขนาดรูปทรงเรขาคณิตของหัวกัดของ B	86
ตารางที่ 3.17	ข้อมูลขนาดรูปทรงเรขาคณิตของแผ่นมีด B	86
ตารางที่ 3.18	ข้อมูลขนาดรูปทรงเรขาคณิตของหัวกัด C	87
ตารางที่ 3.19	ข้อมูลขนาดรูปทรงเรขาคณิตของแผ่นมีด C	87
ตารางที่ 3.20	ข้อมูลขนาดรูปทรงเรขาคณิตของหัวกัด D	88
ตารางที่ 3.21	ข้อมูลขนาดรูปทรงเรขาคณิตของแผ่นมีด D	88
ตารางที่ 3.22	ข้อมูลขนาดรูปทรงเรขาคณิตของหัวกัด E	89
ตารางที่ 3.23	ข้อมูลขนาดรูปทรงเรขาคณิตของแผ่นมีด E	89
ตารางที่ 3.24	เปรียบเทียบขนาดของหัวกัดปาดผิวราบแต่ละตราผลิตภัณฑ์ชนิด 6 มมตัด	90
- ตารางที่ 3.25	เปรียบเทียบขนาดแผ่นมีดทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสแต่ละตราผลิตภัณฑ์ ที่ใช้งานร่วมกับหัวกัด	91
ตารางที่ 3.26	ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าผสมนิกเกิล โครเมียมและ โมลิบดีนัม Nickel - Chromium - Molybdenum (Ni-Cr-Mo)	93
ตารางที่ 3.27	มาตรฐานการตัดเฉือนของแผ่นมีดแต่ละตราผลิตภัณฑ์ (Cutting conditions)	120
ตารางที่ 3.28	ตารางแสดงค้ำมีดกัดตราผลิตภัณฑ์ Sandvik	131
ตารางที่ 3.29	ตารางแสดงค้ำมีดกัดตราผลิตภัณฑ์ Mitsubishi	132
ตารางที่ 3.30	ตาราง เปรียบเทียบขนาดของชุดค้ำมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด ของแต่ละตราผลิตภัณฑ์	133
ตารางที่ 3.31	เปรียบเทียบขนาดแผ่นมีดกัด (Insert) ของแต่ละตราผลิตภัณฑ์ (ทรง S)	133
ตารางที่ 3.32	เปรียบเทียบราคาของแต่ละตราผลิตภัณฑ์	135
ตารางที่ 3.33	ตารางแสดงส่วนผสมทางเคมี ของเหล็ก SNCM 439	144
ตารางที่ 3.34	ตารางแสดงขนาดเครื่องกัด CNC ยี่ห้อ MIKRON VCF 1200 Pro	146
ตารางที่ 3.35	ตารางแสดงผลิตภัณฑ์ของยี่ห้อ SANDVIK	167
ตารางที่ 3.36	ตารางแสดงผลิตภัณฑ์ของยี่ห้อ WALTER	168
ตารางที่ 3.37	ตารางแสดงผลิตภัณฑ์ของยี่ห้อ MITSUBISHI	169
ตารางที่ 3.38	ตารางเปรียบเทียบสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด แบบ 2 มมตัด	170
ตารางที่ 3.39	ตารางเปรียบเทียบสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด แบบ 2 มมตัด	171

ตารางที่ 3.40 แสดงเงื่อนไขการตัดเฉือนของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด 2 คมตัด	172
ตารางที่ 3.41 แสดงตราผลิตภัณฑ์และราคาของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด 2 คมตัด ของแต่ละตราผลิตภัณฑ์	173
ตารางที่ 3.42 ตารางแสดงขนาดสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด	187
ตารางที่ 3.42 ตารางแสดงขนาดสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด	187
ตารางที่ 3.42 ตารางแสดงขนาดสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด	188
ตารางที่ 3.42 ตารางแสดงขนาดสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด	188
ตารางที่ 3.42 ตารางแสดงขนาดสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด	189
ตารางที่ 4.1 ผลการวัดระนาบเอียงด้วยเครื่อง CMM	197
ตารางที่ 4.1 ผลการวัดระนาบเอียงด้วยเครื่อง CMM (ต่อ)	198
ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจสอบขนาดความหนาของเศษกึ่งจากการ ใช้ด้ามมีดที่ผลิตขึ้น (ต้นแบบ)	202
ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีของหัวกัดทั้ง 3 ตราผลิตภัณฑ์	207
ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบความแข็ง โดยวิธีการกดแบบร็อกเวลล์สเกลซี (Rockwell C)	210
ตารางที่ 5.3 ผลการตรวจสอบขนาดในส่วนของความกว้าง ความยาว ความสูง	210
ตารางที่ 5.3 ผลการตรวจสอบขนาดในส่วนของความกว้าง ความยาว ความสูง(ต่อ)	211
ตารางที่ 5.3 ผลการตรวจสอบขนาดในส่วนของความกว้าง ความยาว ความสูง(ต่อ)	211
ตารางที่ 5.3 ผลการตรวจสอบขนาดในส่วนของความกว้าง ความยาว ความสูง(ต่อ)	211
ตารางที่ 5.3 ผลการตรวจสอบขนาดในส่วนของความกว้าง ความยาว ความสูง(ต่อ)	211
ตารางที่ 5.3 ผลการตรวจสอบขนาดในส่วนของความกว้าง ความยาว ความสูง(ต่อ)	212
ตารางที่ 5.3 ผลการตรวจสอบขนาดในส่วนของความกว้าง ความยาว ความสูง(ต่อ)	212
ตารางที่ 5.3 ผลการตรวจสอบขนาดในส่วนของความกว้าง ความยาว ความสูง(ต่อ)	212
ตารางที่ 5.3 ผลการตรวจสอบขนาดในส่วนของความกว้าง ความยาว ความสูง(ต่อ)	212
ตารางที่ 5.3 ผลการตรวจสอบขนาดในส่วนของความกว้าง ความยาว ความสูง(ต่อ)	213
ตารางที่ 5.3 ผลการตรวจสอบขนาดในส่วนของความกว้าง ความยาว ความสูง(ต่อ)	213
ตารางที่ 5.4 ผลการตรวจสอบขนาดรูปทรงเรขาคณิตหัวกัดในส่วนของขนาดที่เป็นรัศมี	213
ตารางที่ 5.5 ผลการตรวจสอบขนาดรูปทรงเรขาคณิตหัวกัดในส่วนของขนาดที่เป็นมุม	213
ตารางที่ 5.5 ผลการตรวจสอบขนาดรูปทรงเรขาคณิตหัวกัดในส่วนของขนาดที่เป็นมุม(ต่อ)	214

ตารางที่ 5.5 ผลการตรวจสอบขนาดรูปร่างเรขาคณิตหัวกัดในส่วนของขนาดที่เป็นมุม(ต่อ)	214
ตารางที่ 5.5 ผลการตรวจสอบขนาดรูปร่างเรขาคณิตหัวกัดในส่วนของขนาดที่เป็นมุม(ต่อ)	214
ตารางที่ 5.6 แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณการตัดเฉือนของหัวกัดแต่ละตราผลิตภัณฑ์	245
ตารางที่ 5.7 ราคาหัวกัดแต่ละตราผลิตภัณฑ์	249
ตารางที่ 6.1 ผลการวัดความแข็งของด้ามมีดกัดแบบ 4 คมตัด	257
ตารางที่ 6.2 ผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีของด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด	257
ตารางที่ 6.2 ผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีของด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด (ต่อ)	258
ตารางที่ 6.3 ผลการทดสอบความเรียบผิวด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด Ra (μm)	258
ตารางที่ 6.4 ตารางบันทึกผลการทดสอบการกัดชิ้นงานของทั้งสองผลิตภัณฑ์	261
ตารางที่ 7.1 ตารางเปรียบเทียบการเจาะรูด้วยสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด	265
ตารางที่ 8.1 เปรียบผลการตรวจสอบขนาดด้ามนำเข้า(เดิม) กับด้ามที่ผลิตขึ้นใหม่	289
ตารางที่ 8.2 จากการศึกษาลักษณะส่วนผสมทางเคมี	290
ตารางที่ 8.3 จากการทดสอบกลึงปอกผิวชิ้นงาน	290
ตารางที่ 8.4 ผลการวัดความแข็งของด้ามมีดกัดแบบ 4 คมตัด	292
ตารางที่ 8.5 ผลการทดสอบความเรียบผิวด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด Ra (μm)	292
ตารางที่ 8.6 ผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีของด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด	293
ตารางที่ 8.7 ผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีของด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด(ต่อ)	293

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

1.1.1 การขาดดุลทางการค้าและการส่งเสริมจากหน่วยงานรัฐ จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล ในอุตสาหกรรมเครื่องมือตัด(Cutting tools industry) พบว่าปัจจุบันการใช้เครื่องมือตัดในงานตัดปาดผิว (Metal removal) หรือตัดแต่งขึ้นรูป (Machining) เพื่อผลิตชิ้นส่วนและแม่พิมพ์ประเทศไทยมีปริมาณการนำเข้า ปี พ.ศ. 2548 มีมูลค่ามากกว่า 3,500 ล้านบาท แนวโน้มนำเข้าสูงขึ้นมากกว่าร้อยละ 25 ตลอด 5 ปีที่ผ่านมา (ที่มา : กรมศุลกากร กระทรวงการคลัง) ซึ่งถือว่าสูงมาก เนื่องจากประเทศไทยมีสถานประกอบการในในฐานะผู้ใช้ (End User) ทั้งขนาดใหญ่และเล็ก มากกว่า 2,000 บริษัท (ที่มา : กระทรวงอุตสาหกรรม และกรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์) ไม่รวมสถานประกอบการที่มีการใช้งานเพื่อการซ่อม สร้างชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมอื่น ๆ และไม่รวมหน่วยงานของรัฐที่เป็นผู้ใช้เครื่องมือตัดเพื่อการศึกษา การวิจัยและอื่น ๆ แต่พบว่าประเทศไทยขาดดุล มีการส่งออกผลิตภัณฑ์ดังกล่าวในสัดส่วนน้อยมากซึ่งก็เป็นสินค้าของผู้ผลิตจากต่างชาติเข้ามาลงทุนถือว่าประเทศไทยขาดดุลสินค้าชนิดดังกล่าวสูงมาก มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง รัฐบาลจึงให้ความสำคัญ โดยตามประกาศของคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ที่ 7/2546 ลงวันที่ 16 ตุลาคม 2546 กำหนดให้มีการสนับสนุนและส่งเสริมให้มีการลงทุนด้านการผลิตอุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์สำหรับงาน กัด กลึง เจาะ เจียรระโน และทำเกลียว ใช้กับเครื่องจักรกลที่มีความเที่ยงตรงสูง (High precision) และส่งเสริมการผลิตชิ้นส่วนผงโลหะอัดขึ้นรูป (Sintered Product) โดยจัดเป็นอุตสาหกรรมที่ให้ความสำคัญเป็นพิเศษ(ที่มา : BOI) แต่ปรากฏว่าจนถึงปัจจุบันผลงานวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ และการลงทุนในอุตสาหกรรมดังกล่าวมีน้อยมาก ผู้ผลิตที่มีอยู่เดิมในประเทศไม่สามารถแข่งขันได้ จึงเป็นความสำคัญและที่มาของการเสนองานวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้มีโอกาสผลิตและแข่งขันได้มากขึ้นในอนาคต

1.1.2 จากการศึกษาวิจัยอุตสาหกรรมเครื่องมือตัด พบโอกาสต่าง ๆ เกี่ยวกับแนวทางการสร้างความเข้มแข็งในอุตสาหกรรมเครื่องมือตัด ผลการวิเคราะห์โครงสร้างอุตสาหกรรม พบว่ามีผู้ผลิตมากกว่า 100 รายทั่วโลกที่ผลิตเครื่องมือตัดด้วยตราผลิตภัณฑ์ของตน แต่มีผู้ผลิตที่เป็นผู้นำ (Key player) จำนวน 5 ราย ได้แก่ SANDVIK , KENNAMETAL , SUMITOMO MITSUBISHI และ ISCAR โดยเฉพาะ SANDVIK นั้น (ซึ่งปัจจุบันควมรวมกิจการกับตราผลิตภัณฑ์ SECO TOOLS) ในปี พ.ศ. 2548 มีรายได้สูงสุด เป็นผู้ผลิตรายเดียวที่จำหน่ายเครื่องมือตัดกว่า 10 ยี่ห้อ ประกอบด้วย SECO TOOLS , Sandvik, Sandvik Coromant, Walter, Valenite, Safety, Titex, Dormer, Prototyp, และ Twist Drill เป็นผู้นำที่มีศักยภาพสูงตามตารางที่ 1 รองลงมาเป็น Kenametal , Sumitomo , Iscar, Mitsubishi และ Kyocera ตามลำดับ และมี

แนวโน้มสูงขึ้น ร้อยละ 14.07 – 28.00 มีตลาดมากกว่า 130 ประเทศรวมทั้งประเทศไทย ผู้นำเหล่านี้ครองส่วนแบ่งตลาดด้วยชุดเครื่องมือตัดมาตรฐานสากล และเน้นการพัฒนาวัสดุและเทคโนโลยีการผลิตใหม่ ๆ อย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว ตัวอย่างเช่น ผู้ผลิต Sandvik ให้ความสำคัญด้านการวิจัยด้วยงบประมาณในปี พ.ศ.2548 สูงถึง 1,000 ล้านบาท เพื่อการวิจัยและพัฒนา สามารถผลิตผลงานวิจัยเครื่องมือตัดกว่า 800 ผลงานในปี พ.ศ. 2548 และพัฒนาต่อยอดสู่การผลิตสินค้าจำหน่ายได้มากกว่า 20 ผลิตภัณฑ์ ขยายธุรกิจครอบคลุมพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วโลก (ที่มา : Annual report The Sandvik World 2005/2006) จากการศึกษาพบว่าผู้ผลิตรายใหญ่เหล่านี้จะไม่สามารถเปลี่ยนรูปแบบของสินค้าได้ในช่วงเวลาสั้น ๆ เนื่องจากสินค้าในตลาดเดิมส่วนใหญ่เป็นสินค้ามาตรฐานและมีลูกค้าจำนวนมากมูลค่าสูง การเปลี่ยนแปลงจะใช้ต้นทุนสูงเช่นกัน

ตารางที่ 1.1 ยอดขายของอุตสาหกรรมที่เป็นผู้นำในปี พ.ศ. 2548 (ที่มา : Annual report 2004-2005)

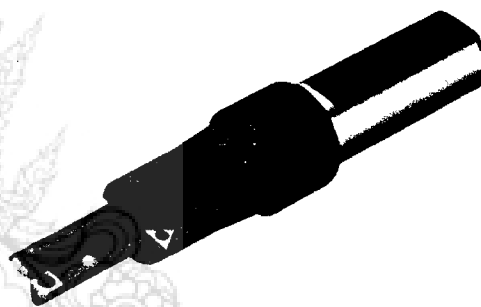
ลำดับ	อุตสาหกรรม	ยอดขาย (ล้านบาท)	อัตราการเติบโตเปรียบเทียบ 2547-2548
1	Sandvik	104,235	เพิ่มขึ้น 28.00 %
2	SECO TOOLS	24,595	เพิ่มขึ้น 14.07 %
3	Kennametal	52,000	เพิ่มขึ้น 18.00 %
4	Sumitomo	322.9 พันล้านบาท	เพิ่มขึ้น 17.50 %

ดังนั้น เครื่องมือตัดรูปทรงมาตรฐาน(Standard cutting tools) เป็นอุปกรณ์สิ้นเปลืองมีอายุการใช้งานสั้น หมดยุคอายุเร็ว เมื่อใช้งานต้องจับยึดกับค้ำจับ(Shank) หรือ Holder ซึ่งเป็นอุปกรณ์มาตรฐานที่มีอายุการใช้งานยาวนานกว่า จึงทำงานได้ ถ้าหากการตัดเฉือนรูปร่างและขนาดชิ้นงานเปลี่ยนไปก็ต้องเปลี่ยนคมตัด (Solid tools) หรือแผ่นมีดตัด (Insert tool) ใหม่ จำเป็นต้องเปลี่ยนค้ำจับด้วยเช่นกัน ดังนั้นการทำงานจึงใช้เวลาในการเปลี่ยนชิ้นส่วน นอกจากนั้นแผ่นมีดแต่ละขนาด (มาตรฐานของแผ่นมีดในปัจจุบันมีจำนวนกว่า 8 – 90 รูปแบบ) จะต้องใช้กับค้ำจับตามมาตรฐานของแผ่นมีดตัดแต่ละแบบ ต้องใช้สถานที่จัดเก็บมากขึ้นและดูแลยากขึ้น จากจำนวนชุดเครื่องมือมีจำนวนมาก เนื่องจากตลาดในปัจจุบันผู้ผลิตที่เป็นผู้นำเหล่านี้เป็นผู้กำหนดทิศทางด้านการตลาด ด้วยบทบาทที่ต้องการขยายจำนวนสินค้ามากขึ้น ๆ ให้มูลค่าตลาดสูงขึ้น ทั้ง ๆ ที่การทำงานในหลายรูปแบบสามารถใช้เครื่องมือตัดที่มีรูปร่างและขนาดเดียวกันได้แก่ แผ่นมีดกลึงปาดหน้า แผ่นมีดกลึงปอก แผ่นมีดกลึงผิวโค้ง แผ่นมีดคว้านรู แผ่นมีดการตัดร่อง แผ่นมีดกัดปาดผิว แผ่นมีดกัดผิวด้านข้าง กัดร่อง หรือแผ่นมีดสำหรับการกลึงและรวมถึงแผ่นมีดสำหรับงานเจาะ แต่ละชนิดต้องใช้เวลาเปลี่ยนบ่อย ๆ เป็นต้น ตัวอย่างเครื่องมือตัดในตลาดปัจจุบัน แสดงตามรูปที่ 1 ดังนั้น มีความเป็นไปได้สูง หากสามารถลดขั้นตอน ลดเวลาในการทำงาน และผู้ใช้ทำงานสะดวก รวมถึง

เวลาและพื้นที่จัดเก็บและการค้นหา หากใช้เครื่องมือตัดชนิดเดียวกันทำงานได้ทั้งการ กัด กัด และ เจาะ โดยออกแบบให้แตกต่างจากที่มีอยู่เดิมใช้งานได้หลายลักษณะงานมากขึ้น กับกลุ่มเป้าหมายกว่า 2,000 โรงงาน ที่เป็นผู้ใช้ในประเทศ ด้วยเหตุนี้ ผู้ผลิตรายใหญ่ที่เป็นผู้นำจะมีอุปสรรคและปัญหาเกิดขึ้น เช่น หากจะเปลี่ยนแปลงรูปทรงและขนาดตามสินค้าที่ต้องการพัฒนานั้นๆ แต่ครั้งจะต้องใช้ต้นทุนสูงและใช้เวลานานพอสมควรกับการเปลี่ยนคุณลักษณะของสินค้า โดยเฉพาะด้ามจับแผ่นมีดตัด (Tool holder) จึงกลายเป็นโอกาสที่ควรจะทำวิจัยนี้ให้พัฒนาชุดเครื่องมือตัดที่มีคุณลักษณะในการใช้งานทดแทนเครื่องมือตัดได้หลายแบบที่มีอยู่เดิม ผู้ใช้สะดวกมากขึ้น ต้นทุนลดลง ที่สำคัญคือเครื่องมือตัดที่ต้องการพัฒนาผลิตด้วยเทคโนโลยีที่มีในประเทศไทยมากกว่าร้อยละ 80 ให้เป็นตัวกำหนดด้านต้นทุนการผลิตต่ำกว่าสินค้านำเข้าอย่างชัดเจนและอยู่ภายใต้คุณภาพเทียบเท่ากับสินค้านำเข้าและต่อยอดเป็นสินค้าใช้งานในอุตสาหกรรมและพึ่งพาตนเองในอนาคต



(ก) ตัวอย่างด้ามจับและแผ่นมีดตัดสำหรับงานกลึง



(ข) ตัวอย่างด้ามจับและแผ่นมีดสำหรับงานเจาะ



(ค) ลักษณะต่าง ๆ ของด้ามจับแต่ละแบบสำหรับงานกัด

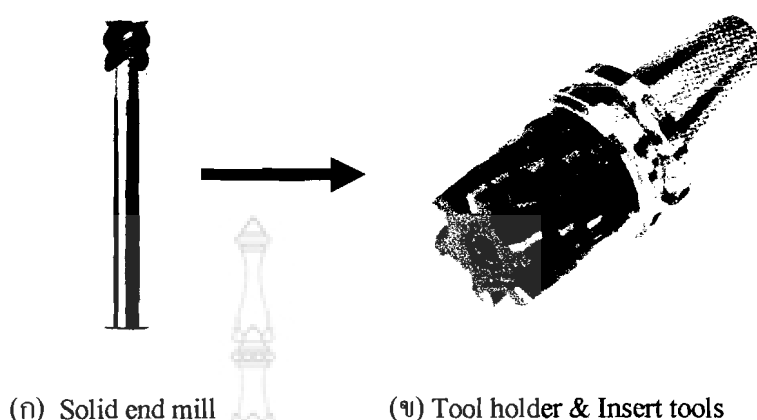


(ง) ตัวอย่างด้ามจับและแผ่นมีดสำหรับงานกัด

รูปที่ 1.1 ด้ามจับ (Holder) และแผ่นมีด (Insert tools) ในงาน กัด กัด และงานเจาะ ซึ่งมีรูปแบบต่างกัน

1.1.3 ผลการวิเคราะห์ผู้ผลิตในประเทศไทย พบว่าปัจจุบันมีผู้ผลิตในประเทศมากกว่า 10 ราย เป็นกิจการของไทยจำนวน 3 ราย ซึ่งความสามารถในการแข่งขันน้อยลง ๆ โดยพิจารณาจากผลดำเนินการและรายได้ (ที่มา : กรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ ในช่วง พ.ศ. 2545 - 2548)

เนื่องจากผู้ผลิตเหล่านี้มุ่งผลิตสินค้ามาตรฐานตามผู้นำที่มีความสามารถในการแข่งขันสูงกว่าในหลาย ๆ ด้าน ทำให้อุตสาหกรรมในประเทศแข่งขันได้ยาก พบว่าผู้ผลิตเหล่านี้ส่วนใหญ่มีรายได้จากการผลิตเครื่องมือตัดชนิดพิเศษ (Special tools) มากกว่าชนิดมาตรฐาน แต่มูลค่าไม่มาก ซึ่งเป็นประเด็นที่น่าสนใจต่อการพัฒนาให้แตกต่างจากสินค้ามาตรฐาน โดยเฉพาะด้านรูปทรงและขนาด (Geometry) เพื่อทดแทนการใช้เทคโนโลยีของแต่ละรายเกิดปัญหา ได้แก่ รอบเวลาการผลิต เช่น ผลิตสว่านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10-16 มิลลิเมตร หรือ เอ็นมิลล์ 4 คมตัด ขนาด 10 - 20 มิลลิเมตร ใช้เวลาในการเจียรในชิ้นรูปมากกว่า 15 -30 นาทีต่อชิ้น ซึ่งนานเกินไป เป็นการใช้เทคโนโลยีไม่คุ้มค่า เนื่องจากมูลค่านำเข้ามากกว่า 15 - 20 ล้านบาทต่อเครื่อง และแนวโน้มการแข่งขันรุนแรงมากขึ้น ปัจจุบันมีการลงทุนในประเทศเพิ่มขึ้น แต่ปรากฏว่าเป็นการลงทุนจากต่างชาติ ไม่พบบัณฑิตธุรกิจของไทยเข้ามาลงทุนในอุตสาหกรรมนี้เนื่องจากส่วนใหญ่มีเป้าหมายเพื่อผลิตแข่งกับสินค้าที่มีอยู่เดิม ต้องใช้เทคโนโลยีนำเข้าร้อยละ 100 ต้นทุนสูงและมีความเสี่ยงสูงเพราะผลิตตามหลังผู้นำเหล่านั้น จึงทำให้ไม่มีใครเข้ามาศึกษา ทำการวิจัยและลงทุน ถือว่าเป็นการเสียโอกาสในการแข่งขันของประเทศอย่างมาก เนื่องจากประเทศไทยเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนและแม่พิมพ์เพื่อรองรับการขยายตัวของอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้แก่ ยานยนต์ อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องจักรกลการเกษตรและอื่น ๆ ที่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือตัด และพบว่าเครื่องมือตัดมาตรฐานในปัจจุบัน ชนิด Solid tools เช่น สว่าน (Drills) เอ็นมิลล์ (End mills) ดอกกัด (Cutter) เป็นต้น คมตัดและค้ำจับเป็นวัสดุชิ้นเดียวกัน บางชนิดมีคมตัดเพียงร้อยละ 20 ของความยาวทั้งหมด เป็นการสิ้นเปลืองวัสดุ ค้ำจับ (Shank) กว่าร้อยละ 80 ดังรูปที่ 2 (ก) ซึ่งส่วนใหญ่มีลักษณะในแบบเดียวกัน สักส่วนใช้งานมีน้อยกว่าชัดเจน เป็นสาเหตุหนึ่งของต้นทุนการผลิตสูงราคาจำหน่ายสูง เป็นเครื่องมือใช้แบบสิ้นเปลือง ผู้ผลิตจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงนำเข้าจากต่างประเทศ เป็นอุปสรรคในการพัฒนาเครื่องมือตัดในรูปแบบมาตรฐานไม่สามารถแข่งขันได้ ในขณะที่เครื่องมือตัดนำเข้าก็มีราคาแพง ได้แก่ เอ็นมิลล์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ราคามากกว่า 450 - 1,600 บาท เป็นต้น ดังนั้น การผลิตเครื่องมือตัดด้วยเทคโนโลยีการผลิตในประเทศ โดยการออกแบบกระบวนการผลิตใหม่ ให้แตกต่างจากที่มีอยู่เดิมแนวคิดใหม่ (New concept) รูปร่างของผลิตภัณฑ์ไม่ซ้ำเดิมต้นทุนวัสดุลดลงกว่าร้อยละ 50 โดยใช้เทคโนโลยีการผลิตความเที่ยงตรงสูง (0.05 - 10.00 μ m) ประยุกต์ใช้เพื่อการผลิต ได้แก่ เครื่องกลึงอัตโนมัติ (CNC Lathe) เครื่องกัดอัตโนมัติ (CNC Milling) เครื่องเจาะ (Drilling) เครื่องเจียรใน (Grinding) เครื่องตัดด้วยลวดไฟฟ้า (Wire-cut , EDM) และการเคลือบผิวแข็ง (Coating) กระบวนการ PVD การใช้เทคโนโลยีนาโน (Nano coating) เป็นต้น



รูปที่ 1.2 ทิศทางการผลิตเครื่องมือตัดจาก Solid tool ในปัจจุบันเป็น Insert tools ในอนาคต

1.1.4 ความสำคัญและที่มาจากการผลการวิจัยและการพัฒนานวัตกรรมด้านเครื่องมือตัด พบว่า เฉพาะเครื่องมือตัดที่ผลิตจากวัสดุ เหล็กกล้ารอบสูง(High speed steels) และทังสเตนคาร์ไบด์(Tungsten carbide) มีมูลค่ารวมมากกว่า 500,000 ล้านบาทในปี พ.ศ.2548 (ที่มา : รายงาน Sandvik Annual report ประจำปี 2548) ผู้ผลิตรายใหญ่ที่เป็นผู้นำ ได้แก่ Sandvik , Kennametal , Iscar , Sumitomo , Mitsubishi ครอบคลุมแบ่งมากกว่าร้อยละ 80 จากการศึกษาและการวิจัยเชิงวิศวกรรมย้อนรอยเครื่องมือตัดที่ผลิตจาก เหล็กกล้ารอบสูง ทังสเตนคาร์ไบด์ เป็นเวลานานกว่า 10 ปี ได้แก่ มีดกลึง มีดกัด สว่าน และเครื่องมือตัด ชนิดอื่น ๆ รวมถึงการพัฒนาการผลิตเครื่องมือตัดเหล็กกล้ารอบสูง พบว่าการชุบแข็งที่อุณหภูมิ 1210 องศาเซลเซียส ในเวลาคงอุณหภูมิ 2 – 5 นาที อบคืนตัวที่ 525 องศาเซลเซียสให้ผลด้านความแข็ง ประมาณ 66 – 68 Hrc คุณภาพการใช้งานเทียบเท่ากับสินค้านำเข้า แต่ต้นทุนการผลิตสูงจึงไม่สามารถ แข่งขันได้ ส่วนผลการวิจัยเครื่องมือตัดเคลือบผิวแข็งด้วยสารเคลือบ(Coating) สำหรับงานกลึงมากกว่า 10 ปีหือ พบว่าความหนาของผิวเคลือบอยู่ในช่วง 3 – 5 μm คุณภาพการใช้งานต่างกันมากกว่า 6 เท่า ส่วนผลการศึกษาเครื่องมือตัดชนิดเอ็นมิลล์ทังสเตนคาร์ไบด์เคลือบผิวแข็ง สำหรับงานกัดของสินค้านำเข้ากว่า 7 ปีหือ พบว่าความสามารถในการใช้งานของผู้ผลิตแต่ละรายแตกต่างกันมากกว่า 5 เท่า และผล วิจัยการพัฒนาประสิทธิภาพของเครื่องมือตัดชนิดเอ็นมิลล์(End mills)และมีดกัดร่อง(Slot drills) สำหรับ งานกัดจากวัสดุเหล็กกล้ารอบสูง โดยการออกแบบคมตัด ออกแบบรูปทรงเรขาคณิต และทดลองตัดเฉือน เหล็กกล้าชิ้นส่วนเครื่องจักรกลพบว่ามุมคายเศษ 8 องศาเหมาะสมกับมีดกัดร่อง และมุมคายเศษ 15 องศา เหมาะสมกับเอ็นมิลล์เนื่องจากอายุการใช้งานยาวนานกว่า รวมถึงการวิจัยเพื่อพัฒนากระบวนการชุบแข็ง และการบำบัดเย็น (Cryogenics treatment) เครื่องมือตัดเหล็กกล้ารอบสูงที่อุณหภูมิต่ำกว่าศูนย์องศา ได้แก่ -70 ถึง -192 องศาเซลเซียส เพื่อลดปริมาณของออสเทนไนท์ที่ตกค้างลงและทำให้การฟอร์มคาร์ไบด์ดีขึ้นอายุการใช้งานดีขึ้นประมาณร้อยละ 16.11 และการอบคืนตัวที่อุณหภูมิในช่วง 150 – 300 องศา

เซตเซียส สามารถเพิ่มอายุการใช้งานได้มากกว่า ร้อยละ 15 และการเคลือบผิวแข็งส่งเสริมให้เครื่องมือตัดมีความแข็งสูงถึง 1500 – 3500 HV เป็นต้น

ดังนั้น เมื่อผู้วิจัยมีข้อมูลเดิมทั้งในด้านการออกแบบการผลิตและผลิตภัณฑ์ในตลาดปัจจุบันแล้ว การวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาเครื่องมือตัดขึ้นมาใหม่บนพื้นฐานของความแตกต่างมีเป้าหมายไม่แข่งขันกับสินค้าที่มีอยู่ในตลาดเดิม การวิจัยเน้นการพัฒนาชุดเครื่องมือตัดด้วยแนวความคิดใหม่ (New concept) ผลิตขึ้นมาใช้งาน เน้นผู้ใช้สะดวกมากขึ้น ต้นทุนน้อยลง ด้วยการลดความสิ้นเปลืองจากการใช้เครื่องมือตัดที่มีอยู่ในตลาดปัจจุบัน โดยใช้เทคโนโลยีการผลิตที่มีในประเทศเป็นส่วนใหญ่ (ประมาณ 80%) และใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ในขั้นตอนการเคลือบผิวแข็ง ภายใต้การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องมือตัดให้มีคุณภาพเทียบเท่ากับสินค้านำเข้า โดยใช้วัสดุชนิดเดียวกัน ได้แก่ เหล็กกล้าเครื่องมือ (Tool steels) เหล็กกล้ารอบสูง (High speed steels) และทังสเตนคาร์ไบด์ (Tungsten carbide) เป็นสินค้าต้นแบบ (Prototype)

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อผลิตชุดเครื่องมือตัด (Cutting tools complete set) เอนกประสงค์ใช้ในงานกัดและงานกลึงด้วยต้นทุนต่ำกว่าสินค้านำเข้ามากกว่าร้อยละ 30

1.2.2 ผลิตชุดเครื่องมือตัดด้วยเทคโนโลยีปัจจุบันที่มีอยู่ในประเทศ ให้สามารถใช้งานได้สะดวก โดยลดเวลาสูญเสียเปล่าในการใช้งานมากกว่าร้อยละ 20

1.2.3 เพื่อพัฒนาเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์ (Product Prototype) ชุดเครื่องมือตัดเอนกประสงค์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ออกแบบและพัฒนาชุดเครื่องมือตัด (Cutting tools) เพื่อใช้ในงานกัด (Milling) งานกลึง (Turning) และงานเจาะ (Drilling) ได้แก่ Solid cutting tools และ Insert tools จากชนิดวัสดุเทียบเท่ากับสินค้านำเข้า

1.3.2 ผลิตชุดเครื่องมือตัดแบบ Index able Inserts tools และ Solid Cutting Tools จากวัสดุชนิดต่าง ๆ ได้แก่ Tool steels, High-Speed Steel, Cemented (Tungsten) Carbides และ Solid carbide ด้วยหลักการออกแบบ การผลิตด้วยต้นทุนต่ำกว่าสินค้านำเข้า ไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 และคุณภาพใกล้เคียงกับสินค้านำเข้าชนิดเดียวกันในตลาดเดิม

1.3.3 เป็นการพัฒนาคัดลอกเครื่องมือตัด Solid cutting tools ที่ใช้งานในปัจจุบัน เน้นการออกแบบและการผลิตชุดเครื่องมือตัดให้การใช้งานสะดวกมากขึ้นด้วยการปรับปรุง โดยใช้หลักการศึกษากการเคลื่อนไหวและเวลา (Motion and time study) ประกอบการวิจัยเพื่อลดเวลาสูญเสียเปล่าในการทำงานจากเดิม ไม่น้อยกว่าร้อยละ 20

1.3.4 เป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์ ด้าน รูปทรงและขนาด ภายใต้แนวความคิดใหม่ (New concept)

เพื่อผลิตเครื่องมือตัดเปลี่ยนไปจากเดิม ประกอบด้วย กรรมวิธีการผลิตการขึ้นรูปเน้นการใช้เทคโนโลยีในประเทศมากกว่า 80% เช่น เครื่องกลึง กัด เจาะ เจียรระไน เป็นต้น โดยใช้วัสดุที่นิยมใช้เทียบเท่ากับต่างประเทศไม่น้อย 3 ชนิด ประกอบด้วย เหล็กกล้าเครื่องมือ เหล็กกล้ารอบสูงและทังสเตนคาร์ไบด์ ออกแบบและผลิตเพื่อใช้งานในลักษณะเป็นชุดเครื่องมือ (Complete set) สามารถเปลี่ยนคมตัดให้การใช้งานสะดวกและการคงรูปของคมตัดด้วยการใช้เทคโนโลยีการเคลือบผิวแข็ง (Coating technology)

1.3.5 เป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์ ด้าน รูปทรงและขนาด ให้สามารถลดปริมาณการใช้วัสดุที่ลดลงจากเดิม ไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ได้แก่ Solid cutting tools และ Insert cutting tools โดยใช้วัสดุคมตัดต่างชนิดกับวัสดุค้ำจับ (Shank) ให้ถอดเปลี่ยนคมตัดได้

1.3.6 การออกแบบและผลิตให้ใช้งานได้หลายแบบ เช่น กลึงปอกผิว ปาดหน้า เจาะรู งานกัดผิวราบ โดยใช้เครื่องมือชุดเดียวกัน

1.3.7 ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น นอกจากจะมีคุณภาพไม่ด้อยกว่าเครื่องมือตัดชนิดเดียวกันที่มีอยู่เดิมแล้วคุณภาพคมตัดมีความแข็งแรงและทนทานเทียบเท่าสินค้านำเข้าด้วยการพัฒนาปัจจัยการผลิต ประกอบด้วย การออกแบบด้วย CAD/CAM/CAE การขึ้นรูป การปรับปรุงสมบัติด้วยความร้อน ความเย็น เป็นต้น

1.3.8 ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น ทดลองใช้งานจริงในสถานประกอบการ (User) มากกว่า 10 แห่ง เพื่อหาสิ่งบกพร่อง นำมาปรับปรุงด้านคุณภาพและการทำงาน ได้แก่ การต้านทานต่อการสึกหรอ (Wear resistance) ความสะดวกในการใช้งาน (Simplify) เพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (Prototype) และมีเป้าหมายทำการวิจัยต่อเนื่องเพื่อพัฒนาต่อยอดไปสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ (Commercialization) ต่อไป

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 ข้อมูลการแข่งขันของอุตสาหกรรมเครื่องมือตัด และข้อมูลผลิตภัณฑ์เครื่องมือตัดจากการทำวิจัยเชิงวิศวกรรมย้อนรอย อาทิ ชนิดวัสดุของผู้ผลิต ส่วนผสมทางเคมี รูปทรงและขนาด

1.4.2 ทราบรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ การกำหนดรายละเอียด การเขียนแบบเครื่องมือตัด

1.4.3 ทราบขั้นตอนการผลิต กระบวนการผลิตเครื่องมือตัด ค้ำมีดกัดในงานกลึงปอก หัวกัด (Arbor) สำหรับงานกัด (Milling) ค้ำมีดเจาะ (Drilling) โดยใช้แผ่นมีดขนาดเดียวกันได้

1.4.4 สามารถผลิตเครื่องมือตัด เป็นชุดเครื่องมือ ประกอบด้วย ค้ำมีดงานกลึง ค้ำมีดงานกัด และค้ำมีดงานเจาะ โดยใช้แผ่นมีดขนาดเดียวกัน เป็นการลดความซ้ำซ้อน และการจัดเก็บได้ง่าย

1.4.5 สร้างความสะดวกในการ ซื้อ การใช้งานและการจัดเก็บ เนื่องจากเครื่องมือตัดใช้แผ่นมีดขนาดเดียวกัน

1.4.6 ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยสามารถนำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ได้

1.4.7 เป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนด้านเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์

1.4.8 เป็นข้อมูลพื้นฐานของงานวิจัยขั้นต่อไป

1.4.9 เป็นข้อมูลเพื่อพัฒนาการทำด้ามมีดกลึงสำหรับการใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

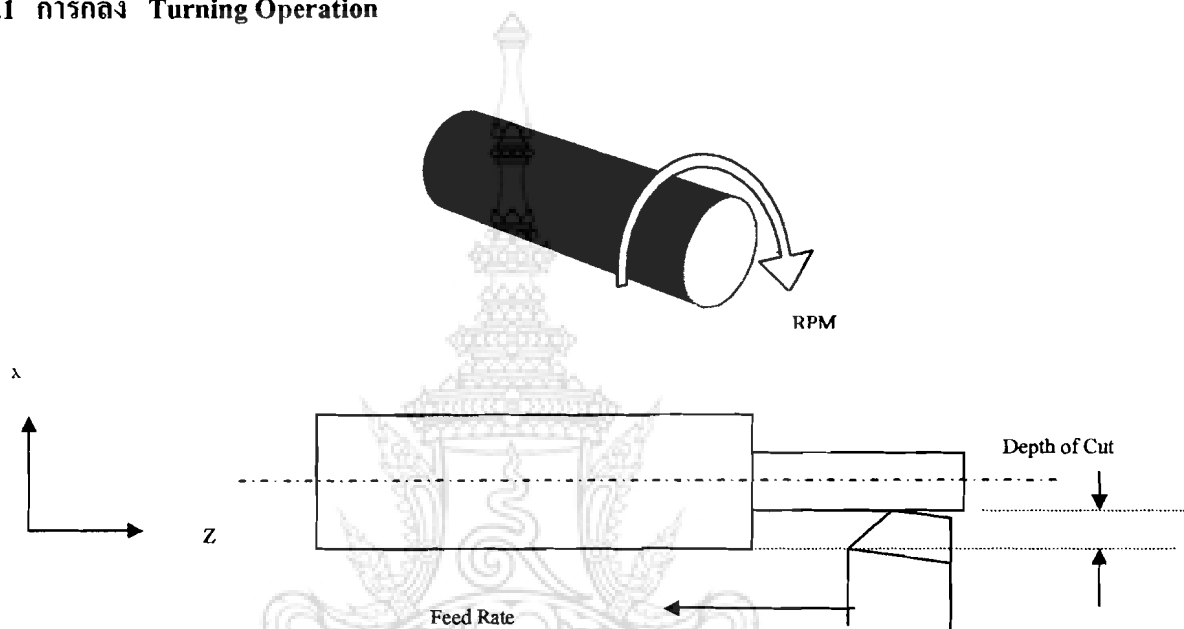
1.4.10 ข้อมูลทางวิชาการ ข้อมูลทางเทคนิค และกระบวนการผลิตพร้อมที่จะถ่ายทอดให้แก่
อุตสาหกรรม



บทที่ 2

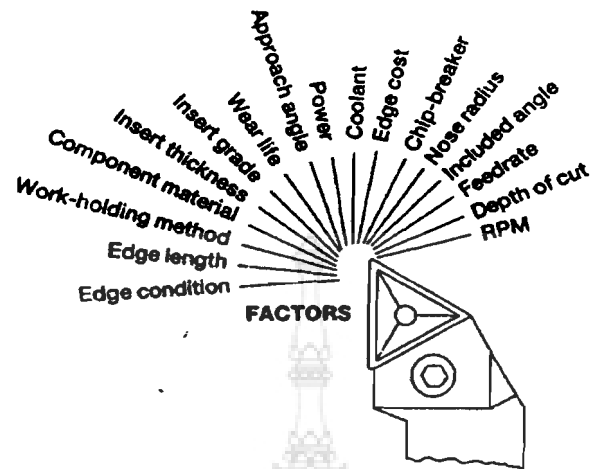
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การกลึง Turning Operation



ภาพที่ 2.1 ลักษณะการการกลึง Turning Operation

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดกระบวนการของการตัดปาดผิว ได้แก่ อัตราป้อน (Feed Rate) ความเร็วตัด (Cutting Speed) ระยะป้อนลึก (Depth of Cut) มีดกลึง (Cutting Tool) และชิ้นงานที่ต้องการทำการตัดเฉือน (Work piece) เพื่อผลิตโดยตรวจสอบคุณภาพที่ ขนาดของชิ้นงาน (Work piece Dimension) ความละเอียดของผิวชิ้นงาน (Surface Roughness) ศึกษาผลกระทบอื่น ได้ด้วยการตรวจสอบ เศษกลึง (Chip) การสึกหรอของมีดกลึง (Tool Wear)



รูปภาพที่ 2.2 แสดงปัจจัยที่สำคัญในการตัดปาดผิว

นอกจากนี้แล้วในการกลึงด้วยมีดกลึงอินเทิร์ท มีปัจจัยอื่นๆ ที่สำคัญและควรนำมาพิจารณา เพื่อการทำงานตามภาพที่ 2.2 ได้แก่

- เงื่อนไขของคมตัด (Edge condition)
- ความยาวของคมตัด (Edge length)
- วิธีการจับยึดชิ้นงาน (Work holding method)
- ส่วนประกอบของวัสดุ (Component material)
- ความหนาของเม็ดมีด (Insert thickness)
- เกรดของเม็ดมีด (Insert grade)
- อายุของการสึกหรอ (Wear life)
- มุมตัด (Approach angle)
- กำลัง (Power)
- น้ำหล่อเย็น (Coolant)
- ต้นทุนของคมตัด (Edge cost)
- การหักเศษ (Chip breaker)
- รัศมีปลายมีด (Nose radius)
- มุมประกอบของใบมีดกลึง (Included angle)
- อัตราป้อน (Feed rate)
- ระยะป้อนลึก (Depth of cut)
- ความเร็วรอบ (RPM)

2.2 องค์ประกอบการศึกษา

หลักเกณฑ์การเลือกใช้ความเร็วในการตัดปาดผิว ได้แก่

2.2.1 วัสดุที่ใช้ทำเครื่องมือตัด (Cutting tools) ที่ทำมาจากเหล็กโรบสูง (High Speed Steel) สามารถใช้ความเร็วตัดเป็น 2 เท่า ของความเร็วตัดของมิดที่ทำมาจากวัสดุเหล็กคาร์บอน ส่วนวัสดุคมตัดที่มีส่วนผสมพิเศษออกไปสามารถใช้ความเร็วตัดได้สูงกว่าเหล็กโรบสูง

2.2.2 ชนิดของวัสดุ (Material) ที่จะนำมาทำการตัดเฉือน โดยทั่วไปวัสดุงานที่แข็งมากจะใช้ความเร็วตัดช้ากว่าวัสดุที่อ่อนกว่า

2.2.3 รูปร่างของคมตัด (Form Cutting Tool) มีผลต่อการทำงานมาก เช่น มิดตัดงานขาจะใช้ความเร็วรอบต่ำกว่ามิดกลึงปอกผิว

2.2.4 ความลึกในการตัด (Depth of Cut) ถ้าป้อนตัดลึกจะใช้ความเร็วรอบน้อยกว่าป้อนตื้น

2.2.5 อัตราป้อน (Rate of Feed) ในการป้อนตัดงานหยาบ เช่น อัตราป้อน 3 มม. ความเร็วที่ใช้ในการตัดจะต่ำกว่าการป้อนตัดขั้นสุดท้าย เช่น อัตราป้อนตัด 0.13 มม. เป็นต้น จะใช้ความเร็วรอบได้สูง

2.2.6 การระบายความร้อน (Cutting lubricant) ความเร็วตัดของวัสดุบางชนิดอาจเพิ่มให้สูงขึ้นได้เมื่อมีการระบายความร้อนที่ถูกต้อง ซึ่งสารระบายความร้อนนี้ จะช่วยรักษาอุณหภูมิของคมตัดไม่ให้ร้อนสูงเกินไปขณะทำงาน

2.2.7 การจับงานให้มั่นคงแข็งแรง (Rigidity of the Work) ในกรณีงานที่ถูกจับด้วยหัวจับไหล่ออกมาสั้นๆ จะใช้ความเร็วได้สูงกว่างานที่ถูกจับไหล่ออกมายาวๆ

2.2.8 ความสามารถของสภาพเครื่อง เครื่องที่แข็งแรงมีกำลังสูง สามารถใช้ความเร็วตัดได้สูง อย่างไรก็ตามอย่าใช้สูงจนคมตัดใหม่

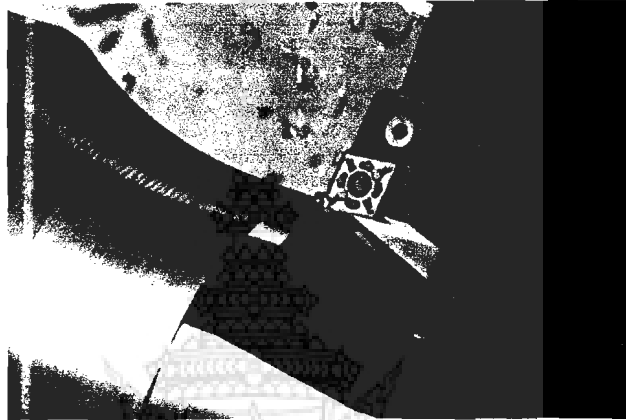
กฎทั่วไปในการใช้ความเร็วตัด และอัตราป้อน

- ถ้า Feed อัตราป้อน (มม./รอบ) เพิ่ม Speed ความเร็ว (รอบต่อนาที) ต้องลดลงเมื่อความลึกของการตัดคงที่
- ถ้า Speed ความเร็ว เพิ่ม Feed อัตราป้อน ต้องลดลง เมื่อความลึกของการตัดคงที่
- ถ้าความลึกในการตัดเพิ่มขึ้น Speed ต้องลดลงเมื่อ Feed คงที่

ผลกระทบของความเร็วตัดที่มีต่ออายุการใช้งานของมิดกลึง (Effect of Cutting Speed)

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัดและอายุการใช้งานของมิดกลึงนั้น สามารถอธิบายได้ดังนี้ ขณะที่ใช้ความเร็วตัดต่ำๆ การสึกหรอของมิดจะเป็นไปอย่างช้าๆ ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิจากการเสียดสี ระหว่างมิดกลึงกับชิ้นงานจะมีค่าต่ำ แต่ถ้าใช้ความเร็วตัดสูงขึ้นความร้อนระหว่างผิวมิดกลึง

กับชิ้นงาน และเศษตัดจะเกิดมากขึ้น ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดการสึกหรอที่บริเวณผิวของมีดกลึงกับชิ้นงานที่เสียดสีกัน ซึ่งจะทำให้อายุการใช้งานของมีดกลึงสั้น โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัด และอายุการใช้งานของมีดกลึงได้โดยสมการของ Taylor



ภาพที่ 2.3 ระยะทางการเดินป้อนของมีดไปตามความยาวของชิ้นงาน

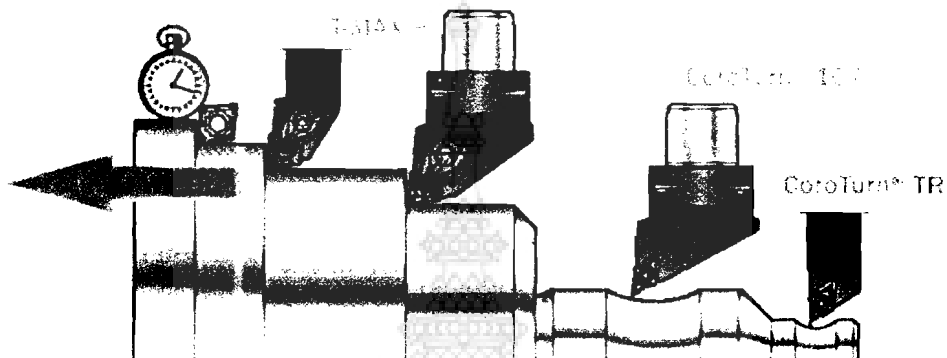
การเลือกใช้ความลึกในการตัดปานกลางขณะทำการป้อนตัดหนักๆและใช้ความเร็วตัดให้ถูกต้อง เมื่อกำลังงานหายขาด ต้องการให้กำลังงานผิวเรียบในขั้นสุดท้ายให้เพิ่มความเร็วตัดมากขึ้น การป้อนกินลึกน้อยลง พร้อมกับให้อัตราการป้อนตัดละเอียดให้สัมพันธ์กัน ในกรณีที่ใช้ความลึกในการตัดมาก และอัตราการป้อนตัดน้อยๆจะดีกว่าการใช้ความลึกในการตัดเท่ากับอัตราป้อนตัด ถึงแม้ว่าอัตราการไหลของเศษโลหะจะเท่ากัน

ผลกระทบของอัตราป้อนและความลึกในการตัด

อัตราป้อนตัดและความลึกในการตัดมีผลต่อแรงตัดเฉือนและอุณหภูมิในการทำงาน โดยจะเกิดแรงกระทำกับมีดกลึงและเกิดอุณหภูมิในการตัดเฉือนสูงถ้าใช้อัตราป้อนตัดและความลึกในการตัดสูงๆ นอกจากนี้ยังส่งผลให้มีดกลึงเกิดการสึกหรออย่างรวดเร็ว ซึ่งถ้าต้องการให้อายุการใช้งานของมีดกลึงสูงขึ้น ก็จะต้องเลือกใช้ความเร็วตัดต่ำๆ การเพิ่มอัตราการป้อนจะส่งผลให้ต้องลดค่าความเร็วตัด มากกว่าการเพิ่มความลึกในการตัด (เพื่ออายุการใช้งานของมีดกลึงที่) นั่นคือการเพิ่มอัตราการป้อนจะทำให้มีดกลึงสึกหรอได้มากกว่า การเพิ่มความลึกในการตัด ซึ่งในการพิจารณานี้จะต้องพิจารณาถึงแรงที่กระทำบนมีดกลึง ต่อความยาวสันคมตัด สำหรับในกรณีนี้เมื่อเพิ่มอัตราป้อนตัด ความยาวสันคมตัดที่รับแรงกระทำก็ยังคงเท่าเดิม แต่ความหนาของเศษตัดจะเพิ่มขึ้น

2.3 มีดกลึง (Cutting Tool)

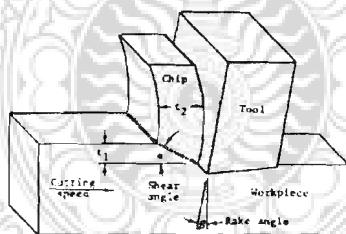
มีดกลึง คือเครื่องมือที่ใช้ในการตัดเฉือนชิ้นงานให้เป็นรูปร่างต่างๆ ในขบวนการกลึงวัสดุทำเครื่องมือตัด (Tool Material)



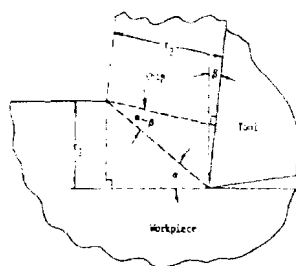
ภาพที่ 2.4 การตัดเฉือนชิ้นงานเป็นรูปร่างต่างๆ ในขบวนการกลึงวัสดุ

2.4 กระบวนการตัดเฉือน (Shear)

Derivation of Shear angle Equation



ภาพที่ 2.5 รูปแบบการตัดเฉือน (Pictorial representation of orthogonal cutting)



ภาพที่ 2.6 รูปเรขาคณิตแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราป้อนและความหนาเศษกลึง

สูตรคำนวณที่เกี่ยวข้อง

$$\text{ความยาวการเฉือน} = \frac{t1}{\sin \alpha} = \frac{t2}{\cos(\alpha - \beta)}$$

จากรูปภาพที่ 2.6 สามารถเขียนเป็นสมการดังนี้

สูตรคำนวณที่เกี่ยวข้องในการทำด้ามมีดกลึง

$$\frac{t1}{t2} = \frac{\sin \alpha}{\cos(\alpha - \beta)}$$

แทนค่าทางคณิตศาสตร์

$$\cos(\alpha - \beta) = \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta$$

แทนค่า

$$\frac{t1}{t2} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta}$$

หรือ

$$\frac{t1}{t2} = \left(\frac{\cos \beta}{\tan \alpha} + \sin \beta \right)^{-1}$$

การทำให้เป็น $\tan \alpha$

$$\frac{\cos \beta}{\tan \alpha} + \sin \beta = \frac{t2}{t1}$$

และ

$$\frac{\cos \beta}{\tan \alpha} = \frac{t2}{t1} - \sin \beta$$

สมการใช้งาน

$$\tan \alpha = \frac{\cos \beta}{t2/t1 - \sin \beta} \times \frac{t1/t2}{t1/t2}$$

หรือ

$$\tan \alpha = \frac{(t1/t2) \cos \beta}{1 - (t1/t2) \sin \beta}$$

เมื่อ $t1/t2 = \text{cutting ratio} = r_a$ แทนค่าได้ดังนี้

$$\tan \alpha = \frac{r_a \cos \beta}{1 - r_a \sin \beta} \quad \dots\dots\dots (1)$$

สมการความยาวการตัดเฉือน

$$L_s = \frac{t1}{\sin \alpha} = \frac{t2}{\cos(\alpha - \beta)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

พื้นที่การเฉือน

$$A_{st} = L_s \times d \times d \quad \dots\dots\dots (3)$$

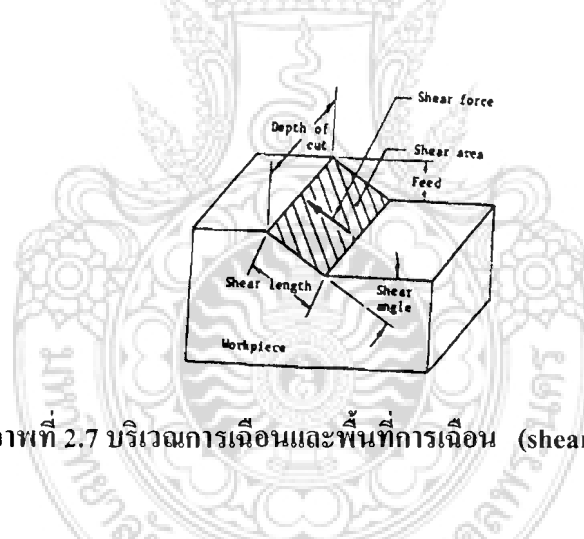
2.5 ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างที่ 2.1

จงคำนวณหามุมเฉือน (Shear angle) จากการตัดเฉือน (machining) ที่อัตราป้อน (feed) 0.010 นิ้ว/รอบ (0.254 มม./รอบ) และมุมคายเศษ 5° . และความหนาเศษตัดได้ 0.043 นิ้ว

อัตราส่วน

$$r_a = \frac{0.010}{0.043} = 0.2326$$



ภาพที่ 2.7 บริเวณการเฉือนและพื้นที่การเฉือน (shear area)

แทนค่าในสมการ

$$\begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{0.2326(0.9962)}{1 - 0.2326(0.0872)} \\ &= 0.2365 \end{aligned}$$

หรือ

$$\alpha = 13.3^\circ$$

ตัวอย่างที่ 2.2

ต้องการลดแรงตัด (cutting force) จากตัวอย่างที่ 1 เพิ่มมุมคายเศษเป็น 20° ปรากฏว่าความหนาเศษตัดเป็น 0.025 นิ้ว (0.635 มม.). จากข้อมูลจงหามุมเฉือน (shear angle)

อัตราส่วน

$$r_n = \frac{0.010}{0.025} = 0.4$$

แทนค่าในสมการ

$$\begin{aligned}\tan \alpha &= \frac{0.4(0.9337)}{1 - 0.4(0.342)} \\ &= 0.4354\end{aligned}$$

Thus

$$\alpha = 23.53^\circ$$

ตัวอย่างที่ 2.3

จากตัวอย่างที่ 1 หากความลึก (d) เท่ากับ 0.25 นิ้ว จงหาพื้นที่การเฉือน

$$\begin{aligned}L_s &= \frac{T_1}{\sin \alpha} = \frac{0.010}{\sin 13.3^\circ} \\ &= 0.0435 \text{ in. (1.05mm)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s1} &= L_x \times d \\ &= 0.0435 \times 0.25 \\ &= 0.0109 \text{ in.}^2 \text{ (7.03 mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_s &= \frac{0.010}{\sin 23.53^\circ} \\ &= 0.02505 \text{ in. (0.636 mm)}\end{aligned}$$

และ

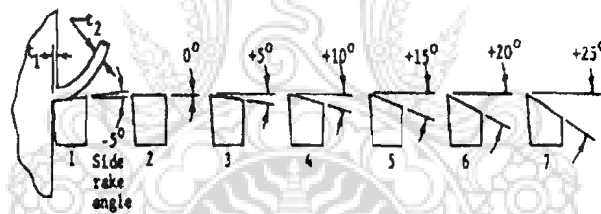
$$\begin{aligned}A_{s2} &= L_x \times d \\ &= 0.02505 \times 0.250 \\ &= 0.00626 \text{ in.}^2 \text{ (4.04 mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 2.4

สมมติว่า วัสดุที่ถูกกลึง จากตัวอย่างที่ 1 และ 2 มีความเค้นเฉือน (Shear stress) 27,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว ($186 \times 10^6 \text{ N/m}^2$) จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่างระหว่าง 2 ตัวอย่าง สมการแรงเฉือน

$$\begin{aligned} F_{s1} &= s_s \times A_{sr} \\ &= 27,000 \times 0.0109 \\ &= 294.3 \text{ lb (1309 N)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{s2} &= s_s \times A_{sr} \\ &= 27,000 \times 0.00626 \\ &= 169.02 \text{ lb (751.8 N)} \end{aligned}$$



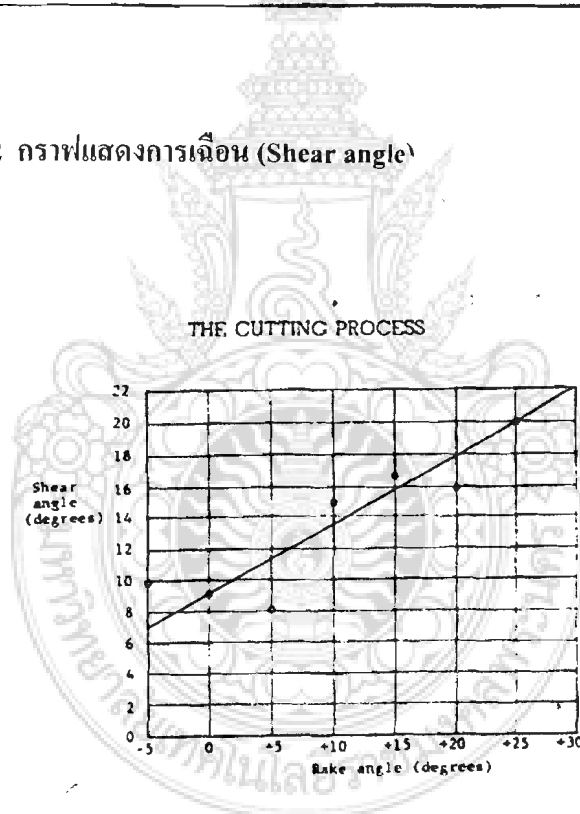
ภาพที่ 2.8 ผลการทดสอบมีดกลึงจากการทดลองหามุมเฉือน (shear angle)

$$\begin{aligned} \% \text{ ลดลง} &= \frac{F_{s1} - F_{s2}}{F_{s1}} \times 100 \\ &= \frac{294.3 - 169.02}{294.3} \times 100 \\ &= 42.6 \% \end{aligned}$$

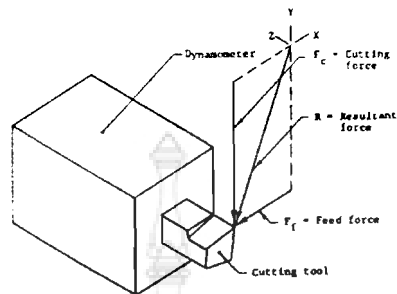
ตารางที่ 2.1 ผลการทดลองหามุมเฉือนจากการกลึงด้วยมีด(กลึงที่มีมุมคายเศษต่างกัน)

Test	Side Rake Angle, β (degrees)	Feed, f_1 [in. (mm)]	Chip Thickness, t_2 [in. (mm)]	Theoretical Shear Angle, α (degrees)
1	-5	0.006 (0.152)	0.0347 (0.881)	9.8
2	0	0.006 (0.152)	0.0370 (0.940)	9.23
3	+5	0.006 (0.152)	0.0415 (1.054)	8.2
4	+10	0.006 (0.152)	0.0233 (0.592)	15.0
5	+15	0.006 (0.152)	0.0200 (0.508)	16.7
6	+20	0.006 (0.152)	0.0210 (0.533)	15.9
7	+25	0.006 (0.152)	0.0164 (0.417)	20.0

ตารางที่ 2.2 กราฟแสดงการเฉือน (Shear angle)



2.6 แรงในงานกลึง (Tool Force)



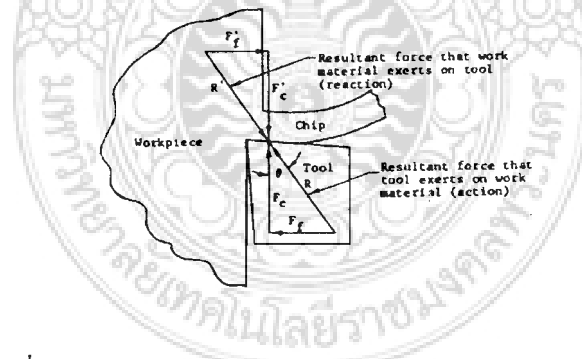
ภาพที่ 2.9 ไดนามิเตอร์วัดแรงบนปลายมีดขณะทำการกลึงปอก

$$F_c = R \cos \theta$$

$$F_f = R \sin \theta$$

$$|R| = \sqrt{(F_c)^2 + (F_f)^2}$$

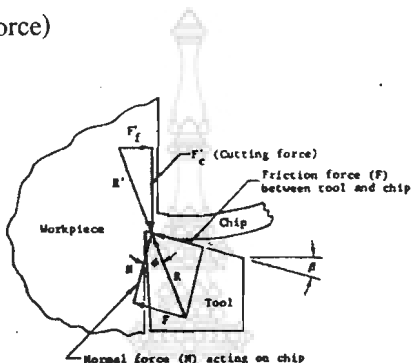
และ $\tan \theta = \frac{F_f}{F_c}$



ภาพที่ 2.10 แสดงองค์ประกอบของแรงตัดในบริเวณการตัดเฉือน

2.7 หลักการศึกษาแรงกระทำบนผิวคายเศษ

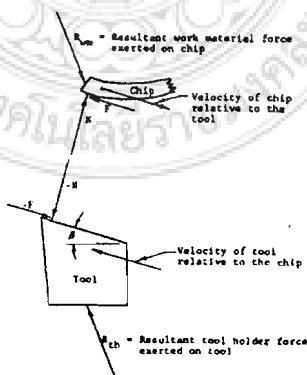
แรงที่กระทำระหว่างผิวคายเศษของเครื่องมือตัดและเศษตัดในกระบวนการตัดเฉือน จะเท่ากับแรงลัพธ์ที่เครื่องมือตัดกระทำกับวัสดุชิ้นงาน ดังนั้นแรงลัพธ์สามารถหาได้จาก 2 ส่วนที่กระทำบนผิวคายเศษคือ แรงเสียดทาน (Friction force) และแรงตั้งฉากกับผิวคายเศษ (Normal force)



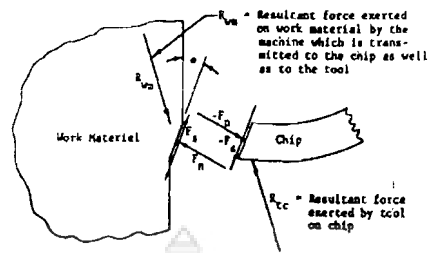
ภาพที่ 2.11 แสดงผลของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงเสียดทานแรงตั้งฉากกับผิวคายเศษ

$$\mu = \frac{F}{N} = \frac{\text{Friction Force}}{\text{Normal Force}}$$

$$\mu = \tan \theta = \frac{F}{N}$$



ภาพที่ 2.12 แผนภาพสมดุลของเศษตัดและเครื่องมือตัด(บริเวณผิวคายเศษ) เกิดแรงเสียดทาน (Friction force) และแรงตั้งฉากกับผิวคายเศษ (Normal force)



ภาพที่ 2.13 แผนภาพสมดุลของวัสดุชิ้นงานและเศษตัดแสดงแรงเฉือน (Shear force) และแรงตั้งฉาก กับแนวการเฉือน (Force normal)



ภาพที่ 2.14 แสดงแรงลัพธ์จากแรงที่เกิดขึ้น 3 ส่วนบริเวณการตัดเฉือน

2.8 การคำนวณแรงตัดในงานกลึง

ในกระบวนการตัดเฉือน(กลึง) เพื่อแสดงการวิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้นบริเวณการเฉือนโดยใช้ไดนาโมมิเตอร์ (dynamometer) วัดแรงขณะทำการกลึงปรากฏว่า แรงตัด(F_c) วัดได้ขนาด 300 ปอนด์ (133 N) และแรงป้อน (F_f) วัดได้ 125 ปอนด์ (556 N). โดยใช้มีดกลึงที่มีมุมคายเศษ (β) เท่ากับ 10° วัดความหนาเศษตัด (t_c) ได้ 0.0343 นิ้ว (0.871 ม.ม.) อัตราป้อนที่ใช้(t_f) เท่ากับ 0.015 นิ้ว (0.381 ม.ม.)

จากข้อมูลที่กำหนดให้ จงคำนวณหาค่าต่างดังนี้

- แรงลัพธ์ (R).
- มุมเฉือน (α).
- the angle of kinetic friction (ϕ).
- แรงเสียดทาน (F)
- แรงตั้งฉากกับแรงเสียดทาน (N).
- มุมรวม (κ).
- แรงเฉือน (F_s)
- แรงตั้งฉากกับแรงเฉือน (F_n)

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{(F_c)^2 + (F_f)^2} \\ &= \sqrt{(300)^2 + (125)^2} \\ &= 325 \text{ lb (1445.7 N)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{r_a \cos \beta}{1 - r_a \sin \beta} \\ &= \frac{0.4373(0.9848)}{1 - 0.4373(0.1736)} \\ &= 25^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi &= \tan^{-1} \left(\frac{F_f}{F_c} \right) + \beta \\ &= \tan^{-1} \left(\frac{125}{300} \right) + 10^\circ \\ &= 32.62^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= R \sin \phi \\
 &= 325 \sin 32.62^\circ \\
 &= 175 \text{ lb (1219 N)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= \tan^{-1} \left(\frac{r_a \cos \beta}{1 - r_a \sin \beta} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{F_f}{F_c} \right) \\
 &= \tan^{-1} 0.466 + \tan^{-1} 0.4167 \\
 &= 24.99^\circ + 22.62^\circ \\
 &= 47.61^\circ
 \end{aligned}$$

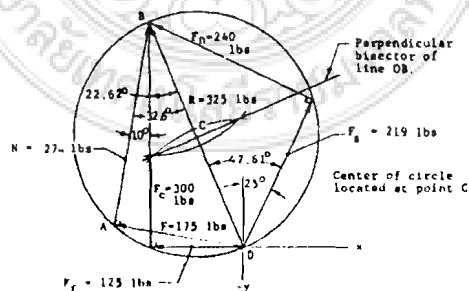
$$\begin{aligned}
 F_s &= R \cos k \\
 &= 325 \cos 47.61^\circ \\
 &= 219 \text{ lb (974 N)}
 \end{aligned}$$

และ

$$\begin{aligned}
 F_n &= 325 \sin 47.61^\circ \\
 &= 240 \text{ lb (1068 N)}
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 2.3 แสดงผลการคำนวณโดยรวม

Given Data					Calculated Values							
F_c	F_f	β	t_1	t_2	R	α	ϕ	F	N	K	F_s	F_n
300 lb	125 lb	10°	0.015 in.	0.0343 in.	325 lb	25°	32.62°	175 lb	274 lb	47.61°	219 lb	240 lb

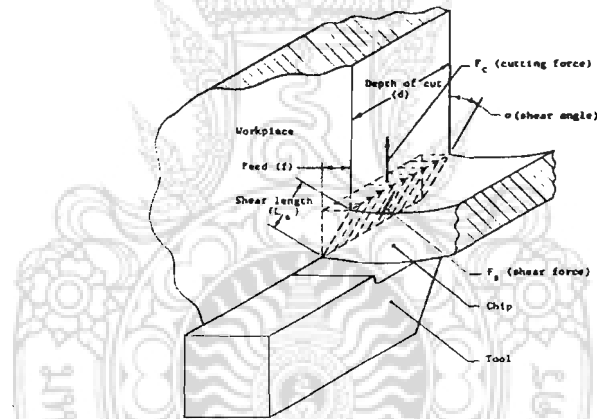


2.9 ทฤษฎีความเค้นเฉือน

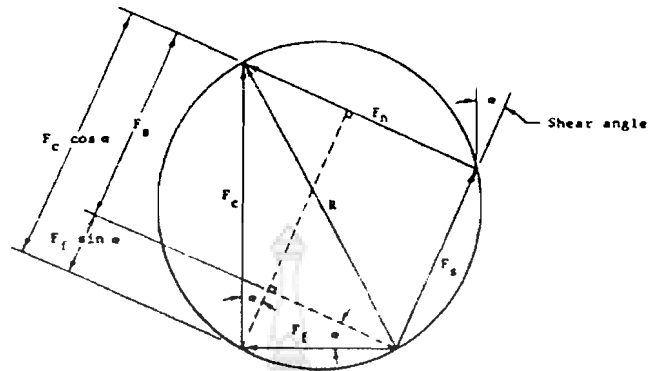
$$S_s = \frac{F_s}{A_s}$$

$$S_s = \frac{F_s \sin \beta}{f \times d}$$

$$F_s = F_c \cos \alpha - F_f \sin \alpha$$



ภาพที่ 2.15 แสดงแรงเฉือนบนพื้นที่การเฉือนและแรงตัดกระทำบริเวณการเกิดเศษตัด



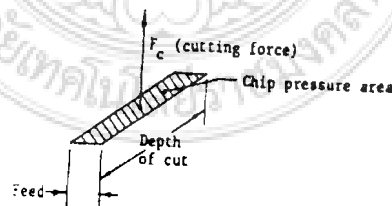
ภาพที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนและแรงตัด

2.10 การคำนวณความเค้นเฉือน

จากข้อมูลแรงตัด $F_c = 300\text{ lb}$, $F_t = 125\text{ lb}$ มุมเฉือน (α) = 25° จงหาความเค้นเฉือน
ในงานกลึงที่อัตราป้อน 0.015 นิ้ว/รอบ ความลึก (d) 0.25 นิ้ว

แทนค่า

$$\begin{aligned}
 S_s &= \frac{F_c \cos \alpha \sin \alpha - F_t \sin^2 \alpha}{f \times d} \\
 &= \frac{300 \cos 25^\circ \sin 25^\circ - 125 \sin^2 25^\circ}{0.015 \times 0.250} \\
 &= 24.676 \text{ lb/in}^2 \quad (170 \times 10^6 \text{ Pa})
 \end{aligned}$$



รูปภาพที่ 2.17 แสดงกระทำบนบริเวณการเกิดเศษตัด

$$P_c = \frac{F_c}{f \times d}$$

2.11 การคำนวณกำลังงานตัด

จากข้อมูลหัวข้อ 2.12 จงคำนวณหา กำลังงานที่บริเวณการเกิดเศษตัดและเปรียบเทียบกับ ความเค้นเฉือน

$$\begin{aligned}
 P_c &= \frac{F_c}{f \times d} \\
 &= \frac{300}{0.015 \times 0.250} \\
 &= 80,000 \text{ psi } (551.6 \times 10^6 \text{ Pa})
 \end{aligned}$$

$$R_{sc} = \frac{S_s}{P_c}$$

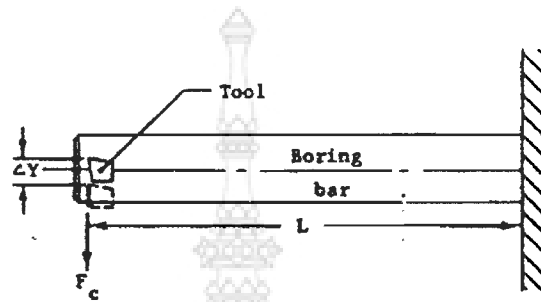
$$R_{sc} = \frac{24,676}{80,000}$$

$$= 0.308$$



2.12 การคำนวณหาระยะโก่ง (Y) ด้ามมีด

จงหาระยะโก่งของด้ามมีด (deflection) ด้วยแรงตัด (F_c) ในการคว้านรูด้วยด้ามมีดคว้าน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว (12.7 มม.) ความยาว 6 นิ้ว (152.4 มม.) แรงตัด 100 ปอนด์



ภาพที่ 2.18 แสดงภาพการตัดด้วยด้ามมีดคว้าน

สูตรคำนวณ

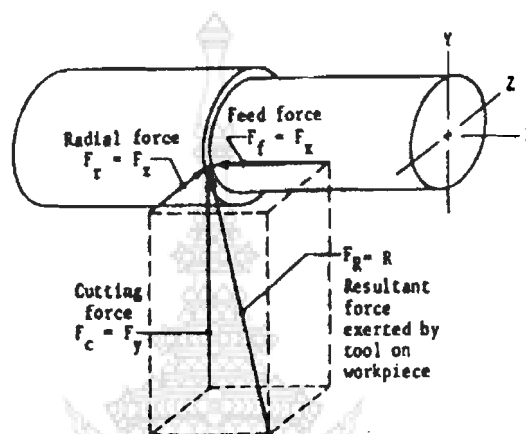
$$Y = \frac{F_c \times L^3}{3 \times E \times I}$$

แทนค่า

$$Y = \frac{F \times L^3}{3 \times E \times I} = \frac{100 \times 6^3 \times 64}{3 \times 30 \times 10^6 \times 3.14 \times (0.5)^4}$$

$$= 0.07827 \text{ นิ้ว (1.988 มม.)}$$

หลักการวิเคราะห์แรงตัด 3D ในกระบวนการงานกลึง โดยเฉพาะการกลึงปอกผิวจะประกอบด้วยแรง 3 ส่วน ได้แก่ แรงตัด (F_c), แรงป้อน (F_f), แรงในเพลลา (F_r)



ภาพที่ 2.19 แรงกระทำบริเวณการตัดขณะกลึงปอกผิวชิ้นงาน

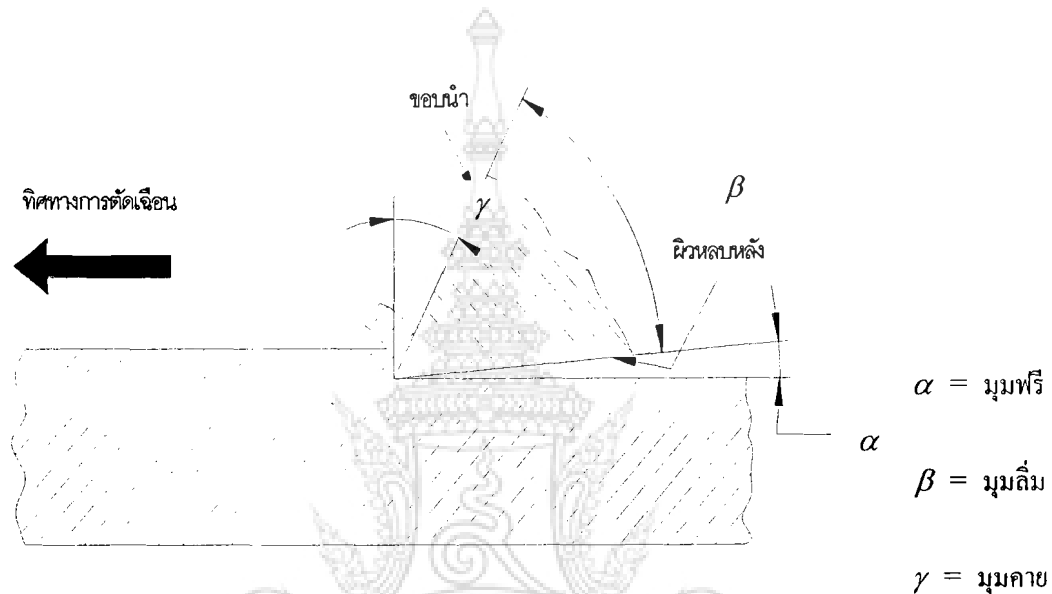
2.13 รูปเรขาคณิตของเครื่องมือตัดที่มีผลต่อการตัดเฉือนโลหะ

ข้อควรพิจารณาในการเลือกใช้เครื่องตัดสำหรับขั้นตอนตัดเฉือนด้วยจักรกลซีเอ็นซีจะขึ้นอยู่กับ

- ชนิดของรูสวามีคเครื่องมือตัดในอุปกรณ์ลำเลียงเครื่องมือ (Tool carrier) เช่น เทอเรท เป็นต้น
 - รูปแบบของขอบรูป (Contour) ที่ต้องการตัดเฉือน
- เนื่องจากอุปกรณ์ลำเลียงเครื่องมือตัดและค้ำยัดเครื่องมือ จะถูกกระทำด้วยแรงจำนวนมาก และมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของแรงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นอุปกรณ์ลำเลียงเครื่องมือตัดและค้ำยัดเครื่องมือจึงควรมีคุณสมบัติดังนี้
- มีความแข็งแรงสูง (High rigidity)
 - มีคุณสมบัติต้านการสั่นสะเทือนที่ยอมรับได้ (Vibration characteristics)

การตัดเฉือนที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะมีอิทธิพลต่อขอบคมตัดของเครื่องมือ (Tool edge) ดังนั้นจึงมักออกแบบใช้ขอบคมตัดที่มีขนาดเล็กและมักใช้ปลายคมตัดแบบหมุนเปลี่ยนได้ (Index able - tool tips) เพื่อลดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับเครื่องมือตัดลดลง

รูปร่างกณิตของเครื่องมือตัดจะมีผลกระทบต่อ การตัดเฉือนเนื้อโลหะออก คมตัดมีคุณลักษณะสำคัญคือ มุมคาย (γ) และมุมลิ้ม (β) นอกเหนือจากนี้ร่องหักเศษ (Chip-breakers) ก็เป็นส่วนที่มีความสำคัญมากเมื่อใช้ปลายคมตัดแบบหมุนเปลี่ยนได้ ทั้งนี้ก็เพื่อป้องกันเศษโลหะยาว

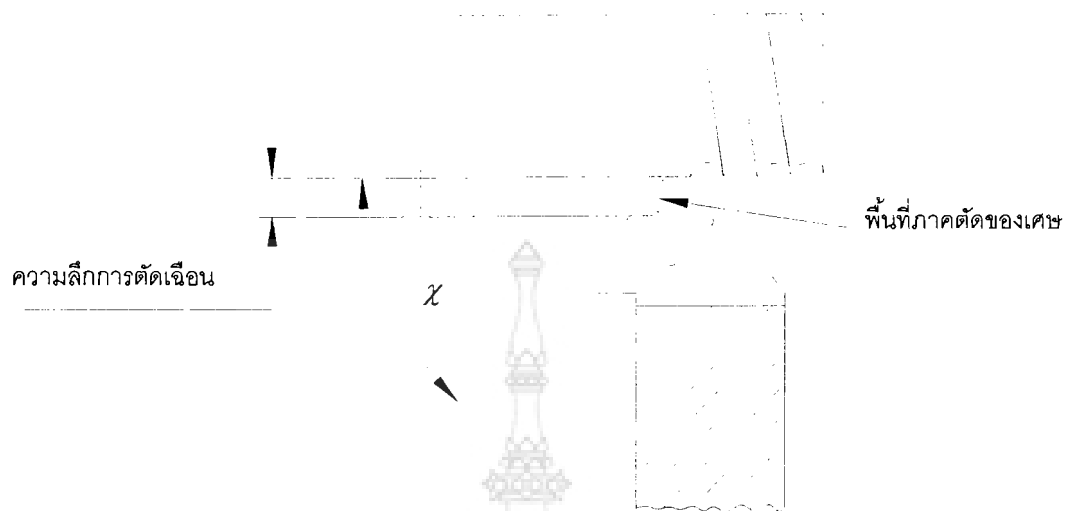


ภาพที่ 2.20 รูปร่างกณิตของเครื่องมือตัด

2.14 ความลึกในการตัดเฉือนที่มีผลกระทบต่อเครื่องมือตัด

ความลึกของการตัดเฉือน คือ ระยะที่วัดจากผิวงานไปถึงจุดปลายเครื่องมือตัด ในทิศทางที่ตั้งฉากกับแนวแกนระนาบของการทำงาน ความลึกของการตัดเฉือนจะเป็นส่วนที่แสดงให้เห็นว่าจุดปลายของเครื่องมือตัดมีลักษณะการเคลื่อนที่ตลอดของขอบชิ้นงานในขณะกำลังตัดเฉือน

การตัดเฉือนผิวสำเร็จในทิศทางตามแนวยาว จะให้ความลึกการตัดเฉือนเท่ากับค่าแตกต่างระหว่างขนาดเผื่องานตัดเฉือนกับขนาดสำเร็จหลังการตัดเฉือน สำหรับการตัดเฉือนหยาบความลึกของการตัดเฉือน จะขึ้นอยู่กับจำนวนชั้นของการตัดเฉือนหยาบ เช่นนั้น เพื่อให้ได้การสึกหรอของเครื่องมือตัดที่สม่ำเสมอ จึงควรเลือกใช้ความลึกการตัดเฉือนที่สามารถใช้ประโยชน์ความกว้างของปลายคมตัดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด การเลือกใช้อัตราป้อนและความลึกของการตัดเฉือน จะเป็นตัวกำหนดขนาดพื้นที่ภาคตัดของเศษ ดังแสดงในรูปที่ 2.21

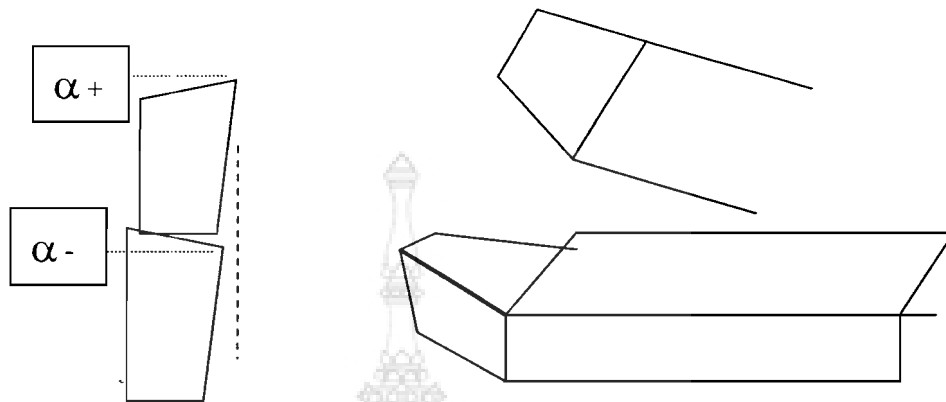


ภาพที่ 2.21 พื้นที่ภาคตัดของเศษ

$$\text{พื้นที่ภาคตัดของเศษ} = \text{อัตราป้อนต่อรอบ} \times \text{ความลึกของการตัดเฉือน}$$

$$\text{ปริมาตรของการตัดเฉือนเนื้อวัสดุออก} = \text{พื้นที่ภาคตัดของเศษ} \times \text{ความเร็วตัด}$$

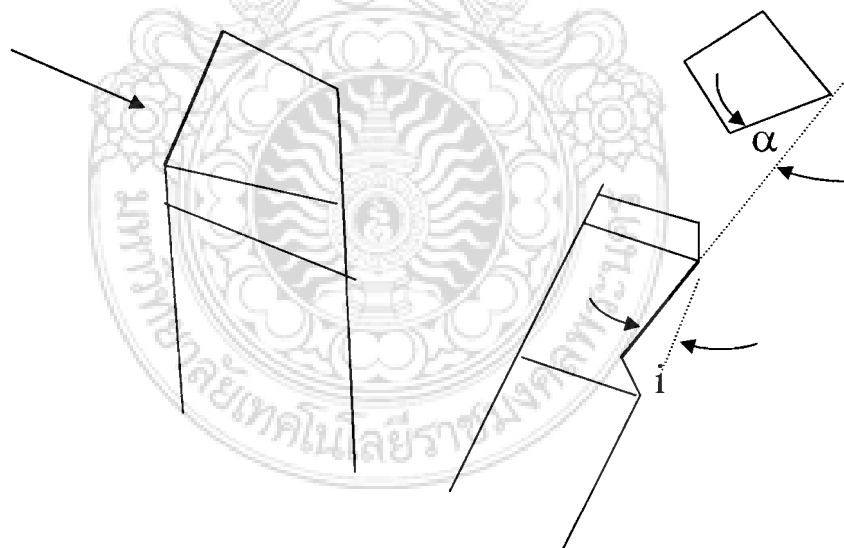
2.15 รูปร่าง ทางเรขาคณิต



ภาพที่ 2.22 มุมที่วัดจากคมตัดเฉียงออกแนวแกนมีด/แนวแกนของชิ้นงาน

Oblique angle (I) = มุมที่วัดจากคมตัดเฉียงออกแนวแกนมีด/แนวแกนของชิ้นงาน

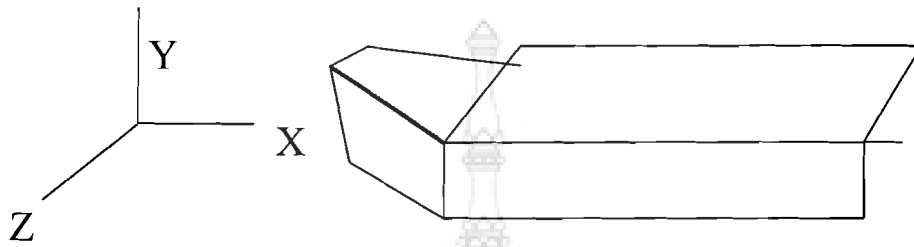
Rake angle (α) = มุมของผิวคายบน เอียงไปจากแนวแกนมีด/แนวแกนของชิ้นงาน



ภาพที่ 2.23 มุมของผิวคายบน เอียงไปจากแนวแกนมีด/แนวแกนของชิ้นงาน

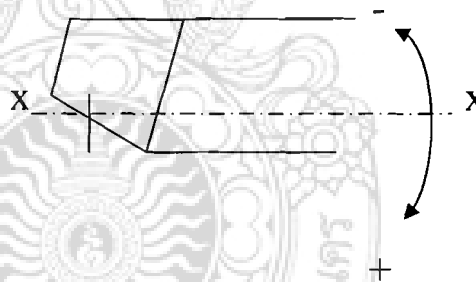
2.16 การกำหนดมุมมีดกลึง

ระบบ Tool in Hand มุมที่เกิดจากการลับมีด ระบบ Tool in Use มุมที่เกิดจากการเปลี่ยนไปตามการติดตั้ง เวลาใช้งาน Tool in Hand (Tool angle) \rightarrow setting angle \rightarrow Tool in Use (working angle)



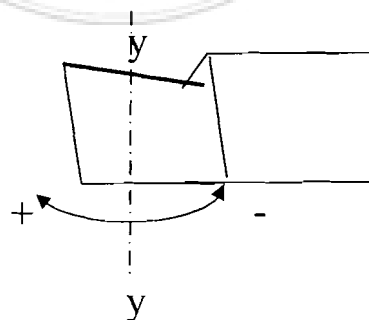
ภาพที่ 2.24 Plane Setting Angle

Setting angle ประกอบ (G) มีดเคลื่อนที่ตาม แนวแกน X ถ้าเคลื่อนที่ ตามเข็มนาฬิกา เป็น (+) ทวนเข็มนาฬิกา เป็น (-)



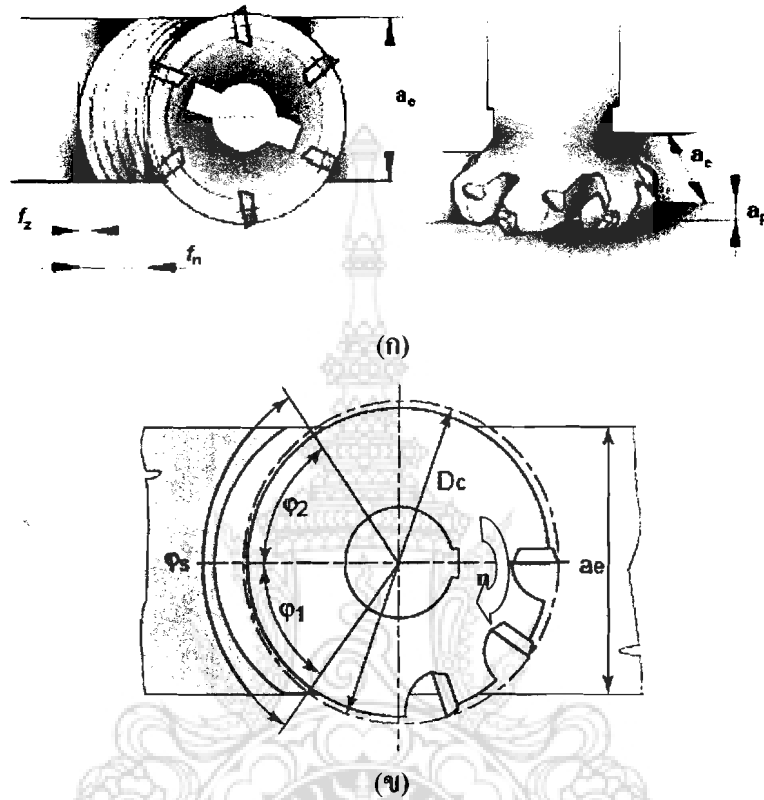
ภาพที่ 2.25 Elevation Setting Angle

(H) มุมยกของมีดตามแนวแกน y เคลื่อนที่ ตามเข็มนาฬิกา เป็น (+) ทวนเข็มนาฬิกา เป็น (-)



ภาพที่ 2.26 Roll Setting Angle (L) มุมพลิกของมีด ตามแนวแกน

2.17 กรรมวิธีการกัด (Milling process)



ภาพที่ 2.27 งานกัดราบหรือกัดปากหน้า (ที่มา : Catalogue Walter)

เมื่อ	F_c	= แรงตัด (N)
	A	= พื้นที่หน้าตัดของเศษ (mm^2)
	k_c	= แรงตัดจำเพาะ (N/mm^2)
	a_p	= ระยะตัดลึก (mm)
	a_c	= ความกว้างของชิ้นงาน (mm)
	h	= ความหนาของเศษ (mm)
	V_c	= ความเร็วตัด (m/min)
	V_f	= ความเร็วป้อน (mm/min)
	n	= ความเร็วรอบ (rev/min)
	D_c	= เส้นผ่านศูนย์กลางกัตเตอร์ (mm)
	z	= จำนวนคมตัด (teeth)
	f	= ระยะป้อนต่อรอบ (mm)

- f_z = ระยะป้อนต่อคมตัด (mm)
 Z_c = จำนวนคมในช่วงตัด
 ϕ_s = มุมระหว่างกัตเตอร์เดินเข้าและเดินออก (°)
 Q = ปริมาตรเศษตามช่วงเวลา (mm^3/min)
 P_c = กำลังงานตัด (kW)
 P_w = กำลังตัดที่ใช้ในการกัดงาน (kN)
 z_w = จำนวนฟันมีดกัดที่กัดงาน (ฟัน)
 F_{zm} = แรงตัดเฉลี่ยที่กระทำต่อมีดกัดแต่ละฟัน (kN/ฟัน)
 V = ความเร็วตัดที่ใช้ในการกัด (m/min)
 η = ประสิทธิภาพของเครื่องกัด
 F_m = แรงตัดเฉลี่ยของมีดกัดขณะกัดงาน (kN)

2.17.1 ความเร็วตัด (V_c)

$$V_c = \frac{\pi \times D \times n}{1,000} \quad (2-1)$$

2.17.2 อัตราการป้อนต่อคมตัด (f_z)

$$f_z = V_f / (n \times z) \quad (2-2)$$

2.17.3 กำลังในการตัดเฉือน

$$P_w = \frac{z_w \times F_{zm} \times V}{60 \times \eta} \quad (2-3)$$

2.17.4 แรงในการตัดเฉือน

$$F_m = z_w \times F_{zm} \quad (2-4)$$

2.17.5 ระยะป้อน

$$f = f_z \times z \quad (2-5)$$

2.17.6 ความเร็วป้อน

$$V_f = f_z \times z \times n = f \times n \quad (2-6)$$

2.17.7 ความหนาของเศษ

$$h_{cx} = 0.707 \times f_z \quad (2-7)$$

2.17.8 มุมตัด

$$\sin \frac{\varphi_s}{2} = \frac{a_c}{D_c} \quad (2-8)$$

2.17.9 จำนวนคมในช่วงตัด

$$Z_c = \frac{\varphi_s \times z}{360^\circ} \quad (2-9)$$

2.17.10 พื้นที่หน้าตัดของเศษ

$$A = a_p \times h \times z_c \quad (2-10)$$

2.17.11 แรงตัด

$$F_c = A \times k_c \quad (2-11)$$

2.17.12 ปริมาตรเศษตามช่วงเวลา

$$Q = a_p \times a_c \times V_f \quad (2-12)$$

2.17.13 กำลังงานตัด

$$P_c = F_c \times V_c = Q \times k_c \quad (2-13)$$

ตัวอย่างที่ 2.5 หัวกัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D_c) 160 มิลลิเมตร จำนวนคมตัด (z) 12 คมตัด กัด ปาดหน้าชิ้นงานเหล็ก 16MnCr5 ขนาด (a_c) 120 มิลลิเมตร ระยะตัดลึก (a_p) 6 มิลลิเมตร ระยะป้อน ต่อคมตัด (f_z) 0.2 มิลลิเมตร ความเร็วตัด (V_c) 85 ม./นาที

จงหา :

1) ความเร็วรอบ (n)

$$n = \frac{V_c}{\pi \times d} = \frac{(85 \text{ m/min})}{(\pi \times 0.16 \text{ m})} = 169 \text{ RPM}$$

2) ความเร็วป้อน (V_f)

$$V_f = f_z \times z \times n = (0.2 \text{ mm}) \times (12) \times (169 / \text{min}) = 406 \text{ mm/min}$$

3) มุมระหว่างคัตเตอร์เดินเข้าและเดินออก (φ_s)

$$\sin \frac{\varphi_s}{2} = \frac{a_c}{D_c} = \frac{(120 \text{ mm})}{(160 \text{ mm})} = 0.75 ; \varphi_s = 97.2^\circ$$

4) จำนวนคมในช่วงตัด (Z_c)

$$Z_c = \frac{\phi_s \times z}{360^\circ} = \frac{97.2^\circ \times 12}{360^\circ} = 3.24$$

5) ความหนาเศษ (h_{ex})

$$h_{ex} = 0.707 \times f_z = 0.707 \times (0.2\text{mm}) = 0.14\text{ mm.}$$

6) พื้นที่หน้าตัดของเศษ (A)

$$A = a_p \times h \times z_c = (6\text{mm}) \times (0.18\text{mm}) \times (3.24) = 3.5\text{ mm}^2$$

7) แรงตัดจำเพาะ (k_c)

$$k_c = k \times C_1 \times C_2; k = 2348\text{ N/mm}^2$$

$$k_c = (2348\text{ N/mm}^2) \times 0.8 \times 1 = 1879\text{ N/mm}^2$$

8) แรงตัด (F_c)

$$F_c = A \times k_c = (3.5\text{ mm}^2) \times (1879\text{ N/mm}^2) = 6577\text{ N}$$

9) ปริมาตรเศษตามช่วงเวลา (Q)

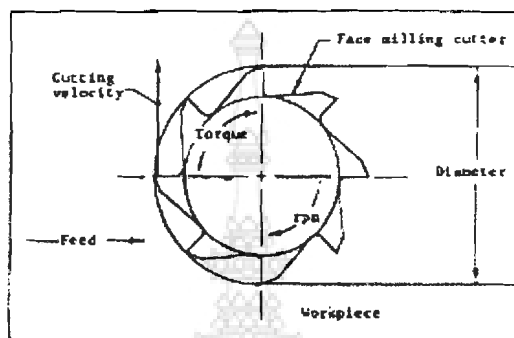
$$Q = a_p \times a_c \times V_f = (6\text{mm}) \times (120\text{mm}) \times (405.6\text{mm/min}) = 292\text{ mm}^3/\text{min}$$

10) กำลังงานตัด (P_c)

$$P_c = F_c \times V_c = \frac{(6577\text{N}) \times (85\text{m})}{60\text{s}} = 9317\text{ W} = 9.3\text{ kW}$$

หรือ $P_c = Q \times k_c = \frac{(292\text{ mm}^3) \times (187900\text{ N/mm}^2)}{60\text{s}} = 914447 \frac{\text{N}\cdot\text{mm}}{\text{s}} = 9.1\text{ kW}$

2.18 กระบวนการตัดโลหะ(The Cutting Process)



Top view of face milling operation.

ภาพที่ 2.28 ภาพด้านบนของงานกัดปาดหน้า [12]

ตัวอย่างที่ 2.6 เอนมิลล์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 in (50.8 mm) มี 6 ฟัน หมุนกัดด้วยความเร็วรอบ 100 rpm. จงหาความเร็วตัดและอัตราป้อนต่อฟัน เมื่อป้อนชิ้นงานด้วยความเร็วป้อน 1.75 in/min (44.45 mm/min)

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{\text{rpm} \times \pi \times D}{12} \\
 &= \frac{100 \times 3.14 \times 2}{12} \\
 &= 52.3 \text{ ft/min (15.95 m/min)}
 \end{aligned}$$

อัตราป้อนต่อฟันหาได้จาก

$$\text{Feed/rev} = \frac{\text{feed / min}}{\text{rev / min}} = \frac{1.75}{100} = 0.0175 \text{ in./rev (0.4445}$$

mm/min)

เอ็นมิลล์มี 6 ฟัน

$$\begin{aligned}
 \text{feed/tooth} &= \frac{\text{feed}}{\text{rev}} \times \frac{\text{rev}}{\text{cutting edges}} \\
 &= \frac{0.0175}{6} = 0.0029 \text{ in. (0.0737 mm.)}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 2.7 งานกััดตามตัวอย่างที่ 2-6 ความลึกใบการตัด 0.500 in (12.7 mm.) และวัดค่าทอร์ก (T) ที่เกิดขึ้นได้ 100 lb-ft (135.6 N-m) ความเร็วรอบ 100 rpm ความเร็วป้อน 1.75 in/min (44.45 mm/min) จากข้อมูลนี้จงหาค่าถึงงานที่จุดตัดเฉือน (hp)

$$\begin{aligned} \text{hp} &= \frac{T \times \text{rpm}}{63,025} = \frac{100 \times 12 \times 100}{63,025} \\ &= 1.9 \text{ horsepower (1.42 kw.)} \end{aligned}$$

นอกจากนั้นค่าถึงงานยังหาได้จาก

$$\text{hp} = \frac{F_c \cdot V_c}{33,000}$$

(2-20)

เมื่อ

$$\begin{aligned} V_c &= \text{circumference} \times \text{rpm} \\ &= \frac{\pi \times 2 \times \frac{1}{2} D \times \text{rpm}}{12} \end{aligned}$$

และ

$$\begin{aligned} \frac{D}{2} \times \text{rpm} &= \frac{12 V_c}{2\pi} \\ \text{hp} &= \frac{F_c (12 V_c / 2\pi)}{63,025} \end{aligned}$$

หรือ

$$\text{hp} = \frac{F_c \cdot V_c}{33,000} \quad (2-21)$$

ตัวอย่างที่ 2.8 จากผลลัพธ์ในตัวอย่างที่ 2.7 ใช้สมการที่ 2-21 แรงตัดมีค่าเท่าไร

$$\begin{aligned} F_c &= \frac{T}{D/2} = \frac{100 \times 12}{1} \\ &= 1200 \text{ lb (5337.9 N)} \end{aligned}$$

ในตัวอย่างที่ 2.6 ความเร็วตัด = 52.3 ft/min (15.95 m/min)

$$\begin{aligned} \text{hp} &= \frac{F_c \cdot V_c}{33,000} = \frac{1200 \times 52.3}{33,000} \\ &= 1.9 \text{ horsepower (1.42 kW)} \end{aligned}$$

ถ้า

$$1 \text{ hp} = 0.746 \text{ kW}$$

$$1 \text{ in} = 2.54 \text{ cm}$$

$$1 \text{ in}^3 = 16.387 \text{ cm}^3$$

และ

$$1 \text{ min} = 60 \text{ sec}$$

ดังนั้น $1 \text{ hp/in}^3/\text{min} = 0.746 \text{ kW}/16.387 \text{ cm}^3/60 \text{ sec}$
 $1 \text{ hp/in}^3/\text{min} = 2.73 \text{ kW/cm}^3/\text{sec}$

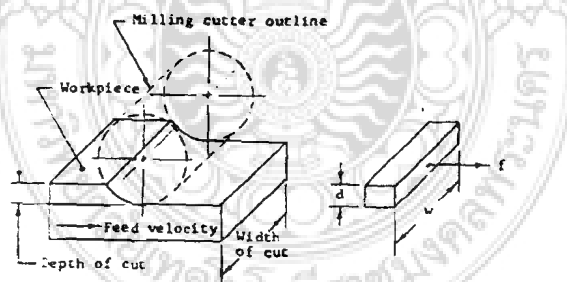
ตารางที่ 2.4 ค่าหน่วยแรงม้า (Up)

material	Hardness (Bhn)	Unit Horsepower (hp/in. ³ /min)	Unit Power (kW/cm ³ /sec)
Steel	125	0.62	1.69
	180	0.75	2.05
	260	0.90	2.46
	430	1.50	4.10

$$R_{vm} = f \times d \times w$$

(2-22)

เมื่อ f = feed (in./min)
 d = dept of cut (in)
 w = width of cut (in)



Graphical representation of volumetric rate of metal removal for plain milling.

ภาพที่ 2.29 แสดงอัตราปริมาตรการตัดสำหรับการกัดขนอน [12]

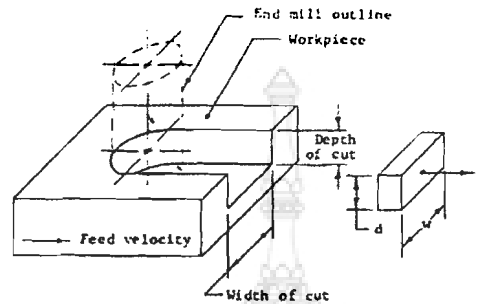
ตัวอย่างที่ 2.9 เ็นมิลล์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.750 in (19.05 mm.) ตัดเจ็อนชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำความแข็ง 125 Bhn ด้วยระยะลี้ก 0.375 in(9.525 mm) ความเร็วตัด 60 ft/min (18.29m/min) อัตราป้อนก่อนมตัด 0.002 in/tooth (0.0508 mm/tooth) มี 4 คมตัด

จากข้อมูลจงหา

1) ความเร็วป้อน (f_v)

$$f_{rvc} = 4 \times f_{tooth} = 0.008 \text{ in. (0.203mm)}$$

$$f = f_{rvc} \times \text{rpm}$$



Graphical representation of volumetric rate of metal removal for vertical milling cutter.

ภาพที่ 2.30 แสดงอัตราปริมาตรการตัดสำหรับการกัดตั้ง[12]

เมื่อ
ดังนั้น

$$\text{rpm} = \frac{12 V_c}{\pi D} = \frac{12 \times 60}{3.14 \times 0.75} = 305.7$$

$$f = 0.008 \times 305.7 = 2.45 \text{ in./min (62.23 mm/min)}$$

2) อัตราปริมาตรการตัด (R_{vm})

$$R_{vm} = f \times d \times w = 2.45 \times 0.375 \times 0.75 = 0.689 \text{ in}^3/\text{min (0.188 cm}^3/\text{sec)}$$

3) Torque (T) ใช้ค่าจากตารางที่ 2-1

จากตารางที่ 2-1 ความแข็ง 125 Bhn จะได้ $U_p = 0.62 \text{ hp/in}^3/\text{min}$

$$\begin{aligned} \text{hp} &= U_p \times R_{vm} \\ &= 0.62 \times 0.689 \\ &= 0.427 \text{ horsepower (0.319 kW)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{\text{hp} \times 63,025}{\text{rpm}} = \frac{0.427 \times 63,025}{305.7} \\ &= 88 \text{ lb-in. (9.9 N-m)} \end{aligned}$$

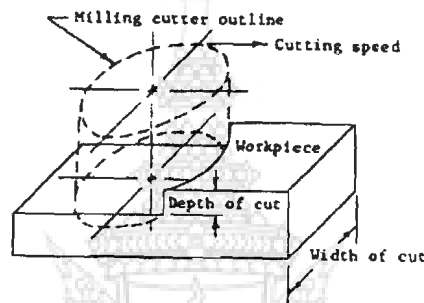
4) แรงตัด (F_c)

$$F_c = \frac{T}{D/2} = \frac{88}{0.75/2} = 235 \text{ lb (1044 N)}$$

หรือ

$$F_c = \frac{hp \times 33,000}{V_c} = \frac{0.427 \times 33,000}{60} = 235 \text{ lb (1044 N)}$$

ตัวอย่างที่ 2.10 จากรูป มีดกัดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 in.(127 mm.) มี 8 ฟัน กัดเหล็กกล้าความแข็ง 240 Bhn ด้วยความเร็วตัด 200 ft/min(61 m/min) ระยะกัดลึก 0.375 in. (9.525 mm.) ความกว้างรอยกัด 4 in.(101.5 mm.) อัตราป้อนต่อฟัน = 0.004 in./tooth(0.106 mm/tooth) มีน้ำหนักบนแรงม้า 0.6 hp จากการกัดและหน่วยของแรงม้าเท่ากับ 0.85



ภาพที่ 2.31 การกัดแนวตั้ง [12]

จากข้อมูลนี้จงหา

1) ความเร็วรอบ (rpm)

$$\text{rpm} = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 61}{3.14 \times 127} = 152.9 \text{ rpm}$$

2) อัตราป้อนชิ้นงาน (f)

$$f_m = \frac{\text{feed}}{\text{tooth}} \times \frac{\text{number of teeth}}{\text{rev}} \times \text{rpm}$$

$$= 0.106 \times 8 \times 152.9$$

$$= 129.66 \text{ mm/min}$$

3) อัตราปริมาตรการตัด (R_{vm})

$$R_{vm} = f_m \times d \times w = \frac{129.66 \times 0.9525 \times 10.15}{60}$$

$$= 2.002 \text{ cm}^3/\text{sec}$$

4) กำลังงานในการตัด (hp_c)

$$hp_c = U_p \times R_v = 0.85 \times 7.335 = 6.23 \text{ horsepower}$$

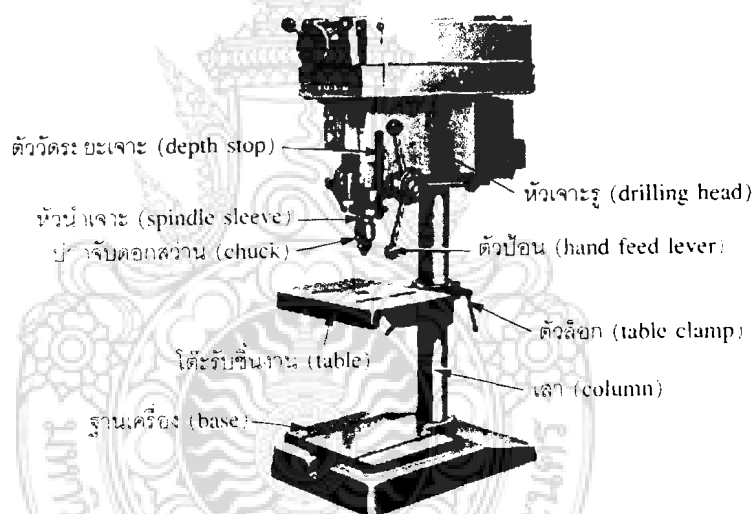
หรือ

$$hp_c = U_p \times R_v = 2.35 \times 2.002 = 4.651 \text{ kW}$$

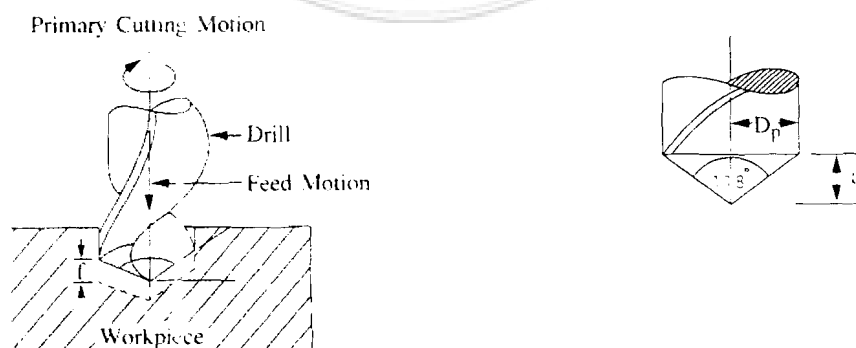
$$= 2568 \text{ lb-in.} (289.7 \text{ N-m})$$

2.19 การเจาะ(Drilling)

เครื่องเจาะเป็นเครื่องมือกลที่ได้รับการออกแบบให้มีหลายคมตัดอย่างต่อเนื่อง และทิศทางการตัดเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ดอกสว่านมีคมตัด 2 คมตัด ซึ่งมีการออกแบบเครื่องเจาะแตกต่างกันหลายรูปแบบ เพื่อให้เหมาะสมกับงานชนิดต่างๆ ดอกสว่านที่ใช้กับเครื่องเจาะ มักเป็นชนิดมีร่องบิด (Twist Drill) นอกจากนี้อาจใช้ดอกสว่านเรียบ (Reamer) เพื่อช่วยให้ผิวของรูเจาะมีความเรียบและมีขนาดที่ถูกต้อง ลักษณะทางเรขาคณิตของดอกสว่าน



ภาพที่ 2.32 ลักษณะโดยรวมของเครื่องเจาะ [5]



ภาพที่ 2.33 ลักษณะทางเรขาคณิตของการเจาะ [5]

ในการเจาะ การเคลื่อนที่หลักคือการหมุนของดอกสว่าน ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

ความเร็วตัด (Cutting Speed)

$$V = \frac{\pi \cdot Dr \cdot NT}{1000}$$

โดยที่ Dr = เส้นผ่านศูนย์กลางดอกสว่าน (มิลลิเมตร)

NT = รอบการหมุนของดอกสว่าน (รอบ/นาที)

อัตราการป้อน (Feeding Rate)

$$fT = \frac{f}{2}$$

โดยที่ f = การป้อนต่อคมตัดของดอกสว่าน (มิลลิเมตร/คมตัด)

อัตราการกำจัดโลหะ (Metal Removal Rate) ขณะเกิดการการตัดสามารถคำนวณได้ 2กรณี การเจาะจากชิ้นงานที่มีรูเจาะนำอยู่ก่อนแล้ว กับกรณีที่ไม่มีการนำอยู่ก่อนสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$Zw = \frac{\pi \cdot D \cdot f \cdot NT}{4} \quad (\text{ไม่มีรูเจาะนำ})$$

$$Zw = \frac{\pi \cdot (D - D) \cdot f \cdot NT}{4} \quad (\text{มีรูเจาะนำ})$$

โดยที่ D = เส้นผ่านศูนย์กลางของรูจะนำ (มิลลิเมตร)

ในการเจาะชิ้นงานที่มีความหนา Lw ซึ่งหมายถึงระยะที่ต้องเคลื่อนดอกสว่าน เพื่อเจาะตามความลึกที่ต้องการ จะเท่ากับความลึกที่ต้องการ จะเท่ากับความลึกของรูเจาะรวมกับความยาวของปลายดอกสว่าน (ระยะ a รูปที่ (ข)) โดยที่ดอกสว่านมาตรฐานมีมุมปลายดอกสว่านเท่ากับ 118 องศา จึงสามารถคำนวณความยาวปลายดอกสว่านได้จาก

$$a = \frac{Dp}{2 \tan 59} \quad \text{มิลลิเมตร}$$

และ

$$TM = \frac{Lw}{2 \tan 59}$$

โดยที่ Lw = ความลึกของรูเจาะรวมกับระยะปลายดอกสว่าน (มิลลิเมตร)

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าความเร็วตัดสำหรับกระบวนการผลิตโดยเครื่องเจาะ

Work material	Cutting speed (m/min)		
	Drilling	Reaming	Tapping
Free machining steel	20-30	11-20	8-12
Mild steels	20-25	11-15	10-12
Medium carbon steel	15-20	10-15	8-11
Alloy steels	15-22	10-15	8-12
Tool steels	5-8	3-5	3-5
Stainless steels	10-15	9-25	8-10
Cast irons	20-25	10-17	9-12
Aluminium alloys	30-55	25-30	15-18
Copper alloys	25-45	20-40	10-12
Magnesium alloys	60-111	30-45	15-25
Titanium alloys	10-15	10-25	8-9

2.20 การศึกษาการเคลื่อนไหว

การศึกษาการเคลื่อนไหวของมือ เป็นการศึกษาว่าการทำงานของมือทั้งสองนั้นสัมพันธ์กันอย่างไร ในขณะที่ทำงาน มีแผนภูมิที่ใช้ช่วยในการบันทึกเหตุการณ์นี้เรียกว่า แผนภูมิสองมือ (Two-handed Process Chart)

แผนภูมิสองมือ เป็นแผนภูมิที่ใช้ในการบันทึกการทำงานของมือทั้งสองว่าสัมพันธ์กันอย่างไร แผนภูมิสองมือ ใช้บันทึกการทำงานที่ทำซ้ำๆกัน โดยบันทึกการทำงานของมือทั้งสองเพียงรอบเดียวซึ่งเท่ากับเป็นตัวแทนของภาพการทำงานทั้งหมด ทั้งนี้การบันทึกการทำงานของมือทั้งสองจะบันทึกให้สัมพันธ์กับเวลาด้วย เพื่อให้ทราบว่าในเวลาหนึ่งๆมือทั้งสองทำอะไรบ้างและสัมพันธ์กันอย่างไร

สัญลักษณ์ที่ใช้บันทึกในแผนภูมิสองมือ

- 1) กลุ่มที่เป็นการทำงาน (O) หมายถึง การทำงานของมือ ได้แก่ การหยิบ การปล่อย การตั้งตำแหน่ง
- 2) กลุ่มที่เป็นการเคลื่อนที่ (\leftrightarrow) หมายถึง การเคลื่อนที่ของมือจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยที่ในมือจะมีอะไรหรือไม่ก็ตาม

- 3) กลุ่มที่เป็นการรอคอย (D) หมายถึง เมื่อมืออยู่กับที่โดยในมือไม่ได้จับหรือถือไว้
- 4) กลุ่มที่เป็นการตรวจสอบ (□) หมายถึง การตรวจสอบ การค้นหา
- 5) กลุ่มที่เป็นการถือไว้ (▽) หมายถึง มือกำลังจับหรือถืออะไรไว้และหยุดอยู่กับที่

หลักการจัดบันทึกการทำงานของมือทั้งสอง โดยการใช้แผนภูมิสองมือ

- 1) ศึกษาวัฏจักรของการทำงานให้เข้าใจก่อนลงมือบันทึกข้อมูล
- 2) บันทึกการทำงานของมือข้างใดข้างหนึ่งเพียงข้างเดียวก่อนเสร็จแล้วจึงค่อยบันทึกการทำงานของมืออีกข้างหนึ่ง
- 3) อย่าใช้สัญลักษณ์สองตัวในเวลาเดียวกัน
- 4) การเริ่มต้นจุดบันทึกควรเริ่มที่เมื่อเริ่มหยิบงานชิ้นใหม่ โดยเริ่มที่มือใดก่อนก็ได้
- 5) บันทึกการกระทำของมือทั้งสองในแถวหรือระดับเดียวกัน ก็ต่อเมื่อการกระทำนั้นเกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน
- 6) การทำงานของมือทั้งสองที่ไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกันซึ่งต้องจุดบันทึกต่างระดับกันตามลำดับที่เกิดขึ้นก่อนหลัง
- 7) บันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตามความเป็นจริง



บทที่ 3

การดำเนินโครงการผลิตด้ามมีดกึ่ง

3.1 การออกแบบด้ามมีดกึ่ง

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงาน ศึกษาตรวจสอบวิเคราะห์และแนวทางสรุปผลการทดลองโดยมีลำดับการทำวิจัยประกอบด้วย ศึกษาแนวทางการนำวัสดุด้ามมีดกึ่งไปกเพื่อเปรียบเทียบ ศึกษาประสิทธิภาพของด้ามมีดนำเข้ากับผลิตต้นแบบ

3.1.1 ศึกษาข้อมูลด้านรูปทรงเลขาคณิตของด้ามมีด

3.1.1.1 ตราสัญลักษณ์ของผลิตภัณฑ์เครื่องมือตัด

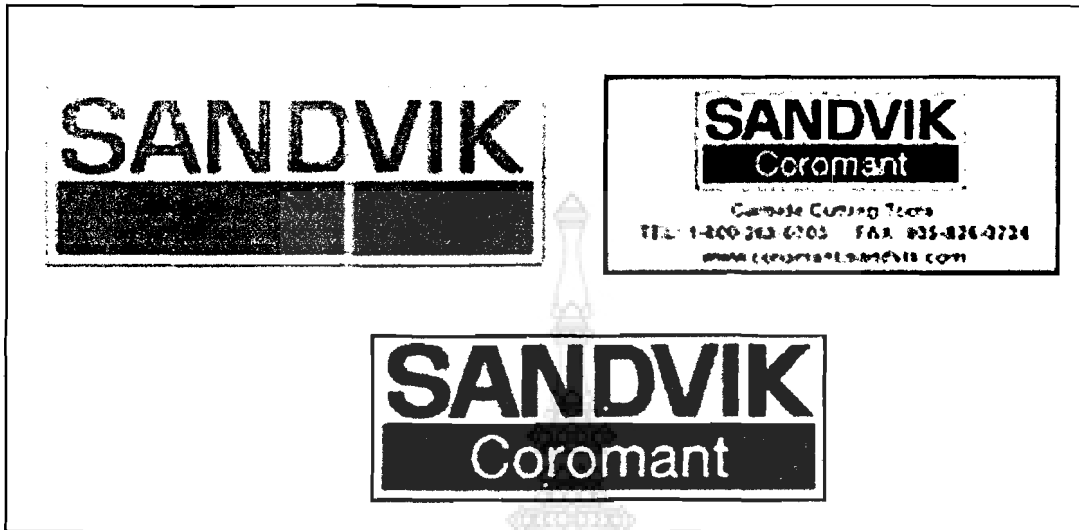
เป็นตราตราสัญลักษณ์ของสินค้าว่าเป็นยี่ห้ออะไร ซึ่งมีตราผลิตภัณฑ์เป็นเครื่องหมายการค้าติดบนกล่องเพื่อสะดวกในการหาซื้อภายในประเทศ เช่น



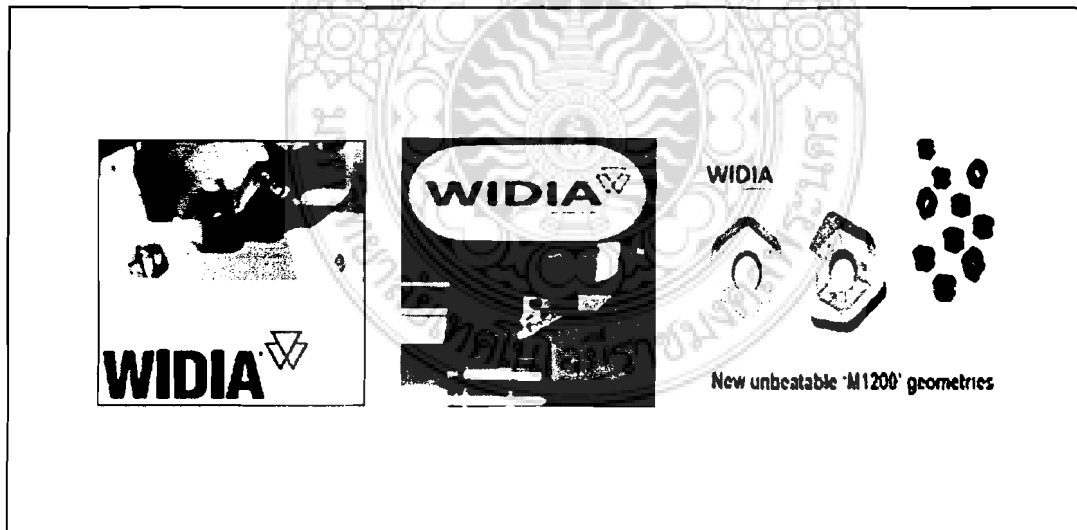
ภาพที่ 3.1 ตราผลิตภัณฑ์ Taegu Tec



ภาพที่ 3.2 ตราผลิตภัณฑ์ Kennametal

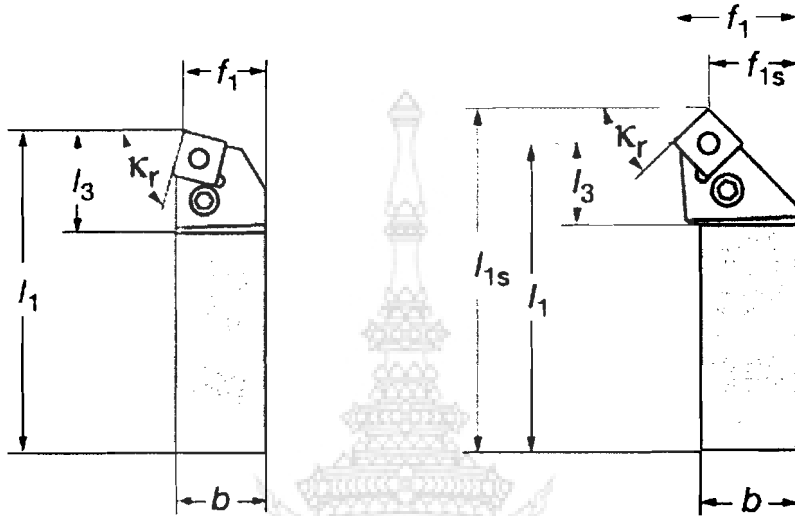


ภาพที่ 3.3 ตราผลิตภัณฑ์ Sandvik



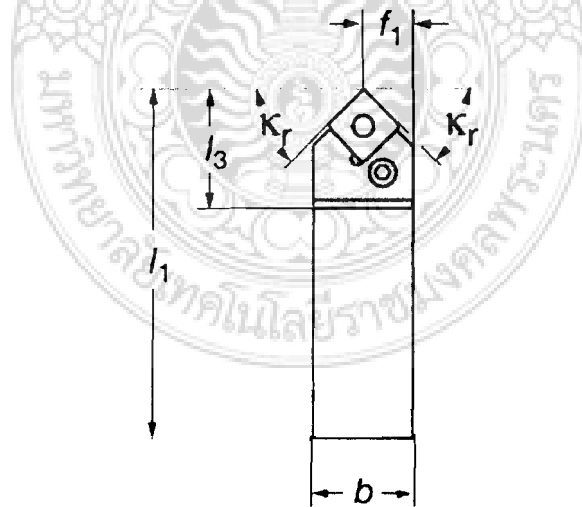
ภาพที่ 3.4 ตราผลิตภัณฑ์ Widia

3.1.1.2 ลักษณะต่างๆของมุมด้ามมีดกลึง



ภาพที่ 3.5 ด้ามมีดกลึงมุม K_r 45°

ภาพที่ 3.6 ด้ามมีดกลึงมุม K_r 45°

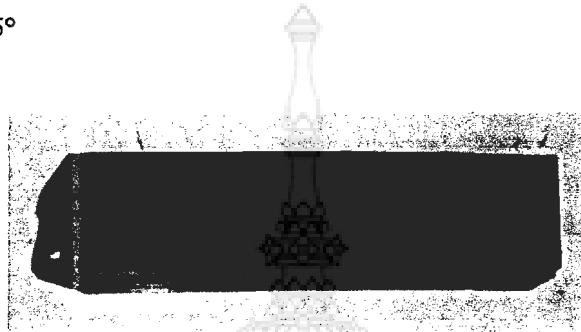


ภาพที่ 3.7 ด้ามมีดกลึงมุม K_r 45°

3.1.2 เลือกด้ามมีดกลึงใช้เมตมีดทรง S

โดยให้มีลักษณะมุม (Kr) ต่างกันหรือเป็นผลิตภัณฑ์ต่างชนิดกัน ในที่นี้เลือก Kennametal 75°, Widia 45°, Kennametal 45°

มุมด้ามมีด 75°



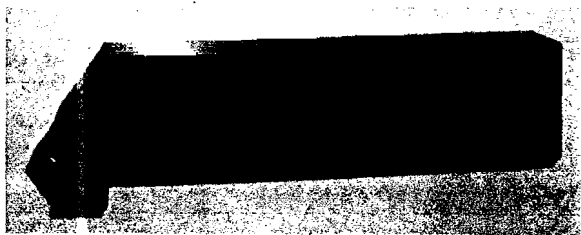
ภาพที่ 3.8 ด้ามมีดกลึง Kennametal มุม (Kr) 75°

มุมด้ามมีด 45°



ภาพที่ 3.9 ด้ามมีดกลึง WIDIA มุม (Kr) 45°

มุมด้ามมีด 45°

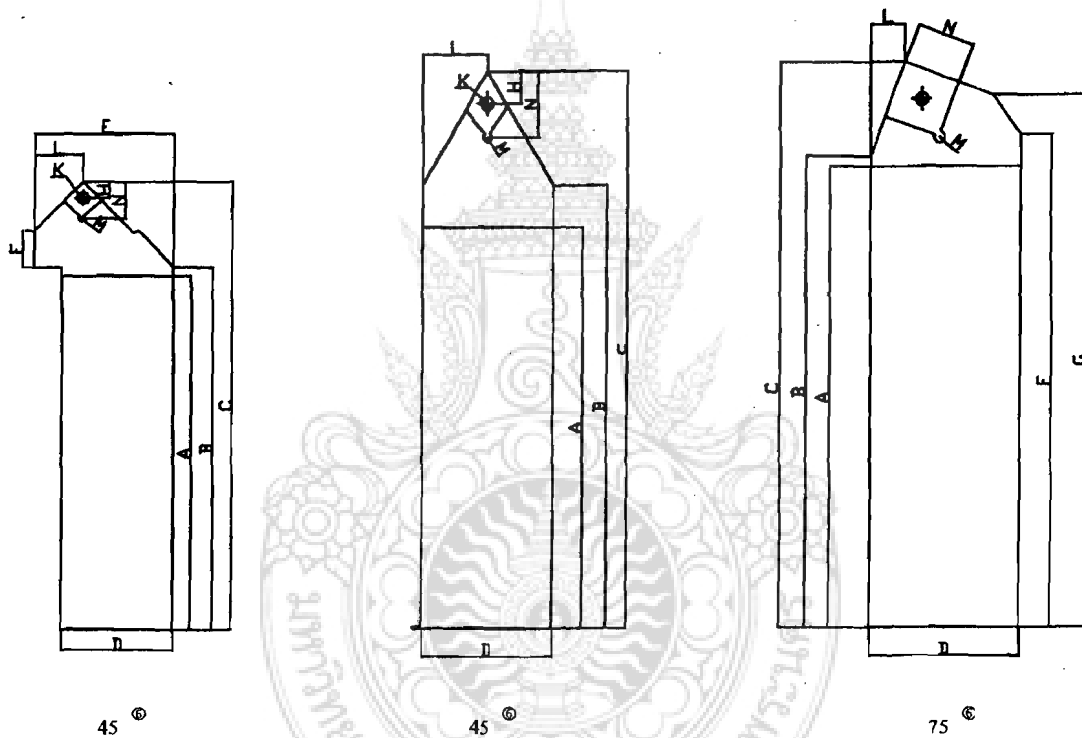


ภาพที่ 3.10 ด้ามมีดกลึง Kennametal มุม (Kr) 45°

3.1.3 วิธีการตรวจสอบด้ามมีดกลึงแต่ละแบบ

ตรวจสอบขนาดด้ามมีดกลึง โดยการตรวจสอบขนาดของด้ามมีดกลึง แบ่งการตรวจสอบออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ

3.1.3.1 การตรวจสอบลักษณะรูปร่างทั่วไปโดยใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์

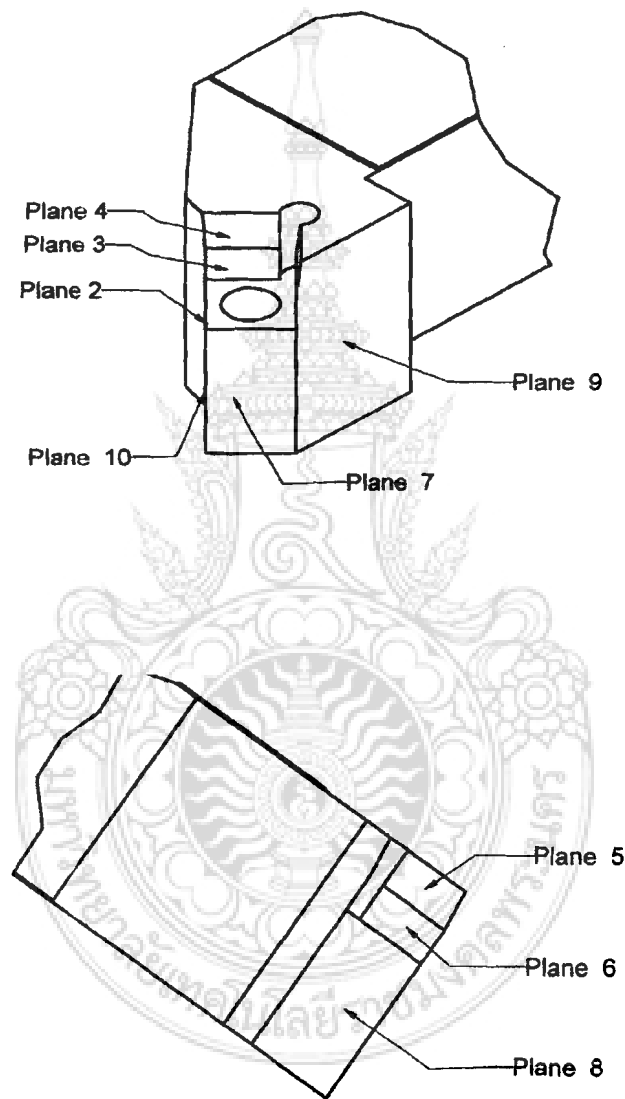


ภาพที่ 3.11 รูปแบบการวัดด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ทั้ง 3 ด้าม

ตารางที่ 3.1 ผลการตรวจขนาดด้ามมีดกลึงโดยใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์วัด

ด้ามมีด / จุดที่	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Kennametal ₄₅ ®	129	136	158	25	31.5	16	-	7.5	-	-	5	8	3	13.5
Widia ₄₅ ®	129	138	150	25	-	-	-	7.5	-	-	5	12.5	5	12.5
Kennametal ₇₅ ®	131	135	149	25	-	139	145	7.5	-	-	5	3.5	5	11

3.1.3.2 ตรวจสอบระนาบเฉียงส่วนปลายตัดของค้ำมิดด้วยเครื่อง CMM



ภาพที่ 3.12 การกำหนดระนาบเพื่อการตรวจสอบและเปรียบเทียบ

ตามภาพที่ 3.12 เป็นการกำหนดรูปแบบการตรวจสอบบริเวณประกอบแผ่นมิด ขนาด 12.7 x 12.7 x 4.76 มม. โดยมีผลการตรวจสอบตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ผลการตรวจสอบระนาบเอียง Kennametal 45° (ต่อ)

Plane Mean Plane 5 (5)	X= 180.1863 Y= 178.6457 Z= -1.1314	AX= 135.2454 AY= 134.7534 AZ= 89.7445	L= 253.7374 d=	0.00764
Angle Angle (4)		A= 89:44:52		(1) Plane (5) Plane
Plane Mean Plane 6 (6)	X= 174.4269 Y= 173.8160 Z= -22.8256	AX= 134.8556 AY= 134.6563 AZ= 84.7041	L= 247.3009 d=	0.00087
Angle Angle (5)		A= 84:42:27		(1) Plane (6) Plane
Plane Mean Plane 7 (7)	X= 172.4326 Y= 171.4401 Z= -0.1435	AX= 135.1654 AY= 134.8346 AZ= 89.9662	L= 243.1558 d=	0.00518
Angle Angle (6)		A= 89:58:10		(1) Plane (7) Plane
Plane Mean Plane 8 (8)	X= 93.6403 Y= -92.5511 Z= 0.1895	AX= 44.6649 AY= 134.6648 AZ= 89.9175	L= 131.6596 d=	0.03785
Angle Angle (7)		A= 89:55:00		(1) Plane (8) Plane
Plane Mean Plane 9 (9)	X= 271.2233 Y= -0.3610 Z= -0.0886	AX= 0.0785 AY= 90.0763 AZ= 90.0187	L= 271.2236 d=	0.00364
Angle Angle (8)		A= 90:00:57		(1) Plane (9) Plane

จากตารางที่ 3.2 ผลการวัดระนาบ (Plane 1) เป็นระนาบอ้างอิง (Reference) ใช้ระนาบของโต๊ะระดับเป็นระนาบเริ่มต้นสำหรับการอ้างอิงระนาบอื่นๆ หลังจากนั้นตรวจสอบระนาบที่ 2 (Plane 2) พบว่าทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 0 องศา 07 ลิปดา 16 พิลิปดา, ระนาบที่ 3 (Plane 3) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 89 องศา 59 ลิปดา 13 พิลิปดา, ระนาบที่ 4 (Plane 4) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 81 องศา 13 ลิปดา 57 พิลิปดา, ระนาบที่ 5 (Plane 5) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 89 องศา 44 ลิปดา 52 พิลิปดา, ระนาบที่ 6 (Plane 6) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 84 องศา 42 ลิปดา 27 พิลิปดา, ระนาบที่ 7 (Plane 7) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 89 องศา 58 ลิปดา 10 พิลิปดา, ระนาบที่ 8 (Plane 8) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 89 องศา 55 ลิปดา 00 พิลิปดา

ตารางที่ 3.3 ผลการตรวจสอบระนาบเอียง Widia 45°

eng.RMUTP (mm)

Shank Hoder 1

XXXXXXXXXXXX



Plane Mean	X=	0.0018	AX=	89.9972	L=	36.7294	d=	0.00002
Plane 1	Y=	0.0011	AY=	89.9983				
(1)	Z=	36.7294	AZ=	0.0033				
Plane Mean	X=	-0.0525	AX=	90.0582	L=	52.6435	d=	0.00575
Plane 2	Y=	-0.0946	AY=	90.1030				
(2)	Z=	52.6434	AZ=	0.1183				
Angle			A=	0:07:16				(1) Plane
Angle								(2) Plane
(1)								
Plane Mean	X=	84.4034	AX=	45.0241	L=	119.4146	d=	0.00068
Plane 3	Y=	-84.4743	AY=	135.0241				
(3)	Z=	0.0255	AZ=	89.9877				
Angle			A=	89:59:13				(1) Plane
Angle								(3) Plane
(2)								
Plane Mean	X=	84.3582	AX=	46.6092	L=	122.7973	d=	0.06219
Plane 4	Y=	-87.2502	AY=	135.2774				
(4)	Z=	18.7161	AZ=	81.2331				
Angle			A=	81:13:57				(1) Plane
Angle								(4) Plane
(3)								
Plane Mean	X=	180.1863	AX=	135.2454	L=	253.7374	d=	0.00764
Plane 5	Y=	178.6457	AY=	134.7534				
(5)	Z=	-1.1314	AZ=	89.7445				
Angle			A=	89:44:52				(1) Plane
Angle								(5) Plane
(4)								
Plane Mean	X=	174.4269	AX=	134.8556	L=	247.3009	d=	0.00087
Plane 6	Y=	173.8160	AY=	134.6563				
(6)	Z=	-22.8256	AZ=	84.7041				
Angle			A=	84:42:27				(1) Plane
Angle								(6) Plane
(5)								
Plane Mean	X=	172.4326	AX=	135.1654	L=	243.1558	d=	0.00518
Plane 7	Y=	171.4401	AY=	134.8346				
(7)	Z=	-0.1435	AZ=	89.9662				

ตารางที่ 3.3 ผลการตรวจสอบระนาบเอียง Widia 45° (ต่อ)

Angle Angle (6)		A=	89:58:10			(1) Plane (7) Plane
Plane Mean Plane 8 (8)	X=	93.6403	AX=	44.6649	L=	131.6596 d=
	Y=	-92.5511	AY=	134.6648		0.03785
	Z=	0.1895	AZ=	89.9175		
Angle Angle (7)		A=	89:55:00			(1) Plane (8) Plane
Plane Mean Plane 9 (9)	X=	271.2233	AX=	0.0785	L=	271.2236 d=
	Y=	-0.3610	AY=	90.0763		0.00364
	Z=	-0.0886	AZ=	90.0187		
Angle Angle (8)		A=	90:00:57			(1) Plane (9) Plane
Plane Mean Plane 10 (10)	X=	171.5513	AX=	135.1536	L=	241.9626 d=
	Y=	170.6338	AY=	134.8463		0.00299
	Z=	0.3980	AZ=	90.0943		
Angle Angle (9)		A=	90:05:51			(1) Plane (10) Plane
Line Mean Line1 (1)	X=	0.0000	AX=	90.0000	L=	80.1261 d=
	Y=	80.1258	AY=	90.1504		0.01855
	Z=	0.2104	AZ=	0.1504		
Angle Angle (10)		A=	89:50:52			(1) Line (1) Plane

จากตารางที่ 3.3 ผลการวัดระนาบ (Plane 1) เป็นระนาบอ้างอิง (Reference) ใช้ระนาบของโต๊ะระดับเป็นระนาบเริ่มต้นสำหรับการอ้างอิงระนาบอื่นๆ หลังจากนั้นตรวจสอบระนาบที่ 2 (Plane 2) พบว่าทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 0 องศา 07 ลิปดา 16 พิลิปดา, ระนาบที่ 3 (Plane 3) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 89 องศา 59 ลิปดา 13 พิลิปดา, ระนาบที่ 4 (Plane 4) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 81 องศา 13 ลิปดา 57 พิลิปดา, ระนาบที่ 5 (Plane 5) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 89 องศา 44 ลิปดา 52 พิลิปดา, ระนาบที่ 6 (Plane 6) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 84 องศา 42 ลิปดา 27 พิลิปดา, ระนาบที่ 7 (Plane 7) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 89 องศา 58 ลิปดา 10 พิลิปดา, ระนาบที่ 8 (Plane 8) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 89 องศา 55 ลิปดา 00 พิลิปดา

ตารางที่ 3.4 ผลการตรวจสอบระนาบเอียง Kennametal 75° (ต่อ)

Angle Angle (5)		A=	90:11:49		(1) Plane (6) Plane
Plane Mean Plane 7 (7)	X=	-9.4537	AX= 74:28:09	L= 35.3073	d= 0.00306
	Y=	34.0181	AY= 164:28:09		
	Z=	0.0332	AZ= 90:03:14		
Angle Angle (6)		A=	89:56:46		(1) Plane (7) Plane
Plane Mean Plane 8 (8)	X=	329.6079	AX= 15:40:05	L= 342.3280	d= 0.05011
	Y=	92.4329	AY= 74:20:06		
	Z=	1.8038	AZ= 89:41:53		
Angle Angle (7)		A=	90:18:07		(1) Plane (8) Plane
Line Mean Line1 (1)	X=	320.0294	AX= 90:09:38	L= 320.0306	d= 0.02136
	Y=	0.0000	AY= 90:00:00		
	Z=	-0.8969	AZ= 179:50:22		
Angle Angle (8)		A=	90:09:38		(1) Line (1) Plane

จากตารางที่ 3.4 ผลการวัดระนาบ (Plane 1) เป็นระนาบอ้างอิง (Reference) ใช้ระนาบของโต๊ะระดับเป็นระนาบเริ่มต้นสำหรับการอ้างอิงระนาบอื่นๆ หลังจากนั้นตรวจสอบระนาบที่ 2 (Plane 2) พบว่าทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 0 องศา 09 ลิปดา 01 ฟลิปดา, ระนาบที่ 3 (Plane 3) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 89 องศา 47 ลิปดา 04 ฟลิปดา, ระนาบที่ 4 (Plane 4) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 95 องศา 33 ลิปดา 58 ฟลิปดา, ระนาบที่ 5 (Plane 5) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 95 องศา 43 ลิปดา 31 ฟลิปดา, ระนาบที่ 6 (Plane 6) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 89 องศา 48 ลิปดา 11 ฟลิปดา, ระนาบที่ 7 (Plane 7) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 89 องศา 56 ลิปดา 48 ฟลิปดา, ระนาบที่ 8 (Plane 8) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 90 องศา 18 ลิปดา 07 ฟลิปดา

3.1.3.3 ส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ผลิตค้ำมีดกึ่ง

นำค้ำมีดกึ่งทั้ง 3 ค้ำคือ Kennametal 75, WIDIA 45 และ Kennametal 45 ไปทำสเปคโตรหาส่วนผสมทางวิศวกรรม ได้ผลการวัดดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงผลการทำสเปคโตรของค้ำมีดกึ่ง Kennametal 75°

Analyze Standardize Edit Transfer Options Quit						
Sample : Ken 15		HV VAC		Time : 15:00:30		
Matrix : Fe Alloy : LAS		Low Alloyed Steel		Date : 06-08-09		
Element	Burn 1	Burn 2	Burn 3	Burn 4	Average	
Fe (%)	97.19	97.15	97.19		97.18	
C (%)	0.437	0.434	0.436		0.435	
Si (%)	0.256	0.253	0.255		0.258	
Mn (%)	0.694	0.710	0.698		0.701	
P (%)	0.030	0.010	0.070		0.030	
S (%)	0.020	0.023	0.020		0.021	
Cr (%)	0.965	0.972	0.964		0.967	
Ni (%)	0.098	0.100	0.097		0.098	
Mo (%)	0.007	0.005	0.007		0.008	
V (%)	0.001	0.001	0.001		0.001	
Ti (%)	0.008	0.007	0.011		0.008	
Cu (%)	0.215	0.223	0.212		0.217	
Al (%)	0.047	0.050	0.047		0.048	
Co (%)	0.033	0.033	0.032		0.033	

จากตารางที่ 3.5 การตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของตราผลิตภัณฑ์ค้ำมีดกึ่ง Kennametal 75° ส่วนผสมเป็นหลัก (Fe) 97.18% , คาร์บอน (C) 0.345% , ซิลิกอน (Si) 0.258% , แมงกานีส (Mn) 0.701% , โครเมียม (Cr) 0.967% ทองแดง (Cu) 0.217%

ตารางที่ 3.6 แสดงผลการทำสเปคโตร์ของด้ามมีดกึ่ง WIDIA 45°

Element	Burn 1	Burn 2	Burn 3	Burn 4	Average
Fe (%)	96.95	96.99	96.94		96.97
C (%)	0.616	0.625	0.605		0.616
Si (%)	0.273	0.279	0.289		0.277
Mn (%)	0.673	0.671	0.686		0.677
P (%)	0.052	0.053	0.053		0.053
S (%)	0.022	0.023	0.023		0.023
Cr (%)	0.935	0.936	0.945		0.939
Ni (%)	0.110	0.109	0.113		0.113
Mo (%)	0.201	0.200	0.204		0.202
V (%)	0.007	0.007	0.006		0.007
Bi (%)	0.015	0.014	0.014		0.014
Cu (%)	0.041	0.041	0.042		0.042
Al (%)	0.042	0.041	0.047		0.043
Co (%)	0.023	0.023	0.023		0.023

จากตารางที่ 3.6 ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของตราผลิตภัณฑ์ด้ามกึ่ง Widia 45° ส่วนผสมเป็นเหล็ก (Fe) 96.97%, คาร์บอน (C) 0.616%, ซิลิกอน (Si) 0.277%, แมงกานีส (Mn) 0.677%, โครเมียม (Cr) 0.939%, นิกเกิล (Ni) 0.113%, โมลิบดีนัม (Mo) 0.202%

ตารางที่ 3.7 แสดงผลการทำสเปกโตร์ของด้ามมีดกึ่ง Kennametal 45°

Element	Burn 1	Burn 2	Burn 3	Burn 4	Average
Fe (%)	97.50	97.49	97.49		97.49
C (%)	0.428	0.430	0.424		0.428
Si (%)	0.263	0.266	0.270		0.266
Mn (%)	0.549	0.553	0.550		0.551
P (%)	0.029	0.026	0.027		0.027
S (%)	0.023	0.023	0.021		0.022
Cr (%)	0.835	0.841	0.837		0.838
Ni (%)	0.149	0.151	0.152		0.151
Mg (%)	< 0.000	< 0.000	< 0.000		< 0.000
V (%)	0.001	0.001	0.001		0.001
Ti (%)	< 0.000	< 0.000	< 0.000		< 0.000
Cu (%)	0.152	0.154	0.156		0.154
Al (%)	0.024	0.024	0.023		0.024
Co (%)	0.044	0.044	0.044		0.044

จากตารางที่ 3.7 ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของตราผลิตภัณฑ์ด้ามมีดกึ่ง Kennametal 45° ส่วนผสมเป็นเหล็ก (Fe) 97.49 % , คาร์บอน (C) 0.428 % , ซิลิกอน (Si) 0.266 % , แมงกานีส (Mn) 0.551 % , โครเมียม (Cr) 0.838 % , นิกเกิล (Ni) 0.151 % , ทองแดง (Cu) 0.154 %

3.1.3.4 การทดสอบการใช้งาน

การทดสอบการกลึงเป็นการทดสอบการตัดเฉือนกับชิ้นงานเหล็กกล้า AISI1050 โดยออกแบบชิ้นงานตามภาพที่ 3.13 เป็นชิ้นงานผ่านการกลึงทดสอบแล้วปกติชิ้นงานจะมีขนาดความยาวกลึงปอกผิว 30.00 มม. ขณะกลึงให้รวบรวมเศษกลึงในแต่ละการทดสอบเพื่อนำไปคำนวณแรงตัดเฉือนและระยะ โกงของค้ำมีดที่จับยาวเท่ากับ 30.00 มม.

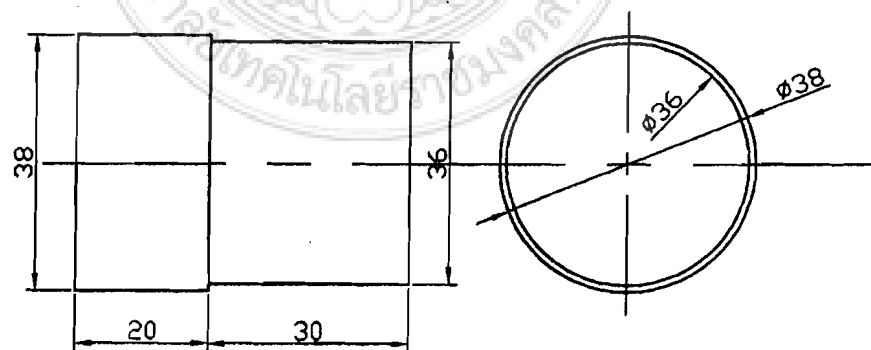
1) เงื่อนไขในการกลึงปอก

โดยมีเงื่อนไขการทดสอบ ดังนี้

- Feed rate 0.15 mm/rev
- ความเร็วรอบ 1800 rev/min
- มุมปลายมีด 0.8 mm.
- มุมคายเศษ $\beta = 6^\circ$
- ความยาวในการกลึงปอกผิว 30.00 mm.
- Depth of cut 3.00 mm.
- ระยะความยาวปลายมีด 30.00 mm.
- ขนาดของมีดกลึง $b = 25$ mm. $h = 25$ mm.

2) การเตรียมชิ้นงาน

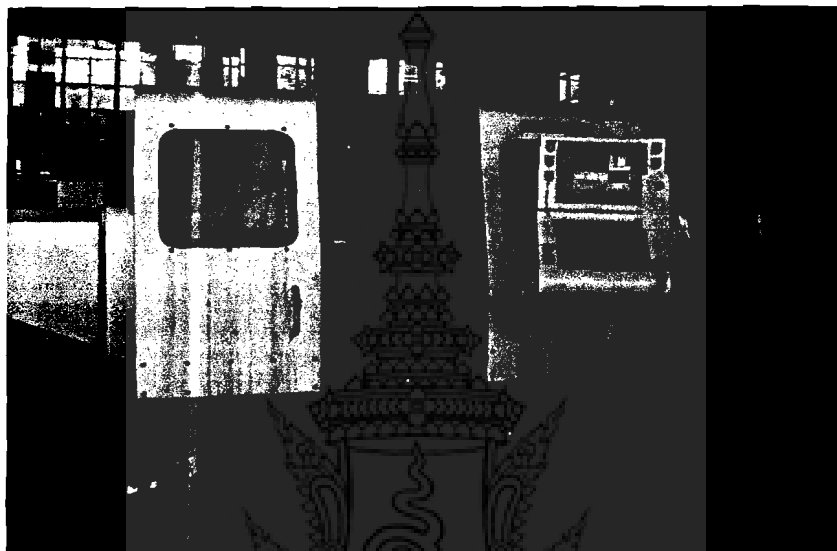
- จัดซื้อวัสดุเหล็ก AISI 1050 ความโต 38.00 mm. (1.5 นิ้ว) ความเผื่อชิ้นงานอยู่ที่ 0.005 มม.
- ทดสอบกลึงชิ้นงานตามแบบ



ภาพที่ 3.13 การเตรียมชิ้นงานก่อนทดสอบการใช้งาน

3) ขั้นตอนในการทดสอบ

- เขียนโปรแกรมงานกลึง CNC ตามเงื่อนไขการตัดเฉือนที่ได้ออกแบบไว้

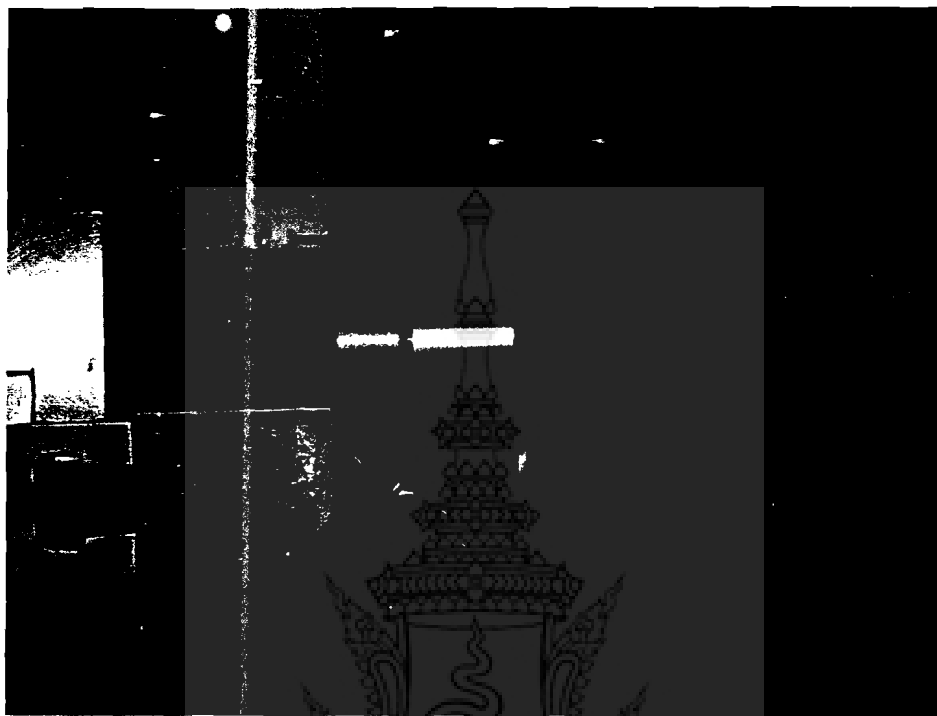


ภาพที่ 3.14 เครื่องกลึง CNC

- ประกอบค้ำมีดกับป้อนมีดโดยวัดความยาวจากปลายมีดถึงฐานรองรับค้ำมีดที่ระยะความยาว 30.00 มิลลิเมตร



ภาพที่ 3.15 กำหนดความยาวของด้ามมีดก่อนกลึงกำหนดความยาวเท่ากับ 30.00 มม.



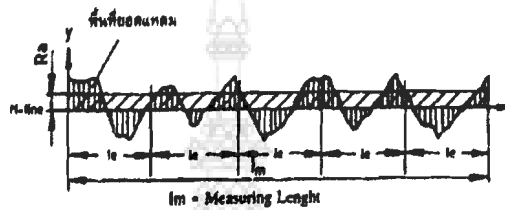
ภาพที่ 3.16 ลักษณะชิ้นงานที่ผ่านการกลึงปอก



3.1.4 ตรวจสอบความหยาบผิวถึงและเศษกึ่ง

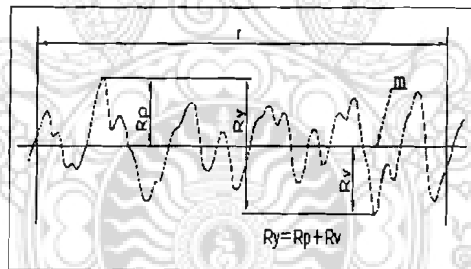
3.1.4.1 ตรวจสอบผิวงานที่ผ่านการกลึงปอกตามมาตรฐานของ ANSI 95

- ค่าความหยาบ R_a หมายถึง ค่าความหยาบผิวที่หาได้จากการรวมพื้นที่ยอดแหลมของคลื่นเหนือเส้นกึ่งกลาง (M-Line) กับพื้นที่ยอดแหลมของคลื่นใต้เส้นกึ่งกลางหารด้วยความยาวเฉลี่ย (L_m) โดยที่ค่าของ R_a มีหน่วยวัดเป็นไมโครเมตร (μm)



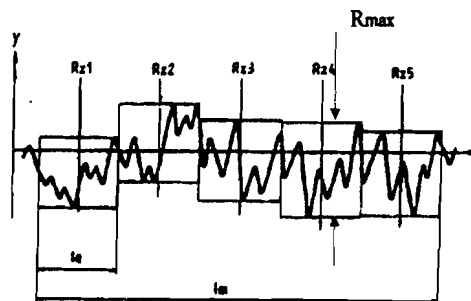
ภาพที่ 3.17 ลักษณะความหยาบผิว R_a

- ค่าความหยาบผิวสูงสุด R_y หมายถึง ความลึกสูงสุดของร่องความหยาบที่มีอยู่ในระยะทดสอบ (ดังรูป 2.10)



รูปภาพที่ 3.18 ลักษณะความหยาบผิว R_y

- ค่าความหยาบ R_z หมายถึง ค่าความหยาบผิว ซึ่งหาได้จากการวัดสอบเป็นช่วงเท่าๆ กัน 5 ช่วงแล้วนำค่าที่ได้มารวมกันหารด้วย 5 โดยที่ค่าของ R_z มีหน่วยเป็นไมโครเมตร (μm)



ภาพที่ 3.19 ลักษณะความหยาบผิว R_z

ภาพที่ 3.19 ลักษณะความหยาบผิว Rz

3.1.4.2 ผลการตรวจสอบความหยาบผิวของชิ้นงานกลึง

ตารางที่ 3.8 ค่าความหยาบผิวงานที่กลึงด้วยมีดกลึง Kennametal 75 ©

ชิ้นงาน	Kennametal	ค่าความหยาบผิว														
		Ra (μm)					Ry (μm)					Rz (μm)				
	Number มีดกลึง	Ra 1	Ra 2	Ra 3	Ra 4	\overline{Ra}	Ry 1	Ry 2	Ry 3	Ry 4	\overline{Ry}	Rz 1	Rz 2	Rz 3	Rz 4	\overline{Rz}
1	SSSCR2525M12	0.92	0.89	0.90	1.31	1.005	6.4	7.7	6.4	10.2	7.675	6.0	6.0	5.7	8.3	6.5
2	SSSCR2525M12	8.81	5.68	9.23	5.92	7.41	102.0	45.3	72.5	44.2	66.0	52.0	36.4	54.2	35.8	44.6
3	SSSCR2525M12	5.04	3.83	4.31	7.26	5.11	63.9	39.8	36.3	84.6	56.15	30.8	27.8	28.1	49.4	34.025

ตารางที่ 3.9 ค่าความหยาบผิวงานที่กลึงด้วยมีดกลึง Widia 45 ©

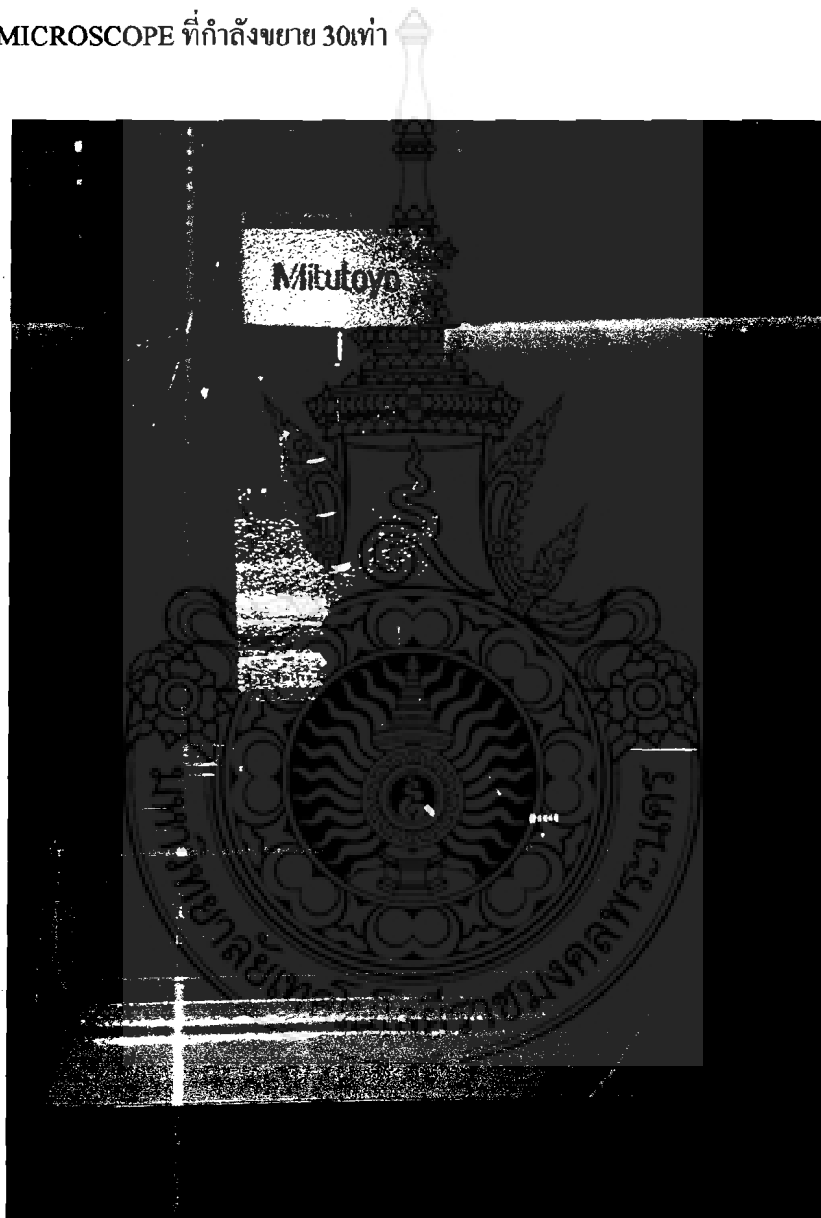
ชิ้นงาน	Widia	ค่าความหยาบผิว														
		Ra (μm)					Ry (μm)					Rz (μm)				
	Number มีดกลึง	Ra 1	Ra 2	Ra 3	Ra 4	\overline{Ra}	Ry 1	Ry 2	Ry 3	Ry 4	\overline{Ry}	Rz 1	Rz 2	Rz 3	Rz 4	\overline{Rz}
1	LR11SSB2525M12	1.32	1.23	1.23	1.30	1.27	11.1	8.7	9.1	11.5	10.1	8.3	7.7	7.8	7.9	7.925
2	LR11SSB2525M12	1.27	1.25	1.31	1.23	1.255	10.2	9.5	9.9	8.7	9.575	8.3	7.7	7.8	7.9	7.925
3	LR11SSB2525M12	1.26	1.29	1.35	1.27	1.292	11.6	10.0	15.8	11.1	12.125	8.2	7.8	9.6	9.1	8.675

ตารางที่ 3.10 ค่าความหยาบผิวงานที่กลึงด้วยมีดกลึง Kennametal 45 ©

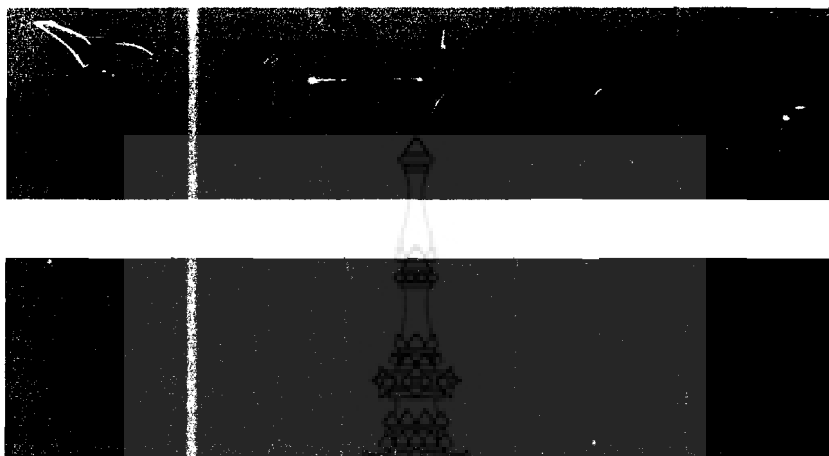
ชิ้นงาน	Kennametal	ค่าความหยาบผิว														
		Ra (μm)					Ry (μm)					Rz (μm)				
	Number มีดกลึง	Ra 1	Ra 2	Ra 3	Ra 4	\overline{Ra}	Ry 1	Ry 2	Ry 3	Ry 4	\overline{Ry}	Rz 1	Rz 2	Rz 3	Rz 4	\overline{Rz}
1	SSSCR2525M12	2.25	2.92	2.40	2.49	2.515	19.2	24.6	18.8	27.2	22.45	15.2	18.7	14.4	18.5	16.7
2	SSSCR2525M12	1.15	1.34	0.98	0.99	1.115	12.9	16.7	9.4	9.0	12.0	8.8	9.9	6.5	7.4	8.15
3	SSSCR2525M12	1.84	1.51	1.71	1.85	1.727	17.9	11.6	12.0	13.1	13.65	12.3	8.8	10.6	11.4	10.775

3.1.4.3 ตรวจสอบขนาดความหนาของเศษกึ่ง

ในระหว่างการทดสอบมีดกึ่งแต่ละด้านบันทึกผลโดยตรวจความหนาของเศษกึ่ง โดยนำเศษกึ่งในช่วงหลังกึ่งและก่อนจบมาเปรียบเทียบกันห้กเป็นจันเล็กๆ และนำไปตรวจสอบขนาดด้วยเครื่อง MICROSCOPE ที่กำลังขยาย 30เท่า



ภาพที่ 3.20 เครื่องตรวจสอบ MICROSCOPE



ภาพที่ 3.21 ลักษณะการหักเศษกลึงเป็นชิ้นเล็กๆ



ภาพที่ 3.22 ลักษณะการวางตำแหน่งและจับยึดเศษกลึงในขณะวัด

ตารางที่ 3.11 ผลการตรวจสอบขนาดความหนาของเศษกลึงจากการใช้ด้ามมีด Kennametal 75[®]

Kennametal 75°												
เศษ ที่	ชิ้นงานที่ 1				ชิ้นงานที่ 2				ชิ้นงานที่ 3			
	Lc1	Lc2	Lc3	\bar{L}_c	Lc1	Lc2	Lc3	\bar{L}_c	Lc1	Lc2	Lc3	\bar{L}_c
1	0.263	0.247	0.305	0.272	0.164	0.156	0.214	0.178	0.230	0.211	0.244	0.228
2	0.285	0.278	0.296	0.286	0.185	0.187	0.188	0.187	0.189	0.206	0.254	0.216
3	0.237	0.240	0.252	0.243	0.193	0.197	0.203	0.198	0.200	0.199	0.239	0.213
4	0.260	0.254	0.287	0.267	0.218	0.231	0.213	0.221	0.236	0.220	0.241	0.232
5	0.227	0.249	0.263	0.246	0.172	0.272	0.278	0.241	0.205	0.193	0.231	0.210
6	0.284	0.228	0.304	0.272	0.209	0.237	0.237	0.228	0.228	0.221	0.234	0.228
7	0.283	0.281	0.309	0.291	0.171	0.182	0.198	0.184	0.202	0.213	0.227	0.214
8	0.191	0.300	0.314	0.268	0.220	0.179	0.230	0.210	0.172	0.168	0.189	0.176
9	0.234	0.214	0.260	0.236	0.185	0.187	0.207	0.193	0.193	0.196	0.211	0.200
10	0.153	0.182	0.217	0.184	0.230	0.214	0.231	0.225	0.172	0.192	0.195	0.186
11	0.212	0.206	0.252	0.223	0.161	0.168	0.176	0.168	0.216	0.210	0.255	0.227
12	0.246	0.248	0.291	0.262	0.217	0.198	0.219	0.211	0.211	0.233	0.266	0.237
13	0.192	0.205	0.245	0.214	0.147	0.154	0.163	0.155	0.259	0.257	0.278	0.265
14	0.274	0.263	0.298	0.278	0.177	0.174	0.185	0.179	0.251	0.253	0.256	0.253
15	0.240	0.256	0.268	0.255	0.189	0.209	0.217	0.205	0.188	0.212	0.218	0.206
16	0.219	0.248	0.262	0.243	0.219	0.188	0.225	0.211	0.205	0.222	0.229	0.219
17	0.247	0.228	0.262	0.246	0.168	0.163	0.175	0.169	0.245	0.255	0.264	0.255
18	0.250	0.284	0.298	0.277	0.117	0.103	0.129	0.116	0.253	0.255	0.268	0.259
19	0.256	0.253	0.267	0.259	0.160	0.161	0.229	0.183	0.226	0.240	0.262	0.243
20	0.231	0.264	0.273	0.256	0.174	0.205	0.240	0.206	0.248	0.249	0.277	0.258
21	0.112	0.201	0.203	0.172	0.218	0.202	0.255	0.225	0.246	0.269	0.294	0.270
22	0.132	0.197	0.209	0.179	0.148	0.201	0.239	0.196	0.248	0.263	0.270	0.260
23	0.152	0.203	0.217	0.191	0.208	0.210	0.282	0.233	0.236	0.254	0.270	0.253
24	0.146	0.233	0.245	0.208	0.149	0.220	0.243	0.204	0.172	0.187	0.205	0.188
25	0.112	0.191	0.242	0.182	0.161	0.237	0.288	0.229	0.203	0.183	0.215	0.200
26	0.160	0.074	0.221	0.152	0.242	0.258	0.270	0.257	0.228	0.285	0.295	0.269
27	0.228	0.241	0.235	0.235	0.255	0.224	0.279	0.253	0.227	0.255	0.261	0.248
28	0.175	0.167	0.191	0.178	0.189	0.201	0.238	0.209	0.211	0.205	0.226	0.214
29	0.205	0.190	0.221	0.205	0.235	0.229	0.253	0.239	0.190	0.189	0.202	0.194
30	0.191	0.223	0.234	0.216	0.237	0.205	0.246	0.229	0.243	0.249	0.267	0.253
	รวม			0.233	รวม			0.205	รวม			0.229
	Max =		0.233									
	Min =		0.205									

ตารางที่ 3.12 ผลการตรวจสอบขนาดความหนาของเศษกลึงจากการใช้ด้ามมีด Widia 45[®]

Widia 45°												
เศษ ที่	ชิ้นงานที่ 1				ชิ้นงานที่ 2				ชิ้นงานที่ 3			
	Lc1	Lc2	Lc3	\bar{L}_c	Lc1	Lc2	Lc3	\bar{L}_c	Lc1	Lc2	Lc3	\bar{L}_c
1	0.174	0.205	0.240	0.206	0.259	0.257	0.278	0.265	0.251	0.308	0.312	0.290
2	0.186	0.278	0.238	0.234	0.195	0.250	0.239	0.228	0.227	0.255	0.261	0.248
3	0.218	0.202	0.255	0.225	0.279	0.278	0.237	0.265	0.211	0.205	0.226	0.214
4	0.205	0.347	0.291	0.281	0.260	0.244	0.252	0.252	0.190	0.189	0.202	0.194
5	0.148	0.210	0.239	0.199	0.251	0.253	0.256	0.253	0.218	0.199	0.222	0.213
6	0.175	0.299	0.259	0.244	0.236	0.232	0.227	0.232	0.228	0.260	0.255	0.248
7	0.208	0.210	0.282	0.233	0.188	0.212	0.218	0.206	0.243	0.249	0.267	0.253
8	0.149	0.220	0.243	0.204	0.266	0.264	0.260	0.263	0.168	0.167	0.181	0.172
9	0.161	0.237	0.288	0.229	0.205	0.222	0.229	0.219	0.177	0.185	0.201	0.188
10	0.242	0.258	0.270	0.257	0.245	0.255	0.264	0.255	0.258	0.305	0.301	0.288
11	0.255	0.224	0.279	0.253	0.295	0.303	0.296	0.298	0.253	0.243	0.265	0.254
12	0.189	0.201	0.238	0.209	0.294	0.291	0.283	0.289	0.182	0.208	0.221	0.204
13	0.235	0.229	0.253	0.239	0.231	0.209	0.218	0.219	0.291	0.269	0.295	0.285
14	0.237	0.205	0.246	0.229	0.253	0.255	0.268	0.259	0.169	0.191	0.192	0.184
15	0.239	0.191	0.238	0.223	0.266	0.240	0.262	0.256	0.161	0.169	0.186	0.172
16	0.230	0.211	0.244	0.228	0.251	0.194	0.233	0.226	0.189	0.202	0.199	0.197
17	0.189	0.206	0.254	0.216	0.248	0.249	0.277	0.258	0.196	0.207	0.237	0.213
18	0.200	0.199	0.239	0.213	0.246	0.269	0.294	0.270	0.203	0.189	0.235	0.209
19	0.236	0.220	0.241	0.232	0.248	0.263	0.270	0.260	0.164	0.179	0.169	0.171
20	0.253	0.194	0.232	0.226	0.238	0.305	0.267	0.270	0.240	0.239	0.253	0.244
21	0.205	0.193	0.231	0.210	0.236	0.254	0.270	0.253	0.189	0.202	0.227	0.206
22	0.228	0.221	0.234	0.228	0.172	0.187	0.205	0.188	0.222	0.225	0.272	0.240
23	0.202	0.213	0.227	0.214	0.200	0.255	0.251	0.235	0.202	0.204	0.234	0.213
24	0.172	0.168	0.189	0.176	0.234	0.264	0.246	0.248	0.240	0.260	0.291	0.264
25	0.196	0.190	0.195	0.194	0.285	0.276	0.281	0.281	0.237	0.264	0.272	0.258
26	0.193	0.196	0.211	0.200	0.203	0.183	0.215	0.200	0.206	0.221	0.249	0.225
27	0.172	0.192	0.195	0.186	0.228	0.285	0.295	0.269	0.217	0.207	0.234	0.219
28	0.216	0.210	0.255	0.227	0.270	0.273	0.307	0.283	0.187	0.192	0.215	0.198
29	0.211	0.233	0.266	0.237	0.208	0.251	0.305	0.255	0.237	0.236	0.256	0.243
30	0.170	0.187	0.182	0.180	0.203	0.210	0.209	0.207	0.148	0.143	0.161	0.151
	รวม			0.221	รวม			0.249	รวม			0.222
	Max =		0.249									
	Min =		0.221									

ตารางที่ 3.13 ผลการตรวจสอบขนาดความหนาของเสกกลึงจากการใช้ด้ามมีด Kennametal 45[®]

Kennametal 45 [®]												
หมายเลข	จำนวนที่ 1				จำนวนที่ 2				จำนวนที่ 3			
	Lc1	Lc2	Lc3	\bar{Lc}	Lc1	Lc2	Lc	\bar{Lc}	Lc	Lc	Lc	\bar{Lc}
1	0.218	0.231	0.213	0.221	0.189	0.123	0.174	0.162	0.263	0.247	0.305	0.272
2	0.212	0.205	0.181	0.199	0.292	0.161	0.229	0.227	0.285	0.278	0.296	0.286
3	0.172	0.272	0.278	0.241	0.112	0.201	0.203	0.172	0.237	0.240	0.252	0.243
4	0.209	0.237	0.237	0.228	0.132	0.197	0.209	0.179	0.260	0.254	0.287	0.267
5	0.221	0.237	0.212	0.223	0.106	0.176	0.157	0.146	0.227	0.249	0.263	0.246
6	0.171	0.182	0.198	0.184	0.152	0.203	0.217	0.191	0.275	0.251	0.278	0.268
7	0.220	0.179	0.230	0.210	0.146	0.233	0.245	0.208	0.250	0.256	0.241	0.249
8	0.185	0.187	0.207	0.193	0.199	0.135	0.163	0.166	0.223	0.293	0.282	0.266
9	0.223	0.214	0.204	0.214	0.112	0.191	0.242	0.182	0.284	0.228	0.304	0.272
10	0.209	0.202	0.198	0.203	0.180	0.074	0.221	0.152	0.283	0.281	0.309	0.291
11	0.177	0.189	0.188	0.185	0.228	0.241	0.235	0.235	0.191	0.300	0.314	0.268
12	0.402	0.418	0.414	0.411	0.261	0.223	0.237	0.240	0.234	0.214	0.260	0.236
13	0.170	0.162	0.166	0.166	0.159	0.174	0.161	0.165	0.200	0.248	0.229	0.226
14	0.230	0.214	0.231	0.225	0.228	0.214	0.216	0.219	0.153	0.182	0.217	0.184
15	0.180	0.163	0.166	0.170	0.175	0.167	0.191	0.178	0.160	0.183	0.221	0.188
16	0.161	0.168	0.176	0.168	0.183	0.196	0.186	0.188	0.212	0.206	0.252	0.223
17	0.184	0.200	0.187	0.190	0.205	0.193	0.189	0.196	0.174	0.236	0.258	0.223
18	0.217	0.198	0.219	0.211	0.205	0.190	0.221	0.205	0.800	0.228	0.235	0.421
19	0.147	0.154	0.163	0.155	0.191	0.223	0.234	0.216	0.246	0.248	0.291	0.262
20	0.177	0.174	0.185	0.179	0.189	0.176	0.175	0.180	0.192	0.205	0.245	0.214
21	0.194	0.190	0.184	0.189	0.159	0.213	0.201	0.191	0.225	0.247	0.241	0.238
22	0.189	0.209	0.217	0.205	0.215	0.183	0.183	0.194	0.274	0.263	0.298	0.278
23	0.219	0.188	0.225	0.211	0.218	0.220	0.213	0.217	0.240	0.256	0.268	0.255
24	0.217	0.211	0.212	0.213	0.164	0.156	0.214	0.178	0.295	0.273	0.322	0.297
25	0.168	0.163	0.175	0.169	0.185	0.187	0.188	0.187	0.219	0.248	0.262	0.243
26	0.177	0.103	0.129	0.136	0.218	0.225	0.203	0.215	0.247	0.228	0.262	0.246
27	0.204	0.186	0.189	0.193	0.241	0.231	0.223	0.232	0.288	0.263	0.255	0.269
28	0.218	0.195	0.217	0.210	0.193	0.197	0.203	0.198	0.250	0.284	0.298	0.277
29	0.168	0.177	0.166	0.170	0.173	0.194	0.184	0.184	0.256	0.253	0.287	0.259
30	0.160	0.161	0.229	0.183	0.215	0.256	0.242	0.238	0.231	0.264	0.273	0.256
	รวม			0.202	รวม			0.195	รวม			0.257
	Max =		0.257		Min =		0.195					

3.1.5 วิธีการคำนวณ

3.1.5.1 คำนวณขนาดของแรงเฉือน (Shear force) ขณะทำการกลึงปอกชิ้นงาน AISI 1050

1) คำนวณมีดกลึง Kennametal 75°

$$T_2 = \bar{X} = 0.231, \quad T_1 = F = 0.15, \quad \beta = 6^\circ$$

ก) มุมเฉือน
$$\tan \alpha = \frac{r \cos \beta}{1 - (r \sin \beta)}$$

แต่
$$ra = \frac{T_1}{T_2} = \frac{F}{T_2} = \frac{0.15}{0.231} = 0.64935$$

$$\therefore \tan \alpha = \frac{0.64935 \cos 6^\circ}{1 - (0.64935 \sin 6^\circ)}$$

$$= 0.69282$$

$$\alpha = \tan^{-1} 0.69282$$

$$= 34.71^\circ$$

$$L_s = \frac{T_1}{\sin \alpha} = \frac{0.15}{\sin 34.71^\circ}$$

$$= 0.26342 \text{ mm}$$

ข) พื้นที่เฉือน
$$A_s = L_s \times d$$

$$= 0.26342 \times 3$$

$$= 0.79026 \text{ mm}^2$$

ค) ค่าเหล็ก AISI 1050 มีค่า Tensile strength = 58 Kg/mm²

$$\sigma_t = 58 \times 9.81$$

$$= 568.98 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = \sigma_t \times 0.6$$

$$\therefore \sigma_s = 568.98 \times 0.6$$

$$= 341.388 \text{ N}$$

$$F_s = \sigma_s \times A_s$$

$$= 341.388 \times 0.79026$$

$$= 269.78528 \text{ N}$$

2) ด้ามมีดกึ่ง Widia 45°

$$T_2 = \bar{X} = 0.222 \quad , \quad T_1 = F = 0.15 \quad , \quad \beta = 6^\circ$$

ก) มุมเฉือน
$$\tan \alpha = \frac{r \cos \beta}{1 - (r \sin \beta)}$$

แต่
$$ra = \frac{T_1}{T_2} = \frac{F}{T_2} = \frac{0.15}{0.222} = 0.67567$$

$$\therefore \tan \alpha = \frac{0.67567 \cos 6^\circ}{1 - (0.67567 \sin 6^\circ)}$$

$$= 0.72303$$

$$\alpha = \tan^{-1} 0.72303$$

$$= 35.86^\circ$$

$$L_s = \frac{T_1}{\sin \alpha} = \frac{0.15}{\sin 35.86^\circ}$$

$$= 0.25605 \text{ mm}$$

ข) พื้นที่เฉือน
$$A_s = L_s \times d$$

$$= 0.25605 \times 3$$

$$= 0.76815 \text{ mm}^2$$

ค) แต่เหล็ก AISI 1050 มีค่า Tensile strength = 58 Kg/mm²

$$\sigma_t = 58 \times 9.81$$

$$= 568.98 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = \sigma_t \times 0.6$$

$$\therefore \sigma_s = 568.98 \times 0.6$$

$$= 341.388 \text{ N}$$

$$F_s = \sigma_s \times A_s$$

$$= 341.388 \times 0.76815$$

$$= 262.23719 \text{ N}$$

3) ค้ำมีดกัดถึง Kennametal 45°

$$T_2 = \bar{X} = 0.218 \quad , \quad T_1 = F = 0.15 \quad , \quad \beta = 6^\circ$$

ก) มุมเฉือน
$$\tan \alpha = \frac{ra \cos \beta}{1 - (ra \sin \beta)}$$

แต่
$$ra = \frac{T_1}{T_2} = \frac{F}{T_2} = \frac{0.15}{0.218} = 0.68807$$

$$\begin{aligned} \therefore \tan \alpha &= \frac{0.68807 \cos 6^\circ}{1 - (0.68807 \sin 6^\circ)} \\ &= 0.73733 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \tan^{-1} 0.73733 \\ &= 36.40^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_s &= \frac{T_1}{\sin \alpha} = \frac{0.15}{\sin 36.40^\circ} \\ &= 0.25275 \text{ mm} \end{aligned}$$

ข) พื้นที่เฉือน
$$\begin{aligned} A_s &= L_s \times d \\ &= 0.25275 \times 3 \\ &= 0.75825 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

ค) แต่เหล็ก AISI 1050 มีค่า Tensile strength = 58 Kg/mm^2

$$\begin{aligned} \sigma_t &= 58 \times 9.81 \\ &= 568.98 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_s &= \sigma_t \times 0.6 \\ \therefore \sigma_s &= 568.98 \times 0.6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 341.388 \text{ N} \\ F_s &= \sigma_s \times A_s \\ &= 341.338 \times 0.75825 \\ &= 258.81953 \text{ N} \end{aligned}$$

3.1.6 คำนวณหาระยะโก่ง (Y)

3.1.6.1 คำนวณค้ำค้ำ Kennametal 75°

$$\text{จากสูตร } Y = \frac{Fc \times L^3}{3 \times E \times T}$$

$$\begin{aligned} \text{แต่ } FC &= Fs(\cos\alpha + \sin\alpha) \\ &= 269.78528 (\cos 34.71 + \sin 34.71) \\ &= 375.39749 \text{ N} \end{aligned}$$

$$L = 30 \text{ mm}$$

$$E = 200 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$= \frac{25 \times 25^3}{12}$$

$$\begin{aligned} \therefore Y &= \frac{375.39749 \times 30^3 \times 12}{3 \times 200 \times 10^9 \times 25 \times 25^3} \\ &= 5.189494902^{-10} \text{ mm} \end{aligned}$$

3.1.6.2 คำนวณค้ำค้ำ Widia 45°

$$\text{จากสูตร } Y = \frac{Fc \times L^3}{3 \times E \times T}$$

$$\begin{aligned} \text{แต่ } FC &= Fs(\cos\alpha + \sin\alpha) \\ &= 262.23719 (\cos 35.86 + \sin 35.86) \\ &= 366.15064 \text{ N} \end{aligned}$$

$$L = 30 \text{ mm}$$

$$E = 200 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$= \frac{25 \times 25^3}{12}$$

$$\begin{aligned} \therefore Y &= \frac{366.15064 \times 30^3 \times 12}{3 \times 200 \times 10^9 \times 25 \times 25^3} \\ &= 5.061666447^{-10} \text{ mm} \end{aligned}$$

3.6.1.3 ค้ำมีดกลึง Kennametal 45°

จากสูตร $Y = \frac{Fc \times L^3}{3 \times E \times T}$

แต่ $FC = Fs(\text{Cos}\alpha + \text{Sin}\alpha)$
 $= 258.81953 (\text{Cos} 36.4 + \text{Sin} 36.4)$
 $= 361.91063 \text{ N}$

$$L = 30 \text{ mm}$$

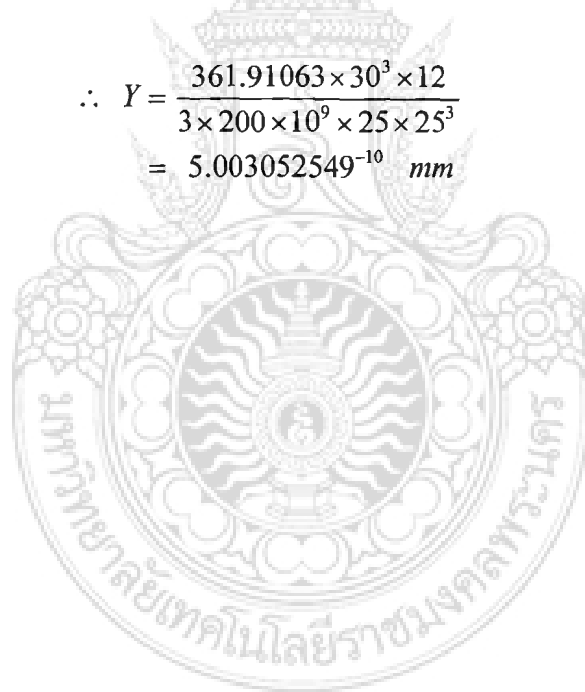
$$E = 200 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$= \frac{25 \times 25^3}{12}$$

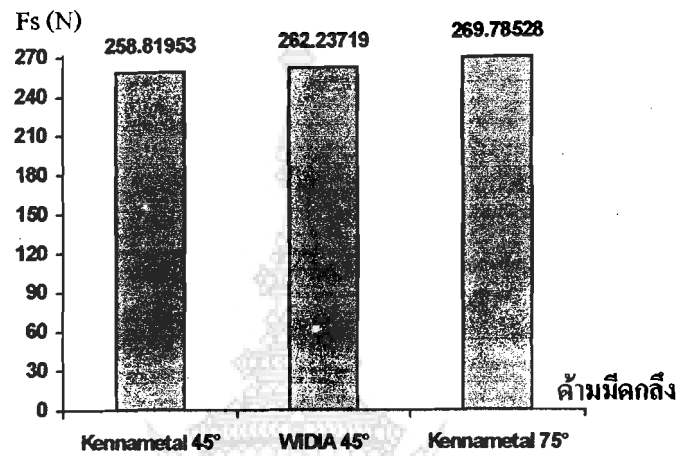
$$\therefore Y = \frac{361.91063 \times 30^3 \times 12}{3 \times 200 \times 10^9 \times 25 \times 25^3}$$

$$= 5.003052549 \times 10^{-10} \text{ mm}$$



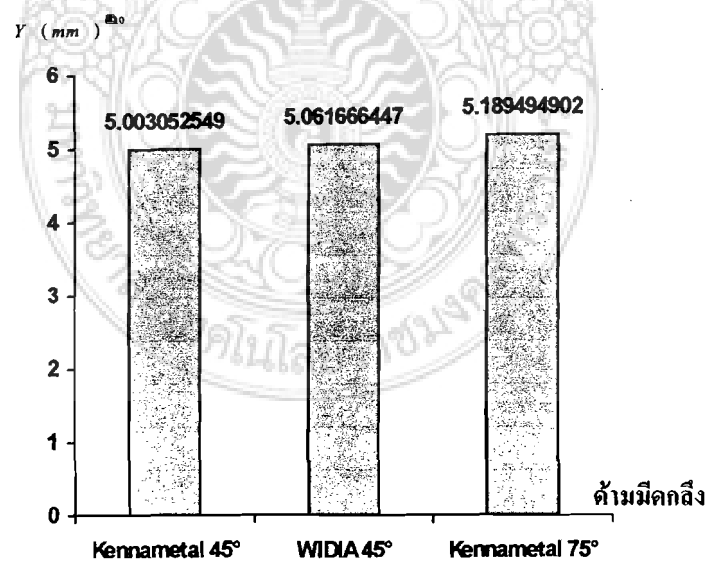
3.1.7 วิเคราะห์ผลในการพิจารณาเลือกค้ำมีดกลึง

3.1.7.1 แผนภูมิแสดงแรงที่กระทำต่อค้ำ 3 ค้ำ



ภาพที่ 3.23 แผนภูมิเปรียบเทียบแรงในขณะกลึง

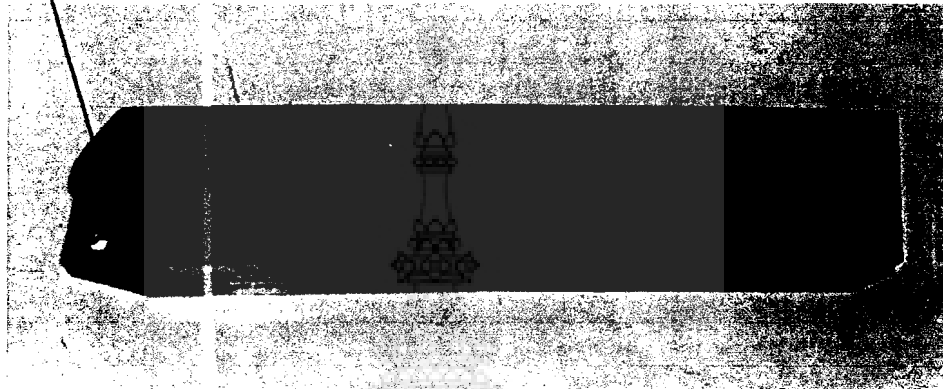
3.1.7.2 แผนภูมิแสดงระยะ โกงต่อค้ำ 3 ค้ำ



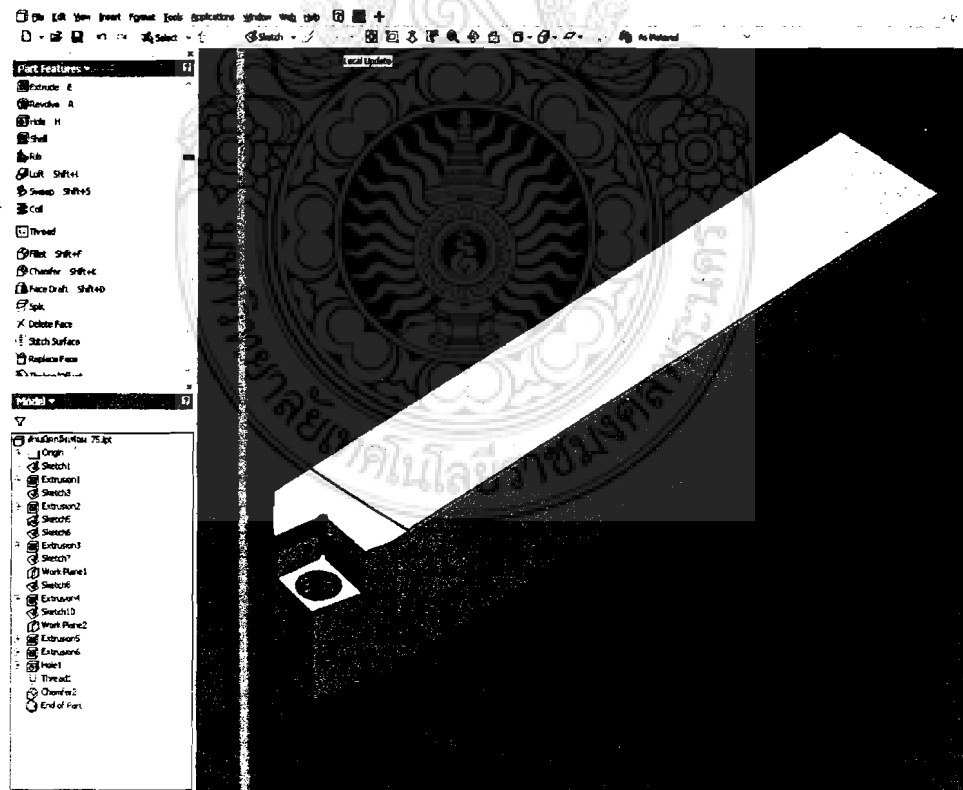
ภาพที่ 3.24 แผนภูมิเปรียบเทียบระยะโกงของค้ำมีดในขณะกลึง

3.1.8 การตรวจขนาดแผ่นมีดตัดค้ำมีดกลึง Kennametal 75°

บริเวณยึดแผ่นมีด

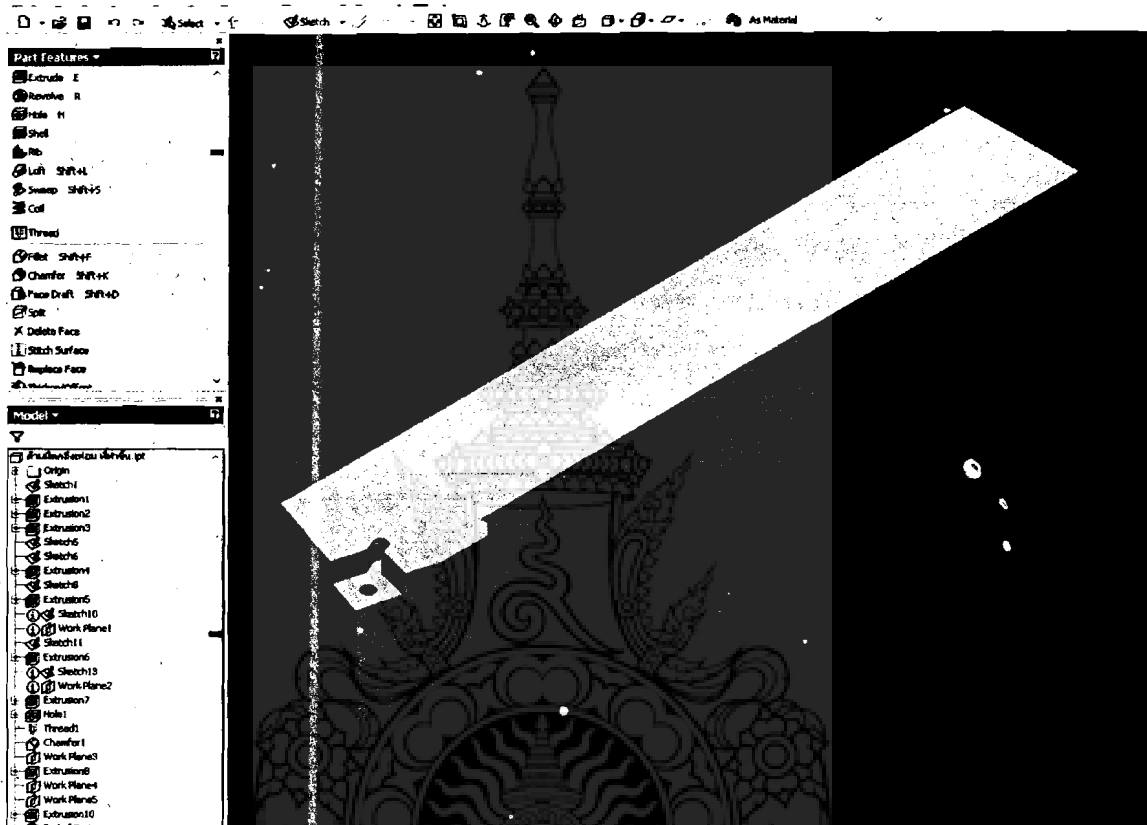


ภาพที่ 3.25 ค้ำมีดกลึง 75°

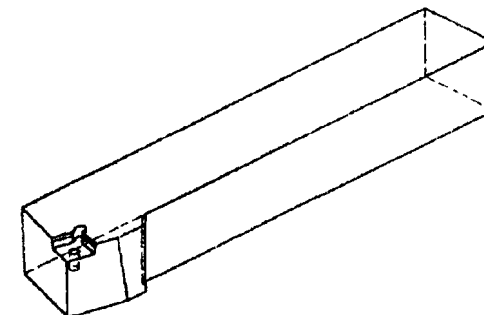
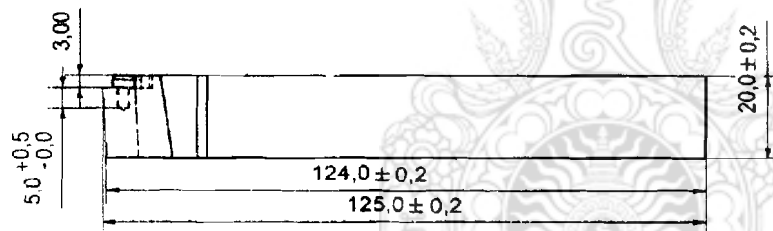
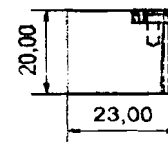
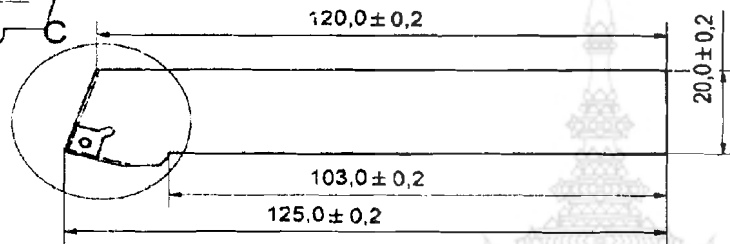
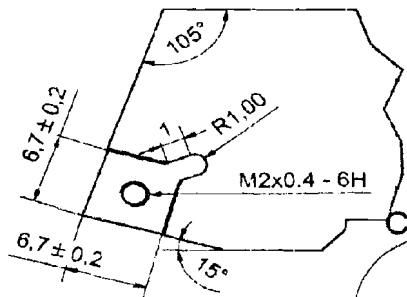


ภาพที่ 3.26 เขียนแบบด้วยโปรแกรม Autodesk Inventor ค้ำมีดกลึง 75°

3.1.9 เขียนแบบค้ำมีดกลึงต้นแบบ



ภาพที่ 3.27 แบบค้ำมีดกลึงต้นแบบ

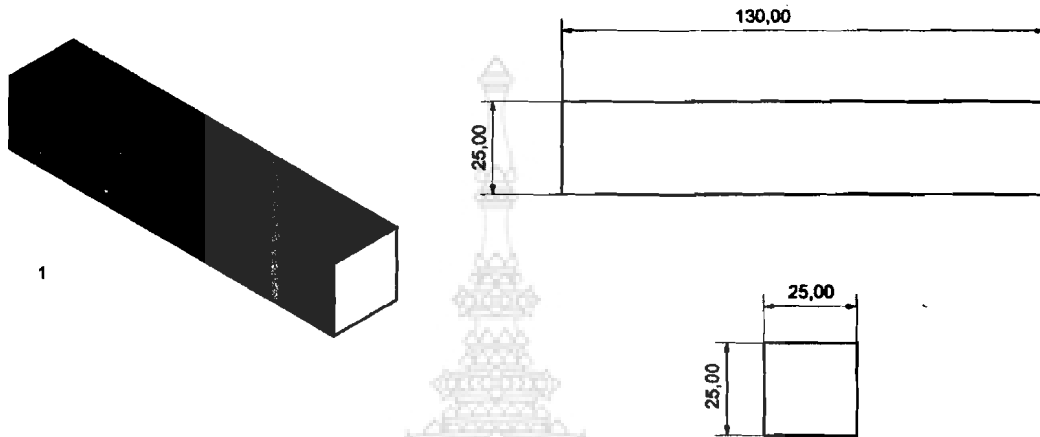


1	ด้ามมีดกลึงต้นแบบ	ANSI 1045	หมายเลข
ผู้จัดทำ	ชื่อชิ้นงาน	วัสดุ	หมายเลข
ผู้ออกแบบ	นาย ชัยพัฒน อนุสรวัฒน	ขนาด	ชิ้นงาน ด้ามมีดกลึงต้นแบบ
ผู้เขียนแบบ	นาย เฉษฐา นนทมิตร	ว/ด/ป	
ผู้ตรวจแบบ	ผศ. สหรัตน์ วงษ์ศรีระ		
ผู้อนุมัติ			
มาตราส่วน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หมายเลขแบบ	
1:1			

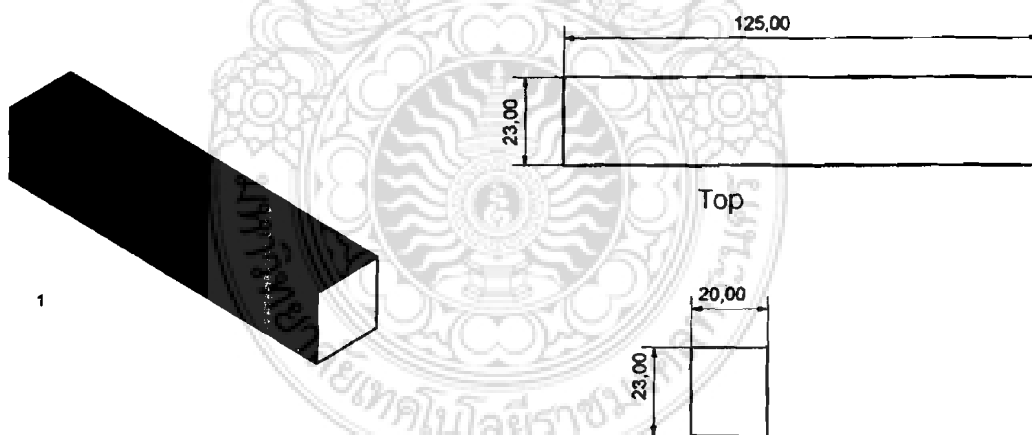
ภาพที่ 3.28 แบบด้ามมีดกลึงต้นแบบ

3.1.10 กำหนดขั้นตอนในการผลิตด้ามมีดกลิ้ง

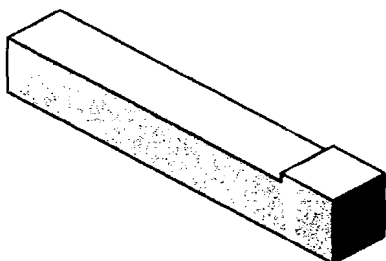
3.1.10.1 ตัดเหล็กกล้าสี่เหลี่ยมขนาด 25X130x25 มิลลิเมตร

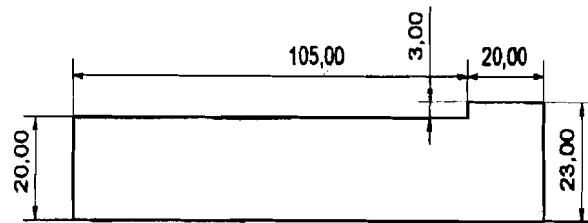


3.1.10.2 ทำการปาดผิวหน้าราบทั้ง 6 ด้านให้ได้ขนาด 23x125x20 มิลลิเมตร

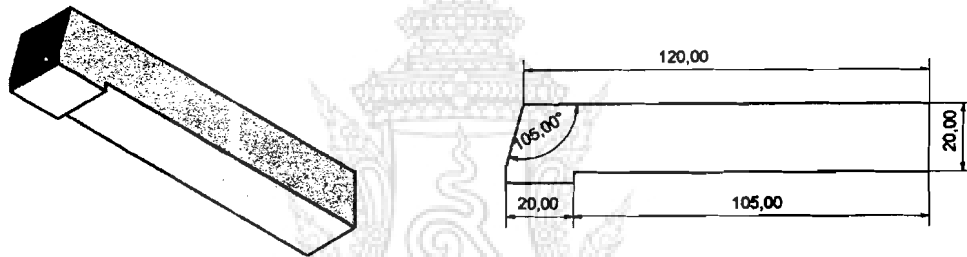


3.1.10.3 ปาดผิวราบหน้ากว้างถึงลงไป 3 มิลลิเมตร ยาว 105 มิลลิเมตร

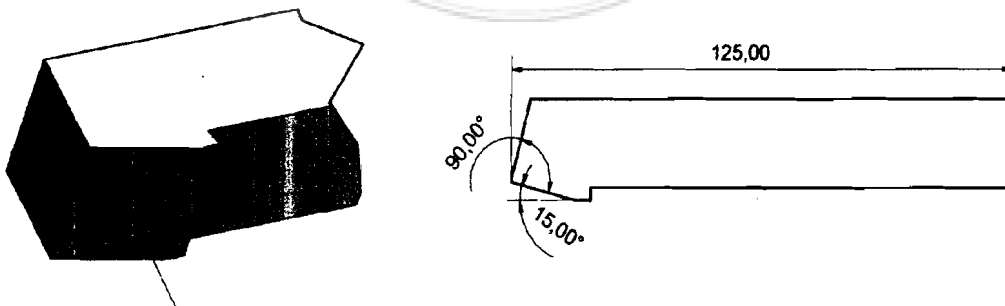




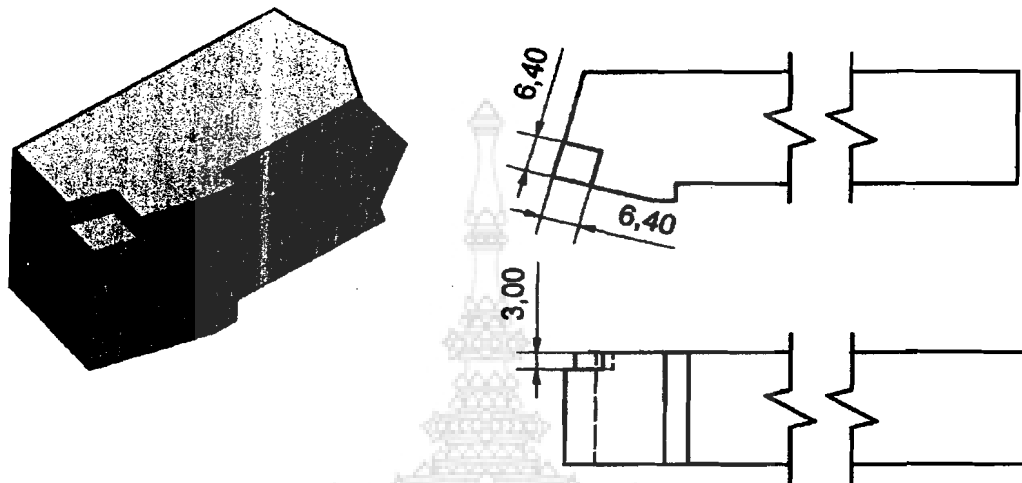
3.1.10.4 ตรวจสอบขนาดขึ้นมา 120 มิลลิเมตร กัดมุม 10°



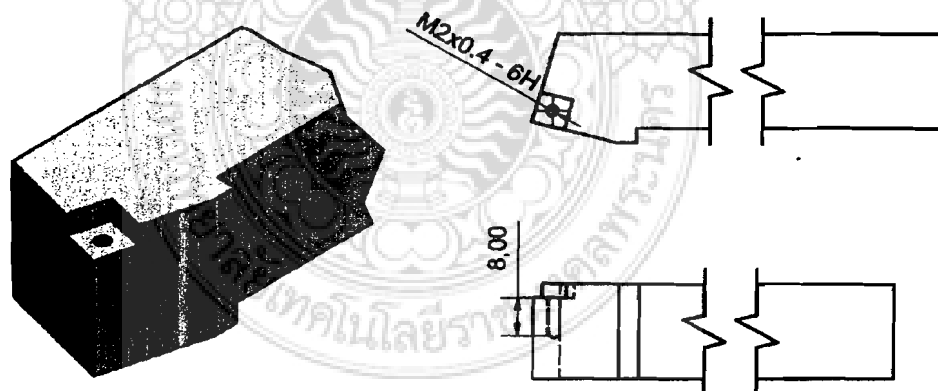
3.1.10.5 ปาดผิวให้เกิดระนาบทำมุม 15° จากด้านข้าง 90° ที่ปลายมีค 90



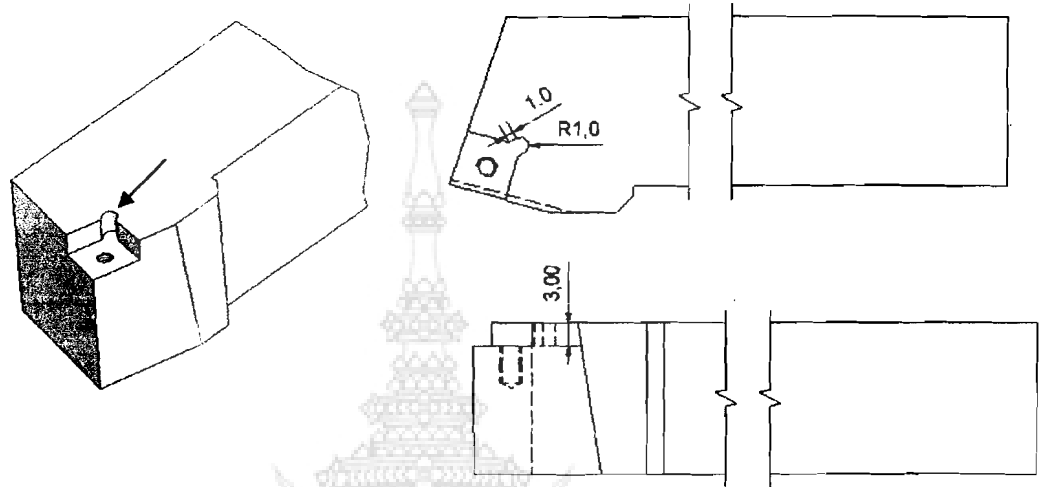
3.1.10.6 ใช้ออกเขียนมิลปาดผิวให้เกิดร่องสี่เหลี่ยมขนาด 6.4 x 6.4 x 3 มิลลิเมตร



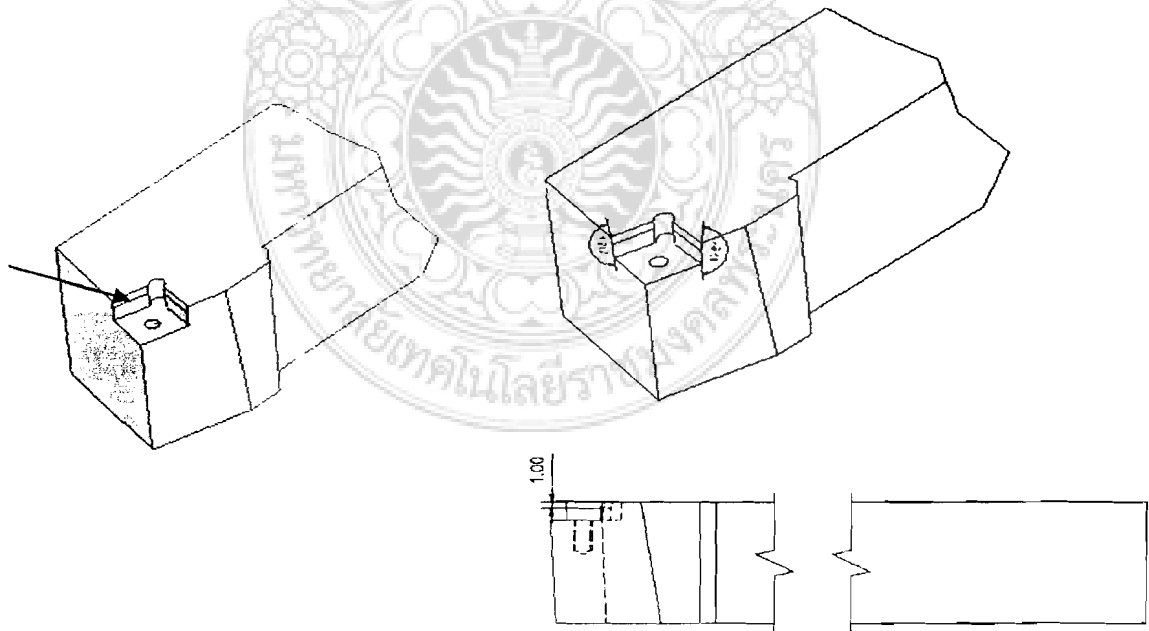
3.1.10.7 เจาะรู ตีแปเกลียว M2x0.4 มิลลิเมตร



3.1.10.8 เคนร่องเข้าไป 1 มิลลิเมตร ความลึก 3 มิลลิเมตร



3.1.10.9 กัดมุม 176° กับระนาบตั้งฉาก ตามแบบด้านล่าง



3.2 การศึกษาเชิงวิศวกรรมย้อนรอยด้ามมีดกัด 6 คมตัด (Arbor)

การศึกษาเชิงวิศวกรรมย้อนรอยชิ้นส่วนงานกัด กรณีศึกษา อุปกรณ์จับยึดเครื่องมือตัดชนิดแผ่นมีด 6 คมตัด มีขั้นตอนการดำเนินงานตั้งแต่การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลของหัวกัด ซึ่งได้แก่ ข้อมูลผู้ผลิตและตัวแทนจำหน่าย ข้อมูลด้านการออกแบบ ข้อมูลด้านการตัดเฉือนโลหะ จากนั้นทำการศึกษาข้อมูลที่ได้ทั้งหมดและนำมาวิเคราะห์ตามเงื่อนไขและขอบเขตของงานแต่ละด้าน ทำการเลือกหัวกัดอย่างน้อย 3 ตรายผลิตภัณฑ์เพื่อที่จะใช้ในการศึกษา โดยพิจารณาทางด้านขนาด รูปทรงเรขาคณิตที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกัน ราคาแต่ละตรายผลิตภัณฑ์ ลักษณะการใช้งาน ตัวแทนจำหน่าย โชนของผู้ผลิต เป็นต้น หลังจากทำการเลือกหัวกัดแล้วทำการกำหนดแผนการทดลอง โดยลำดับขั้นตอนการดำเนินงานไว้ก่อนหลัง จากนั้นดำเนินการในเชิงวิศวกรรมย้อนรอยได้แก่ การตรวจสอบขนาดรูปทรงเรขาคณิตต่างๆของหัวกัดเพื่อย้อนรอยรูปร่างต้นแบบ ตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีเพื่อที่จะหาชนิดของวัสดุที่ใช้สร้างหัวกัด ทดสอบความแข็งเพื่อควาหัวกัดผ่านการชุบแข็งมาอย่างไรจากนั้นนำผลที่ได้จากการตรวจสอบมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบหัวกัดทั้ง 3 ตรายผลิตภัณฑ์เพื่อเลือกหัวกัดที่จะออกแบบเป็นชิ้นงานต้นแบบ โดยมีเหตุผลประกอบในการเลือกหัวกัด เช่น ชนิดวัสดุ ราคา ความแตกต่างด้านขนาด วิธีการผลิต เป็นต้น

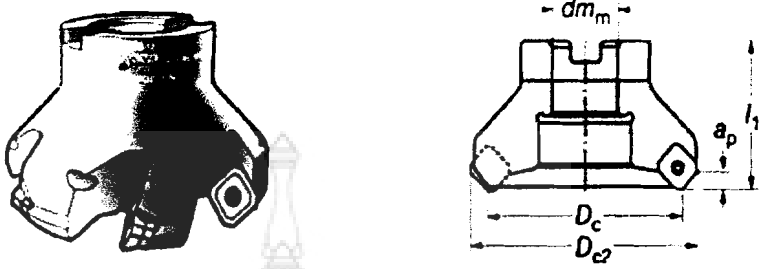
3.2.1 ศึกษาข้อมูลผู้ผลิตและจำหน่าย

ศึกษาข้อมูลหัวกัดปาดผิวราบ (Face Milling Cutters) ประเภทกัดละเอียด กัดปานกลาง และกัดหยาบ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 125 มิลลิเมตร จำนวนคมตัด 6 คมตัด ความยาวมาตรฐานทั่วไป ที่ใช้งานร่วมกับแผ่นมีดทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส (ทรง S) ของผู้ผลิตแต่ละตรายผลิตภัณฑ์ ที่ได้จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นจากแคตตาล็อก (Catalogues) เอกสารคู่มือการใช้งาน อินเทอร์เน็ต

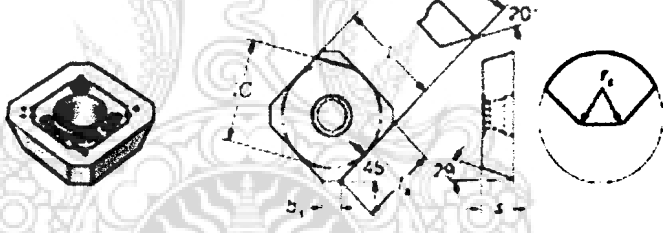
3.2.1.1 หัวกัดปาดผิวราบตรายผลิตภัณฑ์ A

ข้อมูลพื้นฐานในการเลือกซื้อหัวกัดปาดผิวราบตรายผลิตภัณฑ์ A ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 125 มิลลิเมตร จำนวน 6 คมตัด ขนาดรูสวมอาร์เบอร์ 40 มิลลิเมตร ความสูง 63 มิลลิเมตร ระยะกินลึกสูงสุด 6 มิลลิเมตร ความเร็วรอบสูงสุด 10,100 รอบต่อนาที ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.14 ข้อมูลขนาดรูปทรงเรขาคณิตของหัวกัด A

Arbor									
□	D _c	รหัส	ขนาด (มม.)						
			⊙	Kg	dm _m	D _{c2}	l ₁	a _p	↑ _{max}
12	125	R245-125Q40-12L	6	2.7	40	137.5	63	6	10100

ตารางที่ 3.15 ข้อมูลขนาดรูปทรงเรขาคณิตของแผ่นมีด A

Insert						
□	รหัส	ขนาด (มม.)				
		i _c	l _s	s	b _s	r _s
12	R245-12T3M-PM	13.4	10	3.97	2	1.5

3.2.1.2 หัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ B

ศึกษาหัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ B ที่ใช้ในงานกัดปาดผิวราบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 125 มิลลิเมตร จำนวน 6 คมตัด ระบบจับยึดแผ่นมีดเป็นแบบสกรูยึด M5 ขนาดพื้นฐาน แสดงไว้ในตารางที่ 3.16 ซึ่งประกอบไปด้วย ขนาดน้ำหนักของหัวกัด 3.1 กิโลกรัม เส้นผ่านศูนย์กลางนอก 137 มิลลิเมตร ความสูงทั้งหมด 63 มิลลิเมตร ระยะกินลึกสูงสุดได้ 6 มิลลิเมตร ความเร็วรอบสูงสุดของหัวกัด 9400 รอบต่อนาที

ตารางที่ 3.16 ข้อมูลขนาดรูปทรงเรขาคณิตของหัวกัดของ B

รหัส	ขนาด (มม.)						
		Kg	D_c	D_{c2}	l_1	a_p	\uparrow_{max}
R220.53-0125-12-6A	6	3.1	125	137	63	6	9400

ตารางที่ 3.17 เป็นข้อมูลแผ่นมีดที่ใช้งานร่วมกับหัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ B ซึ่งมีขนาดความกว้าง 12.7 มิลลิเมตร ความหนา 4.76 มิลลิเมตร และขนาดในส่วนที่เป็นพื้นที่สัมผัสชิ้นงาน 1.57 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3.17 ข้อมูลขนาดรูปทรงเรขาคณิตของแผ่นมีด B

รหัส	ขนาด (มม.)		
	l	s	B
SEEX 1204AFTN-M14	12.7	4.76	1.57

3.2.1.3 หัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ C

ศึกษาหัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ C ที่ใช้ในงานกัดปาดผิวราบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 125 มิลลิเมตร จำนวน 6 คมตัด ระบบจับยึดแผ่นมีดเป็นแบบสกรูยึด M5 ขนาดพื้นฐาน แสดงไว้ในตารางที่ 3.18 ซึ่งประกอบไปด้วย ขนาดของรูสวมอาร์เบอร์(Arbor)40 มิลลิเมตร เส้น

ผ่านศูนย์กลางนอก 139 มิลลิเมตร ความสูงทั้งหมด 63 มิลลิเมตร ระยะกินลึกสูงสุดได้ 6 มิลลิเมตร ความเร็วรอบสูงสุดของหัวกัด 14400 รอบต่อนาที

ตารางที่ 3.18 ข้อมูลขนาดรูปทรงเรขาคณิตของหัวกัด C

รหัส	ขนาด (มม.)						
		D_1	D	D_{max}	L	AP_1	RPM_{max}
125B06RS45SE14EG	6	125	40	139	63	6	14400

ตารางที่ 3.19 เป็นข้อมูลแผ่นมีดที่ใช้งานร่วมกับหัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ C ซึ่งมีขนาดความกว้าง 14 มิลลิเมตร ความยาว 14 มิลลิเมตร ความหนา 4.76 มิลลิเมตร ขนาดในส่วนที่เป็นพื้นที่สัมผัสชิ้นงาน 1.57 มิลลิเมตร และขนาดรัศมีปลายมีด 1 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3.19 ข้อมูลขนาดรูปทรงเรขาคณิตของแผ่นมีด C

รหัส	ขนาด (มม.)					
	D	s	L_{10}	BS	R_s	
14	14	4.76	14	2.65	1	

3.2.1.4 หัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ D

ศึกษาหัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ D ที่ใช้ในงานกัดปาดผิวราบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 125 มิลลิเมตร จำนวน 6 คมตัด ระบบจับยึดแผ่นมีดเป็นแบบสกรูยึด M5 ขนาดพื้นฐาน แสดงไว้ในตารางที่ 3.20 ซึ่งประกอบไปด้วย เส้นผ่านศูนย์กลางนอก 138 มิลลิเมตร ความสูงทั้งหมด 63 มิลลิเมตร ขนาดของรูสวมอาร์เบอร์(Arbor)40 มิลลิเมตร ขนาดร่องลิ้ม 16.4 มิลลิเมตร ความสูงร่องลิ้ม 9 มิลลิเมตร ขนาดของน้ำหนัก 2.4 กิโลกรัม ระยะกินลึกสูงสุดได้ 6 มิลลิเมตร ตารางที่ 3.20 ข้อมูลขนาดรูปทรงเรขาคณิตของหัวกัด D

รหัส	ขนาด (มม.)										
		D1	D2	L1	D9	L7	D8	W1	L8	Kg	a_p
ASX445-125B06R	6	125	138	63	40	32	56	16.4	9	2.4	6

ตารางที่ 3.21 เป็นข้อมูลแผ่นมีดที่ใช้งานร่วมกับหัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ D ซึ่งมีขนาดความกว้าง 13.4 มิลลิเมตร ความหนา 3.97 มิลลิเมตร ขนาดในส่วนที่เป็นพื้นที่สัมผัสชิ้นงาน 1.9 มิลลิเมตร และขนาดรัศมีปลายมีด 1.5 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3.21 ข้อมูลขนาดรูปทรงเรขาคณิตของแผ่นมีด D

รหัส	ขนาด (มม.)			
	D_1	S_1	F_1	Re
SEET13T3AGEN-JL	13.4	3.97	1.9	1.5

3.2.1.5 หัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ E

ศึกษาหัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ E ที่ใช้ในงานกัดปาดผิวราบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 125 มิลลิเมตร จำนวน 6 คมตัด ระบบจับยึดแผ่นมีดเป็นแบบสกรูยึด M5 ขนาดพื้นฐาน แสดงไว้ในตารางที่ 3.22 ซึ่งประกอบไปด้วย เส้นผ่านศูนย์กลางนอก 138 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัวจับ 80 มิลลิเมตร ความสูงทั้งหมด 63 มิลลิเมตร ขนาดของรูสวมอาร์เบอร์ (Arbor) 38.1 มิลลิเมตร ขนาดร่องลิ้ม 15.9 มิลลิเมตร ความสูงร่องลิ้ม 10 มิลลิเมตร ขนาดระยะสวมอาร์เบอร์ 38 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3.22 ข้อมูลขนาดรูปทรงเรขาคณิตของหัวกัด E

รหัส	ขนาด (มม.)								
		ϕD	ϕD_1	ϕD_2	F	ϕd	a	b	E
WGC4125R	6	125	138	80	63	38.1	15.9	10	38

ตารางที่ 3.23 เป็นข้อมูลแผ่นมีดที่ใช้งานร่วมกับหัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ E ซึ่งมีขนาดความกว้าง 13.41 มิลลิเมตร ความหนา 3.96 มิลลิเมตร ขนาดในส่วนที่เป็นพื้นที่สัมผัสชิ้นงาน 1.62306 มิลลิเมตร และขนาดรัศมีปลายมีด 1.00076 มิลลิเมตร

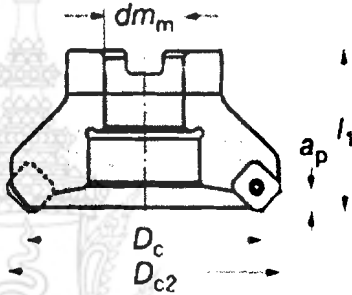
ตารางที่ 3.23 ข้อมูลขนาดรูปทรงเรขาคณิตของแผ่นมีด E

รหัส	ขนาด (มม.)			
	L	T	Facet Width	Facet Radii
EET13T3AGSNG	13.41	3.96	1.62306	1.00076

3.2.1.6 วิเคราะห์ข้อมูลผู้ผลิตและตัวแทนจำหน่าย

ศึกษาข้อมูลจากผู้ขายแต่ละรายและรวบรวมข้อมูลด้านราคาจำหน่ายหัวกัดเบื้องต้นสามารถเปรียบเทียบข้อมูลได้ตามตารางต่อไปนี้



ตารางที่ 3.24 เปรียบเทียบขนาดของหัวกัดปาดผิวราบแต่ละตราผลิตภัณฑ์ชนิด 6 คมตัด

ตรา ผลิตภัณฑ์	รหัส	คมตัด								ราคา/ หน่วย	ประเทศ ผู้ผลิต
			ขนาด (มม.)								
			dm_m	D_{c2}	l_1	D_c	a_p	kg	n_{max}		
A	R245-125Q40-12L	6	40	137.5	63	125	6	2.7	10100	22,350	SWEDEN
B	R220.53-0125-12-6A	6	40	137	63	125	6	3.1	9400	17,856	SWEDEN
C	125B06RS45SE14EG	6	40	139	63	125	6	2.9	14400	14,200	U.S.A
D	ASX445-125B06R	6	40	138	63	125	6	2.4	-	9,262	JAPAN
E	WGC4125R	6	38.1	138	63	125	-	-	-	-	JAPAN

ตารางที่ 3.24 ขนาดของรูสวมอาร์เบอร์ (Hole Diameter : dm_m) ขนาดความสูงทั้งหมดของตัวหัวกัดปาดผิวหน้า (Overall Height : l_1) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวกัดปาดผิวราบ (Diameter of Cutter : D_c) ความสามารถในการตัดลึกสูงสุด (Depth of Cut : a_p) ทุกตราผลิตภัณฑ์มีขนาดเท่ากันและ

แตกต่างกันในส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอกของตัวหัวกัด(External Diameter of Cutter Body : D_{e2}) ไม่เกิน 2 มิลลิเมตรซึ่งหัวกัด C มีขนาดโตสุด, น้ำหนักของหัวกัดแตกต่างกันไม่เกิน 0.7 กิโลกรัมซึ่งหัวกัด B น้อยสุด, ความเร็วรอบสูงสุด(n_{max})อยู่ในช่วง 9400 – 14,400 รอบต่อนาที ต่างกันถึง 5000 รอบต่อนาทีซึ่งหัวกัด C มากสุด, ด้านราคาอยู่ในช่วง 9262 – 22,350 บาทต่อหน่วย มีความต่างกันถึง 13,088 บาทต่อหน่วย ซึ่งหัวกัด A มีราคาสูงที่สุด

ตารางที่ 3.25 เปรียบเทียบขนาดแผ่นมีดทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสแต่ละตราผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานร่วมกับหัวกัด

								ราคา/หน่วย	ประเทศผู้ผลิต
		ขนาด (Dimention): mm.							
ตราผลิตภัณฑ์	รหัสสินค้า	l	s	F_1	r_{\square}	มุมเข้างาน	มุมคายเศษ		
A	R245-12 T3 M-PM	13.4	3.97	2	1.5	45°	20°	380	SWEDEN
B	SEEX 1204AFTN-M14	12.7	4.76	1.57	-	45°	20°	328	SWEDEN
C	SECT1404AEENLD2	14	4.76	2.65	1	45°	20°	307	U.S.A
D	SEET13T3AGEN-JL	13.4	3.97	1.9	1.5	45°	20°	252	JAPAN
E	SEET13T3AGSNG	13.41	3.96	1.62306	1.00076	45°	20°	-	JAPAN

ตารางที่ 3.25 เป็นข้อมูลแผ่นมีดรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส (ทรง S) ของแต่ละตราผลิตภัณฑ์ พบว่าแผ่นมีดของทุกตราผลิตภัณฑ์มีขนาดมุมเขี้ยวและมุมคายเศษที่เท่ากัน และแตกต่างกันในด้านขนาดความยาวของแผ่นมีด (ขนาด L) ไม่เกิน 1.3 มิลลิเมตร ขนาดความหนาแผ่นมีด (ขนาด S) ไม่เกิน 0.8 มิลลิเมตร ขนาด F_1 ไม่เกิน 1.08 มิลลิเมตร ขนาดรัศมีมุมแผ่นมีด (ขนาด $r_{\text{ม}}$) ไม่เกิน 0.5 มิลลิเมตร และราคาอยู่ในช่วง 252 – 380 บาทซึ่งมีความแตกต่างกันถึง 128 บาท

ทำการเปรียบเทียบข้อมูลข้างต้นเลือกหั่วกัดปาดผิวราบจำนวน 3 ตราผลิตภัณฑ์เพื่อดำเนินการศึกษาเชิงวิศวกรรมย้อนรอย ซึ่งหั่วกัดปาดผิวราบที่ถูกเลือกประกอบด้วย หั่วกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ A หั่วกัดปาดผิวราบ ตราผลิตภัณฑ์ B และหั่วกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ C เป็นหั่วกัดที่หาซื้อได้ง่ายและผู้ผลิตทางยุโรปและอเมริกาซึ่งเป็นที่ยอมรับกันในเรื่องคุณภาพสูงและมีราคาสูง

3.2.2 ศึกษาข้อมูลด้านการออกแบบ

ในการศึกษาข้อมูลด้านการออกแบบเป็นการศึกษาเชิงวิศวกรรมย้อนรอย ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.2.2.1 ศึกษาชนิดของวัสดุผลิตหั่วกัดปาดผิวราบแต่ละตราผลิตภัณฑ์

สำหรับข้อมูลวัสดุที่ใช้ ถือว่ามีความจำเป็นต่อการกำหนดความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ทดแทนชิ้นส่วนที่ทำขึ้นใหม่ เช่น ชนิดของวัสดุ สมบัติการใช้งาน มาตรฐานคุณภาพ และราคา ข้อมูลเหล่านี้อาจหาได้จากผู้ผลิตทั้งในและต่างประเทศ เพื่อให้สามารถเลือกใช้วัสดุที่มีสมบัติและความเหมาะสมกับชิ้นส่วนเดิมหรือใกล้เคียง การหาชนิดของวัสดุในที่นี้คือ เหล็ก ซึ่งมีทั้งเหล็กหล่อและเหล็กกล้า ปัจจุบันมีการกำหนดเกรดเหล็กตามมาตรฐานต่างๆ เช่น มาตรฐาน DIN ของเยอรมนี JIS ของญี่ปุ่น และ AISI ของอเมริกา เป็นต้น การระบุชนิดของเหล็กได้อย่างชัดเจนตามมาตรฐานใดมาตรฐานหนึ่ง จะทำให้มีความสะดวกในการจัดหา

การเลือกใช้วัสดุมีความสำคัญต่อการทำงานวิศวกรรมย้อนรอยเป็นอย่างมากเนื่องจากสมบัติของชิ้นส่วนจำเป็นจะต้องมีความสอดคล้องกับสภาวะแวดล้อมในการใช้งานและกระบวนการผลิต นั่นหมายถึง วัสดุหรือวัตถุดิบที่ได้รับการคัดเลือกเพื่อทำวิศวกรรมย้อนรอยชิ้นส่วนหนึ่งๆ จะต้องมีสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งาน สมบัติของวัสดุสามารถตรวจสอบเบื้องต้นได้จากข้อมูลของผู้ผลิตต้นแบบหรือจากการตรวจภายในห้องปฏิบัติการ โดยการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ จะได้ข้อมูลส่วนผสมทางเคมีจากนั้นนำมาเทียบเกรดวัสดุ ตามตารางที่ 3.26 เป็นข้อมูลของเหล็กกล้าผสมนิกเกิล โครเมียมและ โมลิบดีนัม (Nickel-Chromium-Molybdenum) ซึ่งเป็นเหล็กที่มีคุณสมบัติทนต่อการกระแทกได้ดี มีความแข็งแรงสูง ซึ่งเหมาะที่จะนำมาทำหั่วกัด

ตารางที่ 3.26 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าผสมนิกเกิล โครเมียมและ โมลิบดีนัม Nickel - Chromium - Molybdenum (Ni-Cr-Mo)

Standard Designation	Grade, Class Type, Symbol or Name	Steel Number	UNS	Weight, %, max. Unless Otherwise Specified								Others
				C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	
UNS G 43300	SAE J404	---	---	0.12-0.18	0.40-0.70	0.15-0.35	0.030	0.030	0.40-0.65	1.60-2.00	0.15-0.30	Cu 0.30
SAE J4311-1987	20 Ni Cr Mo 2	---	---	0.14-0.20	0.60-0.90	0.15-0.40	0.035	0.035	0.80-1.10	1.20-1.60	0.15-0.25	---
ASTM A 29 A 29M 03	E 430	---	G43200	0.17-0.22	0.45-0.65	0.15-0.35	0.035	0.040	0.40-0.60	1.65-2.00	0.20-0.30	Cu 0.35
ASTM A 322 A 322M 03	E 430	---	G43200	0.17-0.22	0.45-0.65	0.15-0.35	0.035	0.040	0.40-0.60	1.65-2.00	0.20-0.30	Cu 0.35
SAE J404 J404M 03	E 430	---	G43200	0.17-0.22	0.45-0.65	0.15-0.35	0.035	0.040	0.40-0.60	1.65-2.00	0.20-0.30	Cu 0.35
UNS G 4053 2003	SAE J404	---	---	0.17-0.23	0.40-0.70	0.15-0.35	0.030	0.030	0.40-0.65	1.60-2.00	0.15-0.30	Cu 0.30
SAE J404 1998	20 Ni Cr Mo 4	1.6571	---	0.16-0.23	0.50-0.90	0.40	0.035	0.020-0.040	0.60-0.90	1.40-1.70	0.25-0.35	---
ASTM A 29 A 29M 04	E 430	---	G43400	0.38-0.43	0.60-0.80	0.15-0.35	0.035	0.040	0.70-0.90	1.65-2.00	0.20-0.30	Cu 0.35
ASTM A 322 A 322M 04	E 430	---	G43400	0.38-0.43	0.60-0.80	0.15-0.35	0.035	0.040	0.70-0.90	1.65-2.00	0.20-0.30	Cu 0.35
ASTM A 322 A 322M 04	E 430	---	G43400	0.38-0.43	0.60-0.80	0.15-0.35	0.035	0.040	0.70-0.90	1.65-2.00	0.20-0.30	Cu 0.35
ASTM A 322 A 322M 04	E 430	---	G43400	0.38-0.43	0.60-0.80	0.15-0.35	0.035	0.040	0.70-0.90	1.65-2.00	0.20-0.30	Cu 0.35
SAE J419 J419M 03	E 430	---	G43400	0.38-0.43	0.60-0.80	0.15-0.35	0.030	0.040	0.70-0.90	1.65-2.00	0.20-0.30	Cu 0.35
SAE J419 J419M 03	E 430	---	G43400	0.38-0.43	0.60-0.80	0.15-0.35	0.030	0.040	0.70-0.90	1.65-2.00	0.20-0.30	Cu 0.35
UNS G 4053 2003	SAE J419	---	---	0.36-0.43	0.60-0.90	0.15-0.35	0.030	0.030	0.60-1.00	1.60-2.00	0.15-0.30	Cu 0.30
ASTM A 29 A 29M 03	E 430	---	G86200	0.18-0.23	0.70-0.90	0.15-0.35	0.035	0.04	0.40-0.60	0.40-0.70	0.15-0.25	Cu 0.35
ASTM A 322 A 322M 03	E 430	---	G86200	0.18-0.23	0.70-0.90	0.15-0.35	0.035	0.04	0.40-0.60	0.40-0.70	0.15-0.25	Cu 0.35
SAE J404 J404M 03	E 430	---	G86200	0.18-0.23	0.70-0.90	0.15-0.35	0.035	0.040	0.40-0.60	0.40-0.70	0.15-0.25	Cu 0.35
UNS G 4053 2003	SAE J404	---	---	0.17-0.23	0.60-0.90	0.15-0.35	0.030	0.030	0.40-0.65	0.40-0.70	0.15-0.30	Cu 0.30
SAE J404 1998	20 Ni Cr Mo 2	1.6571	---	0.17-0.23	0.65-0.95	0.40	0.035	0.035	0.35-0.70	0.40-0.70	0.15-0.25	---
SAE J404 1998	20 Ni Cr Mo 2	1.6571	---	0.17-0.23	0.65-0.95	0.40	0.035	0.020-0.040	0.35-0.70	0.40-0.70	0.15-0.25	---
SAE J404 1998	20 Ni Cr Mo 2	1.6571	---	0.17-0.23	0.65-0.95	0.15-0.40	0.035	0.035	0.30-0.65	0.40-0.70	0.15-0.25	---
SAE J404 1998	20 Ni Cr Mo 2	1.6571	---	0.17-0.23	0.65-0.95	0.15-0.40	0.035	0.020-0.040	0.30-0.65	0.40-0.70	0.15-0.25	---
ASTM A 29 A 29M 04	E 430	---	G86400	0.38-0.43	0.75-1.00	0.15-0.35	0.035	0.040	0.40-0.60	0.40-0.70	0.15-0.25	Cu 0.35
ASTM A 322 A 322M 04	E 430	---	G86400	0.38-0.43	0.75-1.00	0.15-0.35	0.035	0.040	0.40-0.60	0.40-0.70	0.15-0.25	Cu 0.35
SAE J404 J404M 04	E 430	---	G86400	0.38-0.43	0.75-1.00	0.15-0.35	0.030	0.040	0.40-0.60	0.40-0.70	0.15-0.25	Cu 0.35
UNS G 4053 2003	SAE J404	---	---	0.38-0.43	0.70-1.00	0.15-0.35	0.030	0.030	0.40-0.65	0.40-0.70	0.15-0.30	Cu 0.30
SAE J404 1998	41 Ni Cr Mo 2	1.6571	---	0.37-0.44	0.70-1.00	0.10-0.40	0.035	0.035	0.40-0.60	0.40-0.70	0.15-0.30	---
SAE J404 1998	41 Ni Cr Mo 2	1.6571	---	0.37-0.44	0.70-1.00	0.10-0.40	0.035	0.020-0.040	0.40-0.60	0.40-0.70	0.15-0.30	---
ASTM A 29 A 29M 05	E 4310	---	G93100	0.68-0.13	0.45-0.65	0.15-0.30	0.025	0.025	1.00-1.40	3.00-3.50	0.08-0.15	---
SAE J404 1998	1.5 Ni Cr Mo 3.4	1.6571	---	0.11-0.17	0.30-0.60	0.40	0.035	0.035	0.80-1.10	3.00-3.50	0.10-0.25	---

3.2.2.2 การกำหนดขนาดและการร่างแบบหัวกัปปาดผิรวาบแต่ละตราผลิตภัณฑ์

ในการตรวจสอบขนาดรูปทรงเรขาคณิตของหัวกัปปาดผิรวาบของแต่ละตราผลิตภัณฑ์ที่เลือกซึ่งได้แก่ หัวกัปปาดผิรวาบตราผลิตภัณฑ์ A หัวกัปปาดผิรวาบตราผลิตภัณฑ์ B และหัวกัปปาดผิรวาบตราผลิตภัณฑ์ C นั้นจำเป็นต้องมีการร่างแบบ (Sketch) จากชิ้นงานจริง โดยสเก็ตซ์ (Sketch) ภาพด้านต่างๆ เช่น ภาพด้านหน้า (Front View) ภาพด้านบน (Top View) ภาพด้านล่าง (Bottom View) ภาพตัด Section เป็นต้น และทำการกำหนดขนาดที่จะตรวจวัดเพื่อความสะดวกในการระบุขนาด โดยได้ทำการกำหนดสัญลักษณ์แทนขนาดที่ต้องการวัดเอาไว้ เพื่อทำการตรวจสอบหาขนาดต่อไปซึ่งสัญลักษณ์ที่ได้กำหนดในภาพร่างแบบ (Sketch) นั้นได้กำหนดดังนี้

D หมายถึง ขนาดในส่วนที่เป็นความยาว ความกว้าง ความสูง โดยกำหนดให้สัญลักษณ์เป็น $D_1, D_2, D_3, \dots, D_n$

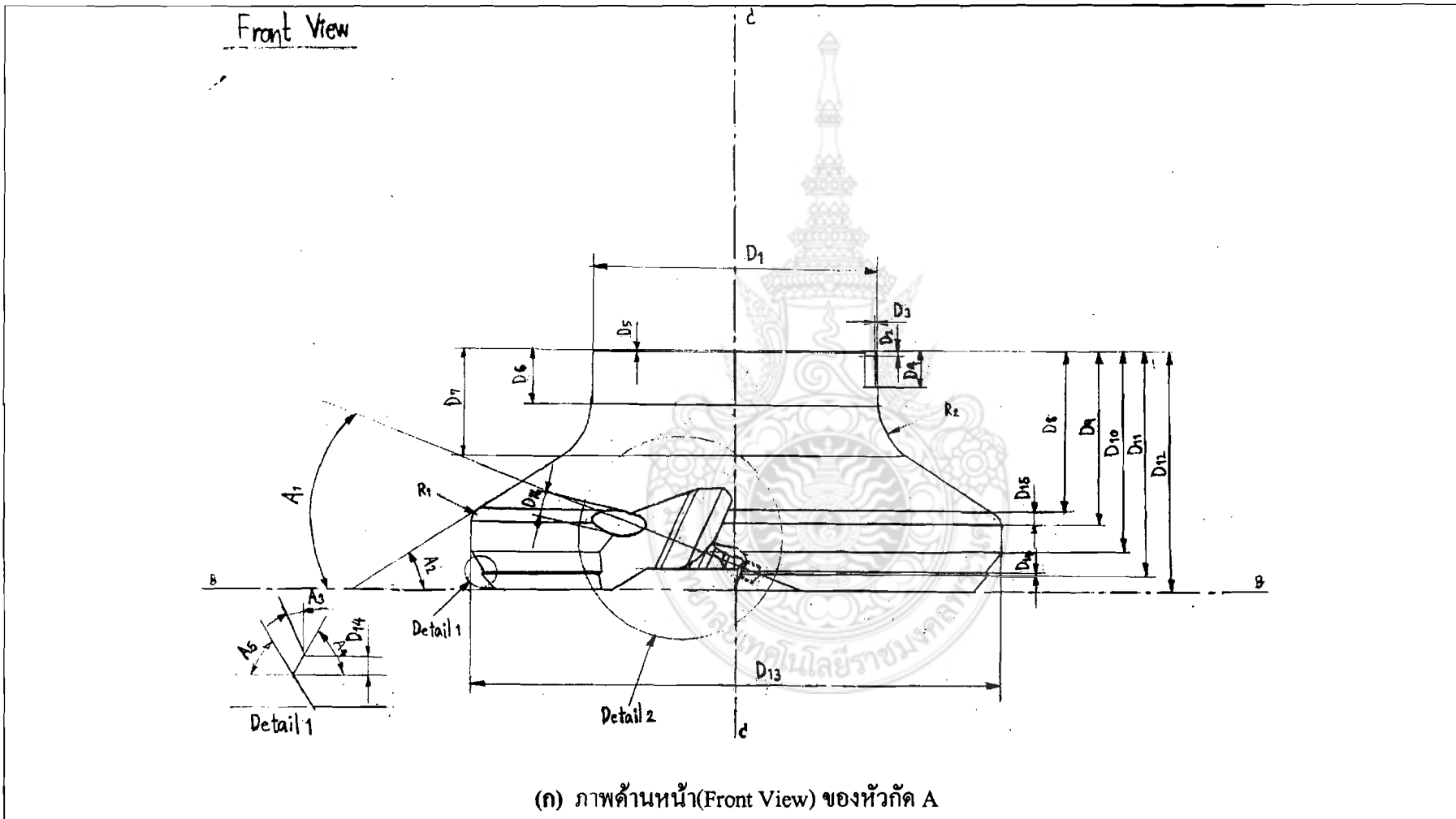
R หมายถึง ขนาดในส่วนที่เป็นรัศมี เส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะ กำหนดให้สัญลักษณ์เป็น $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ และ

A หมายถึง ขนาดในส่วนของพื้นผิวเอียง (Taper) ส่วนที่เป็นมุม โดยกำหนดให้สัญลักษณ์เป็น $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$

การกำหนดขนาดของแต่ละตราผลิตภัณฑ์นั้นจะใช้มาตรฐานเดียวกันในส่วน of ขนาดที่หัวกัปปาดมีเหมือนกัน เช่น ขนาด D_{13} คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอกสุด หัวกัปปาดผิรวาบตราผลิตภัณฑ์ A หัวกัปปาดผิรวาบตราผลิตภัณฑ์ B และหัวกัปปาดผิรวาบตราผลิตภัณฑ์ C ก็จะกำหนดขนาด D_{13} ในส่วนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอกสุด เป็นต้น

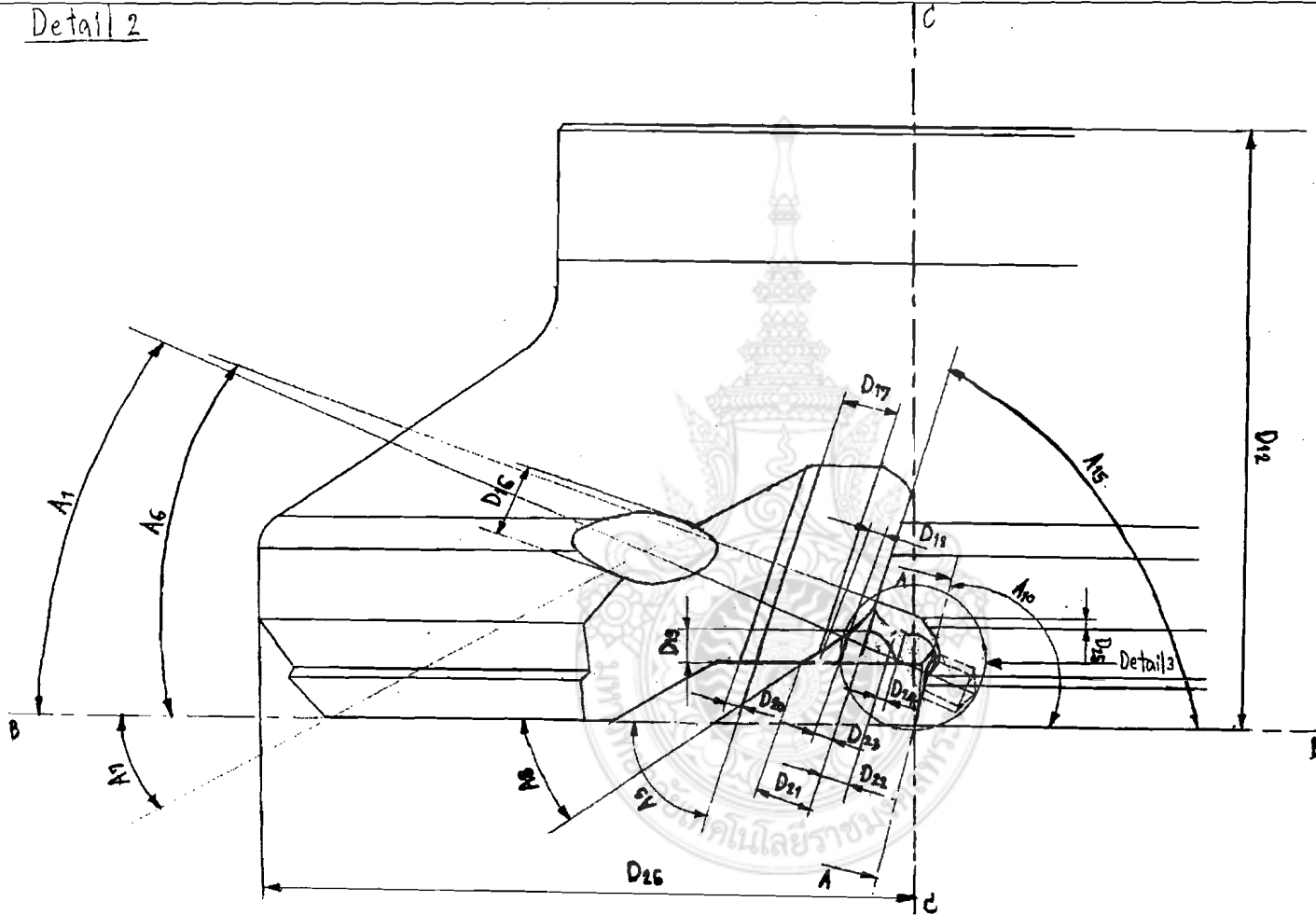
ในส่วนขนาดที่ไม่เหมือนกันจะกำหนดแตกต่างกันออกไป เช่น ขนาด D_{20} เป็นขนาดจากหัวกัปปาดผิรวาบตราผลิตภัณฑ์ A แต่หัวกัปปาดผิรวาบตราผลิตภัณฑ์ B และหัวกัปปาดผิรวาบตราผลิตภัณฑ์ C ไม่มีขนาดดังกล่าว เป็นต้น

1) การกำหนดขนาดและการร่างแบบหัวกวดปาดผิวราบผลิตด้วย A



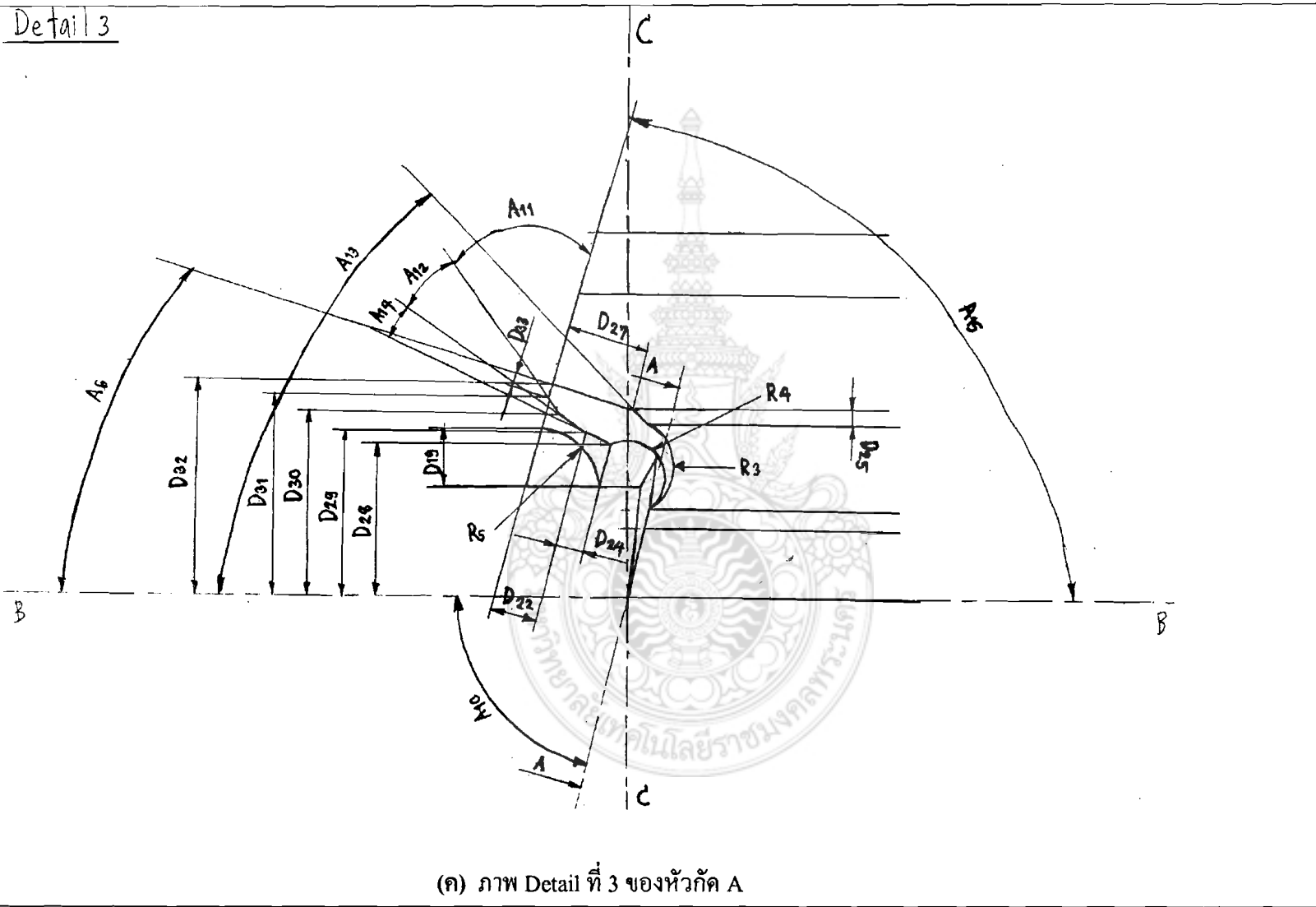
(ก) ภาพด้านหน้า(Front View) ของหัวกวด A

Detail 2

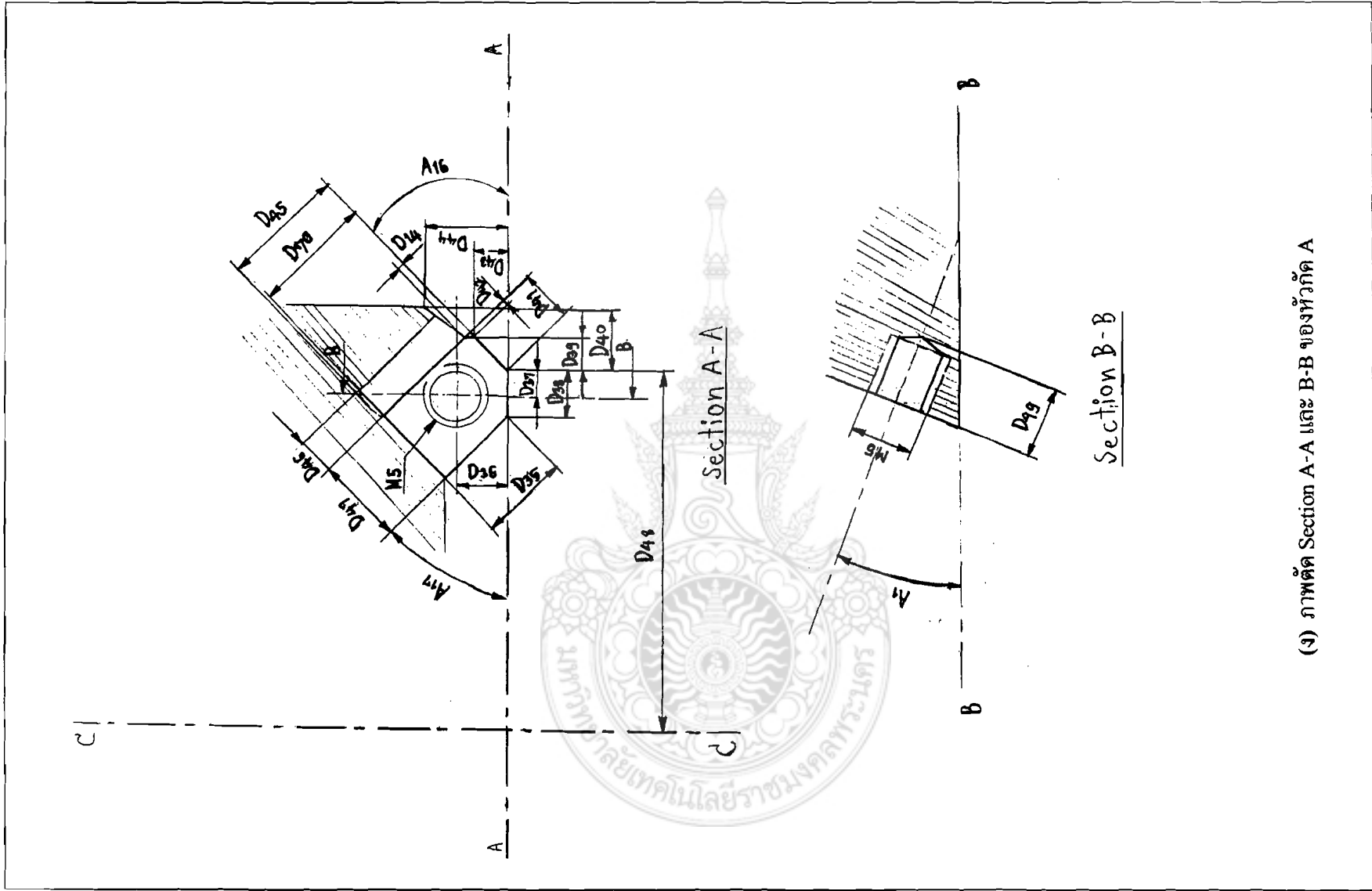


(ข) ภาพ Detail ที่ 2 ของหัวกั๊ด A

Detail 3

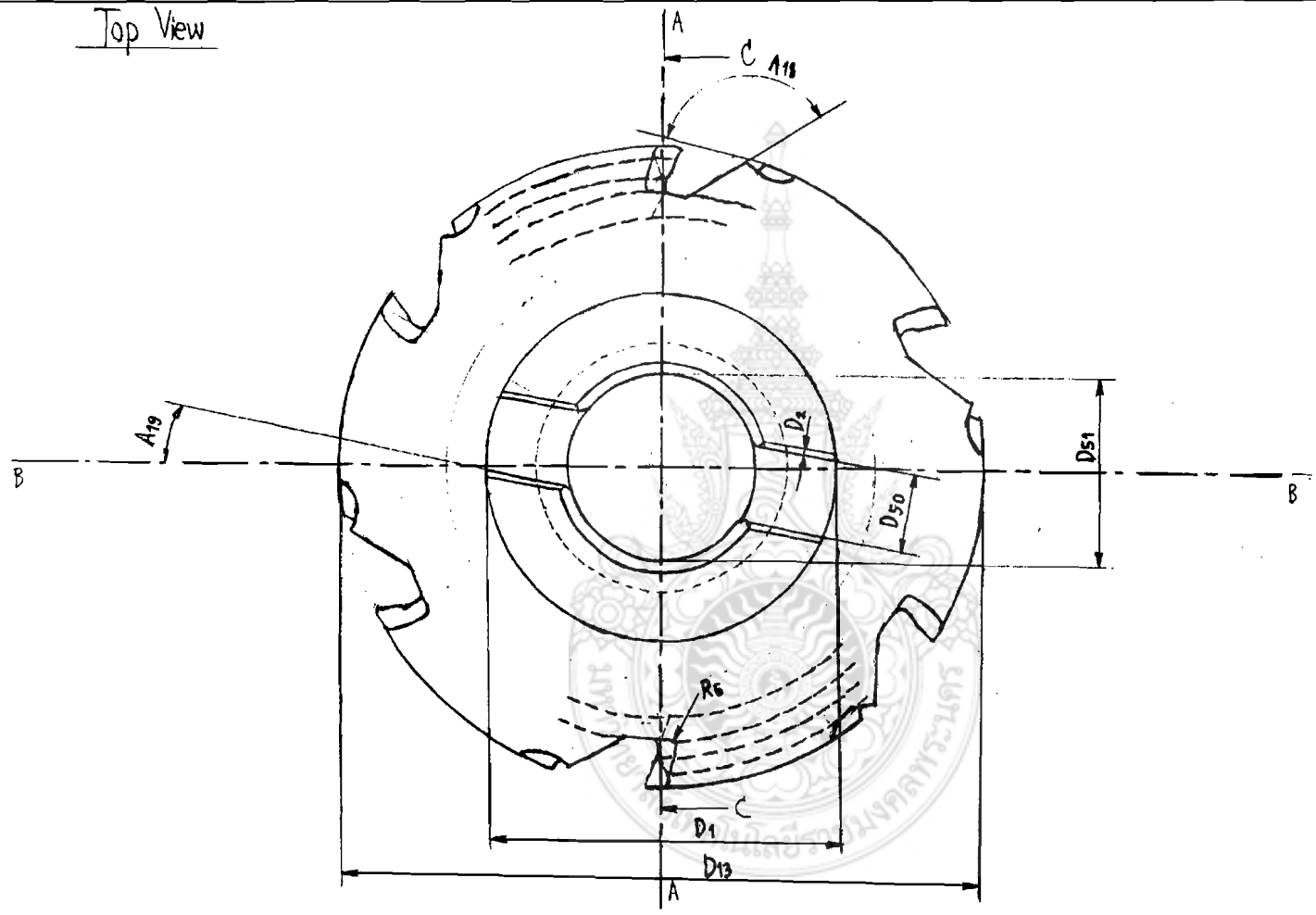


(ค) ภาพ Detail ที่ 3 ของหัวกั๊ด A

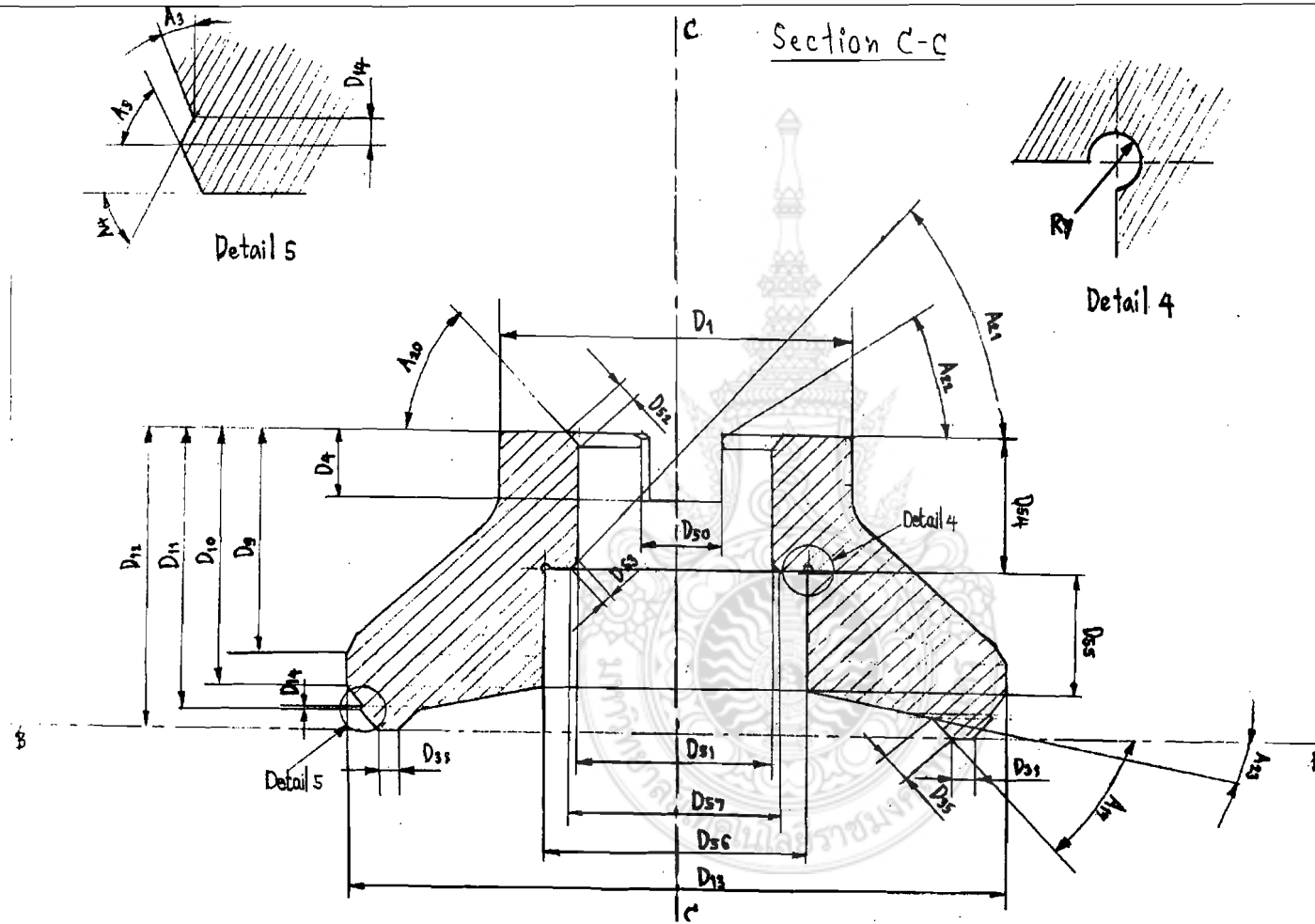


(จ) ภาพตัด Section A-A และ B-B ของหัวกัด A

Top View

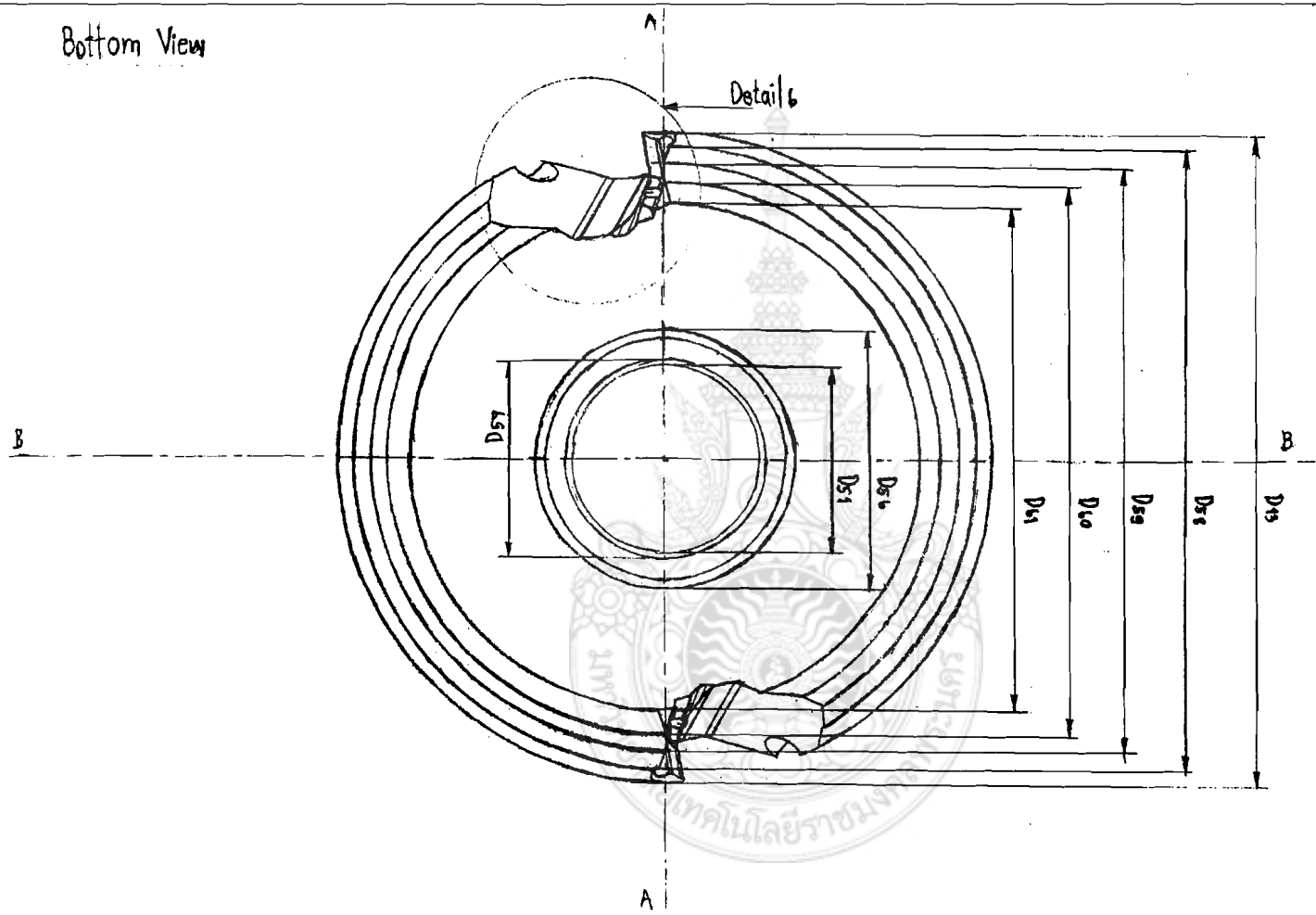


(จ) ภาพด้านบน(Top View) ของหัวกั๊ด A



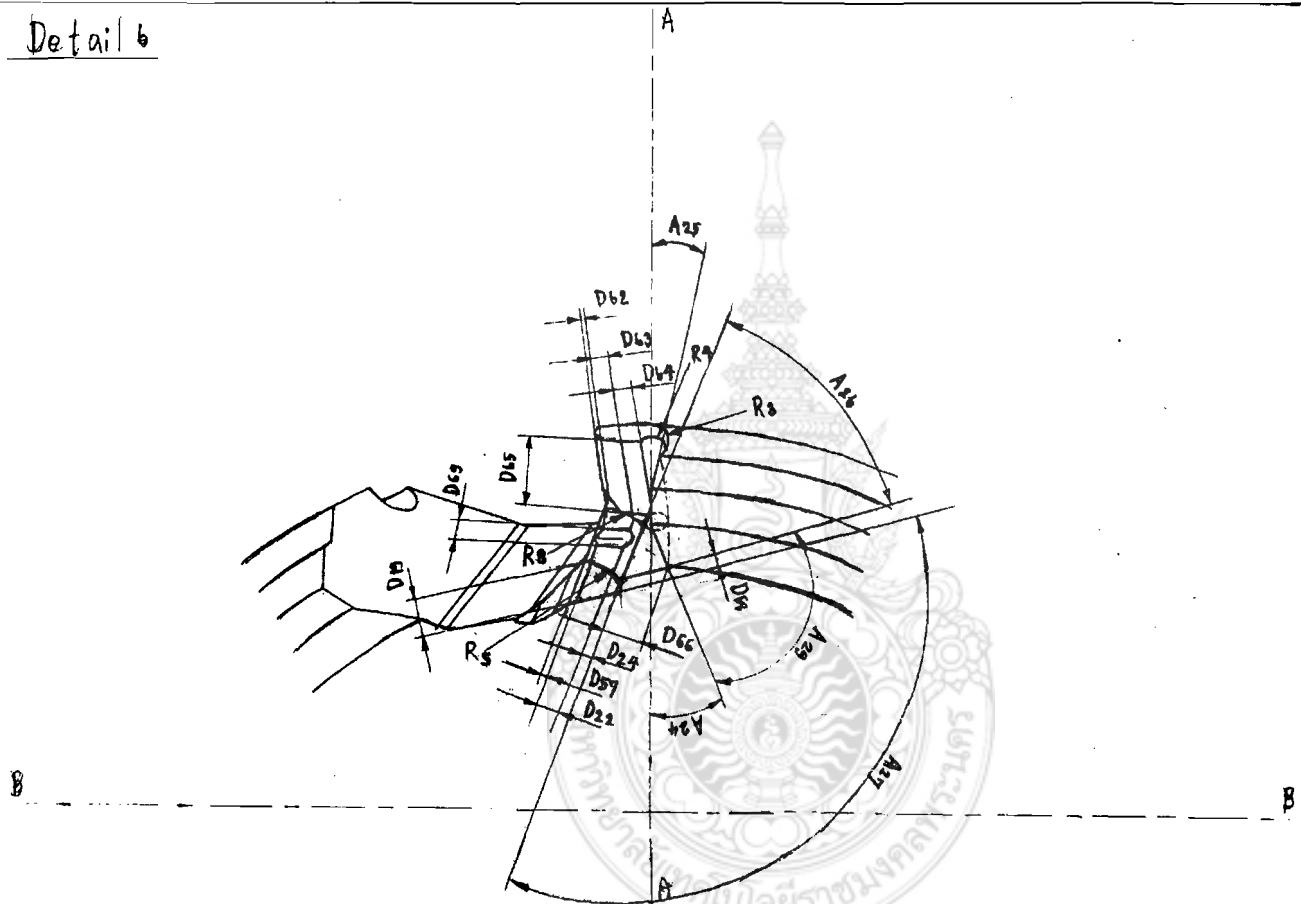
(ฉ) ภาพตัด Section C-C ของหัวกััด A

Bottom View



(ข) ภาพด้านล่าง(Bottom View) ของหัวกัด A

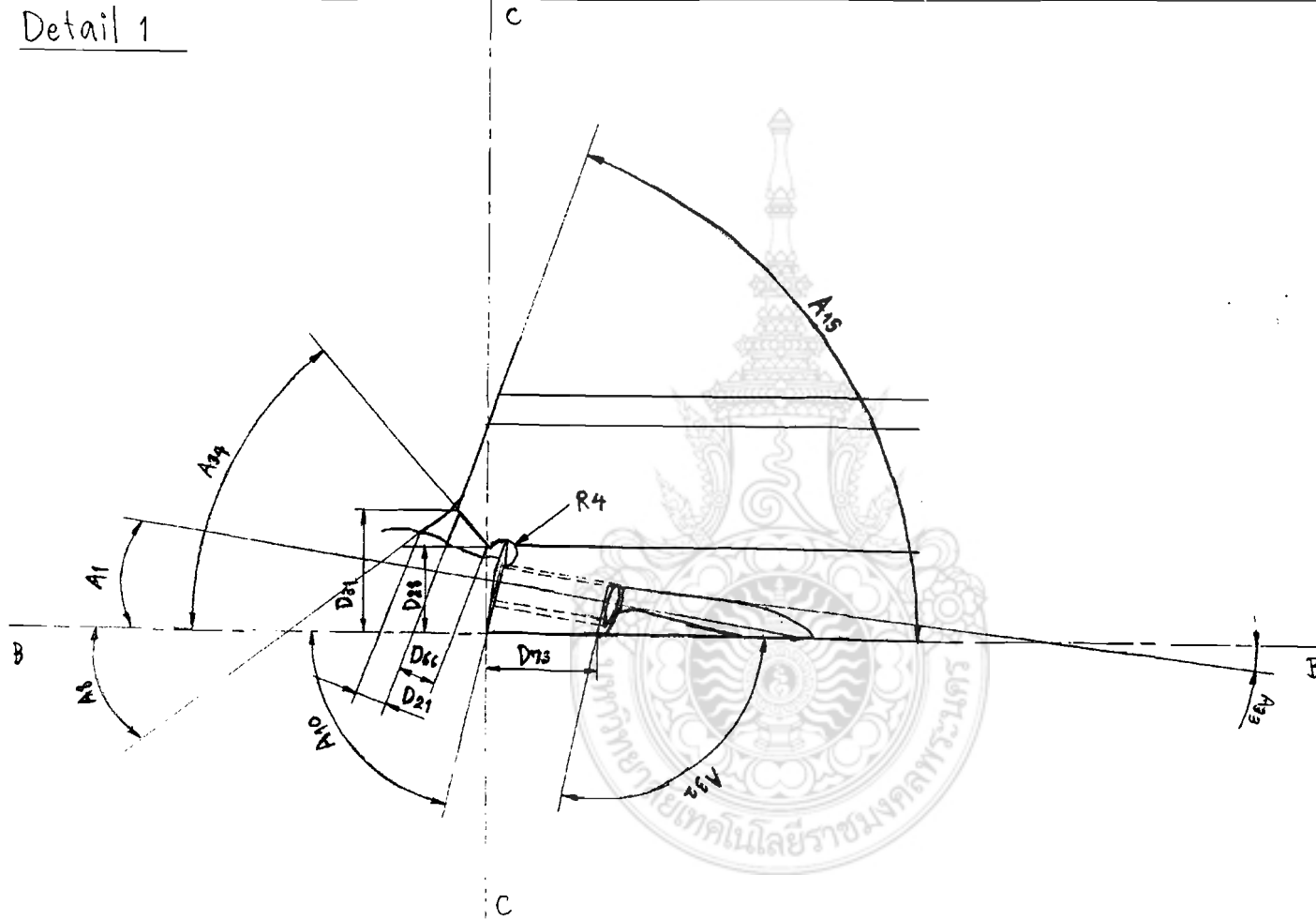
Detail 6



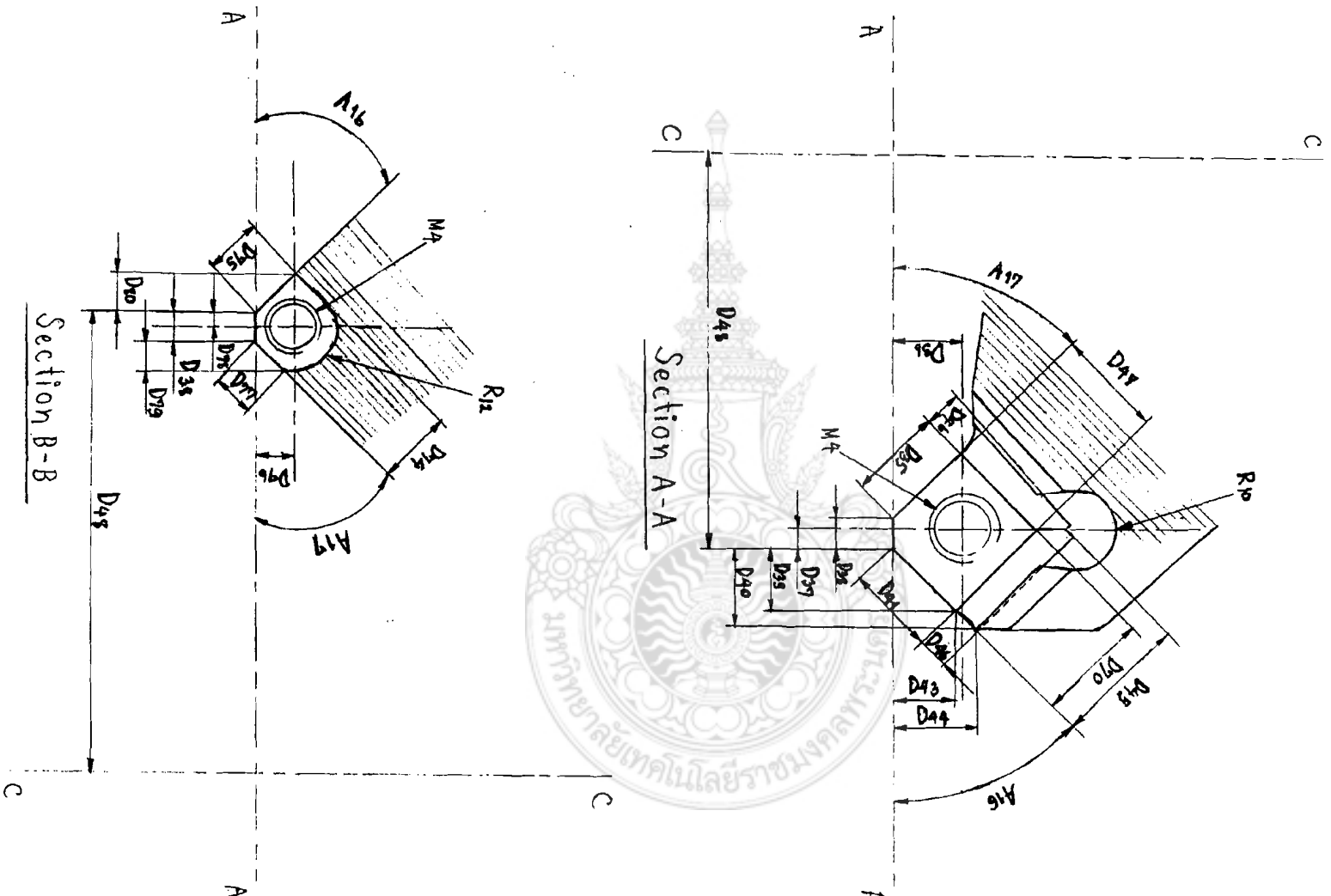
(ข) ภาพ Detail ที่ 6 ของหัวกััด A

ภาพที่ 3.29 การกำหนดขนาดและการร่างแบบหัวกััดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ A

Detail 1

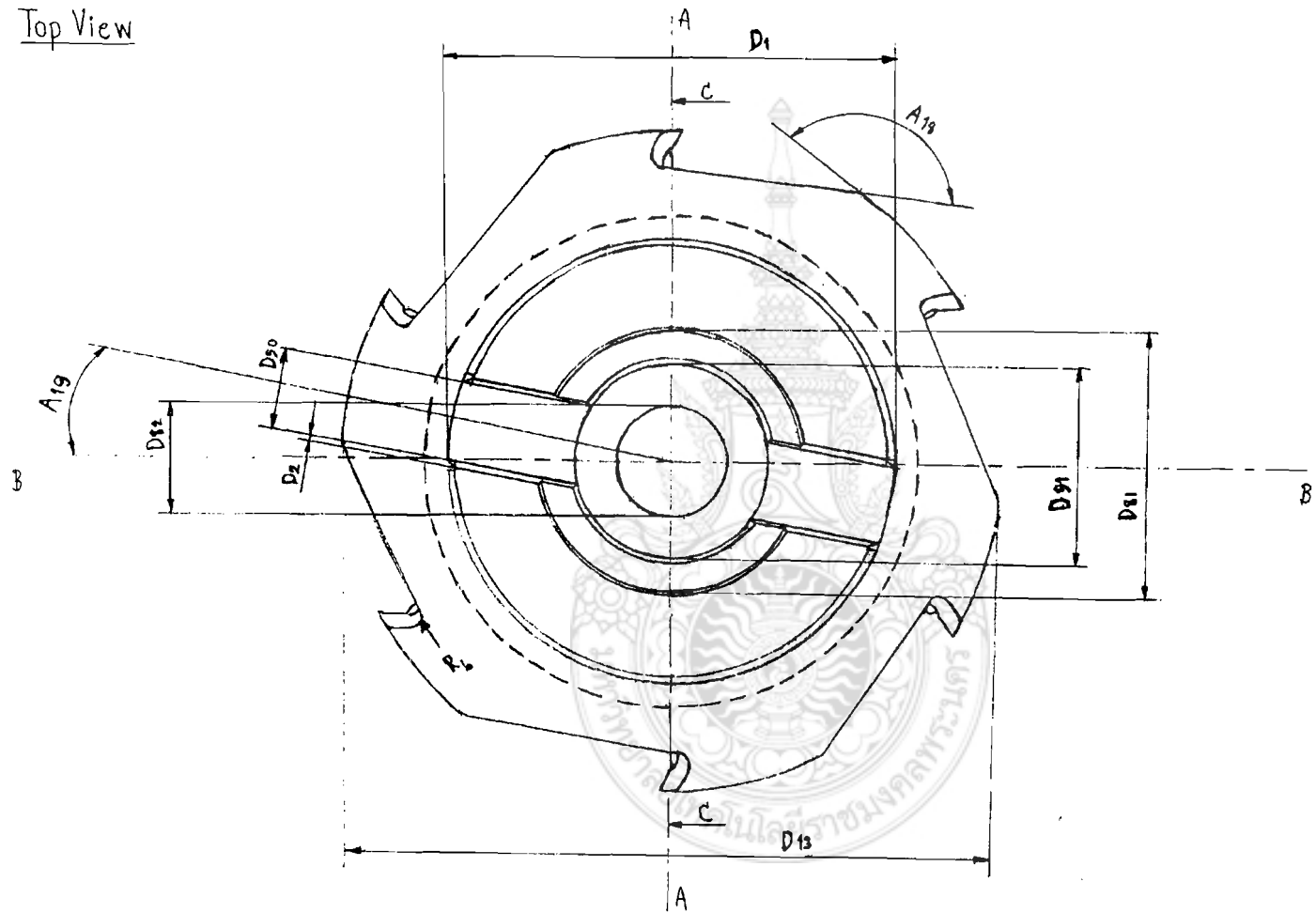


(ข) ภาพ Detail ที่ 1 ของหัวกั๊ด B



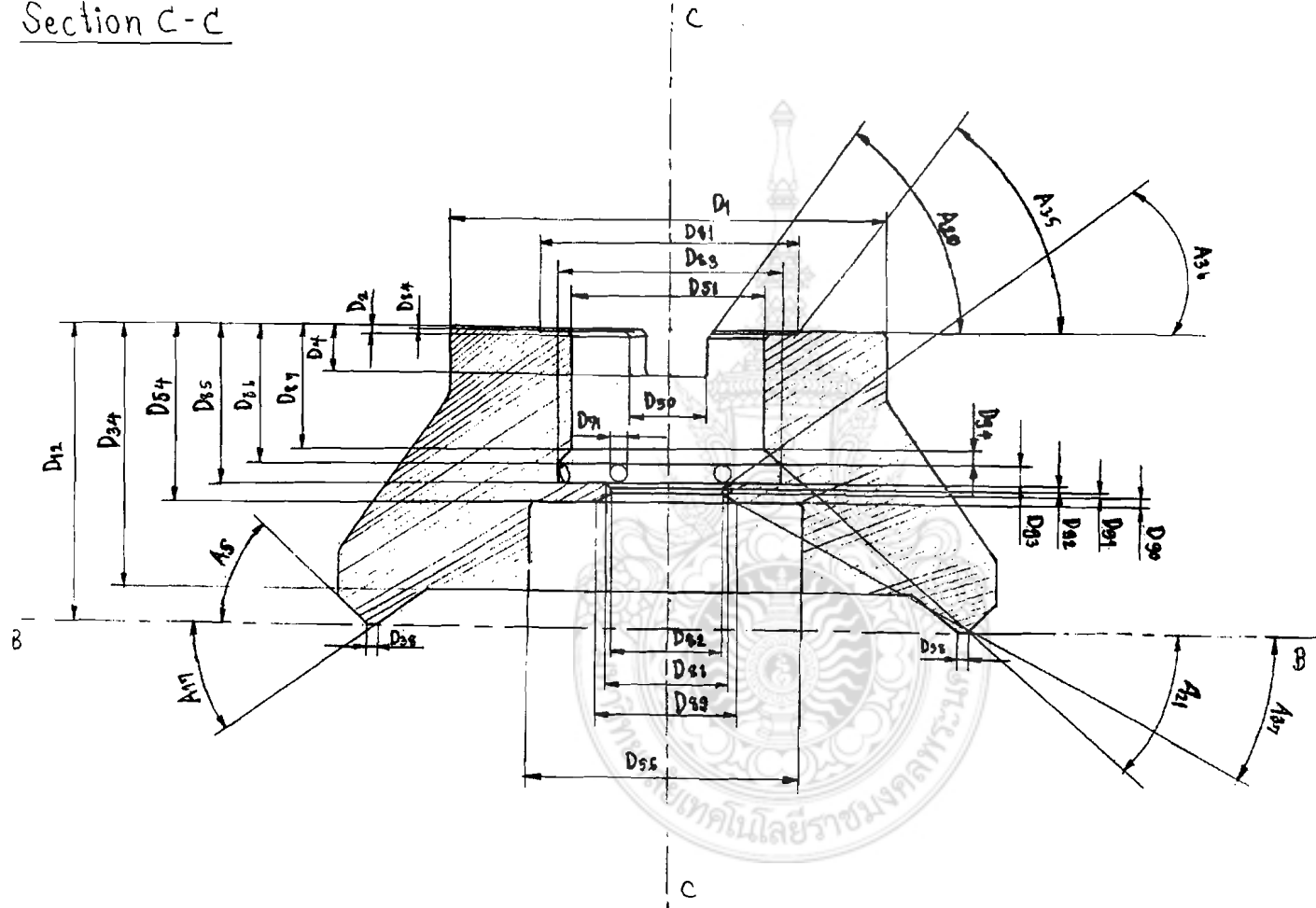
(ก) ภาพตัด Section A-A และ B-B ของหัวกัท B

Top View



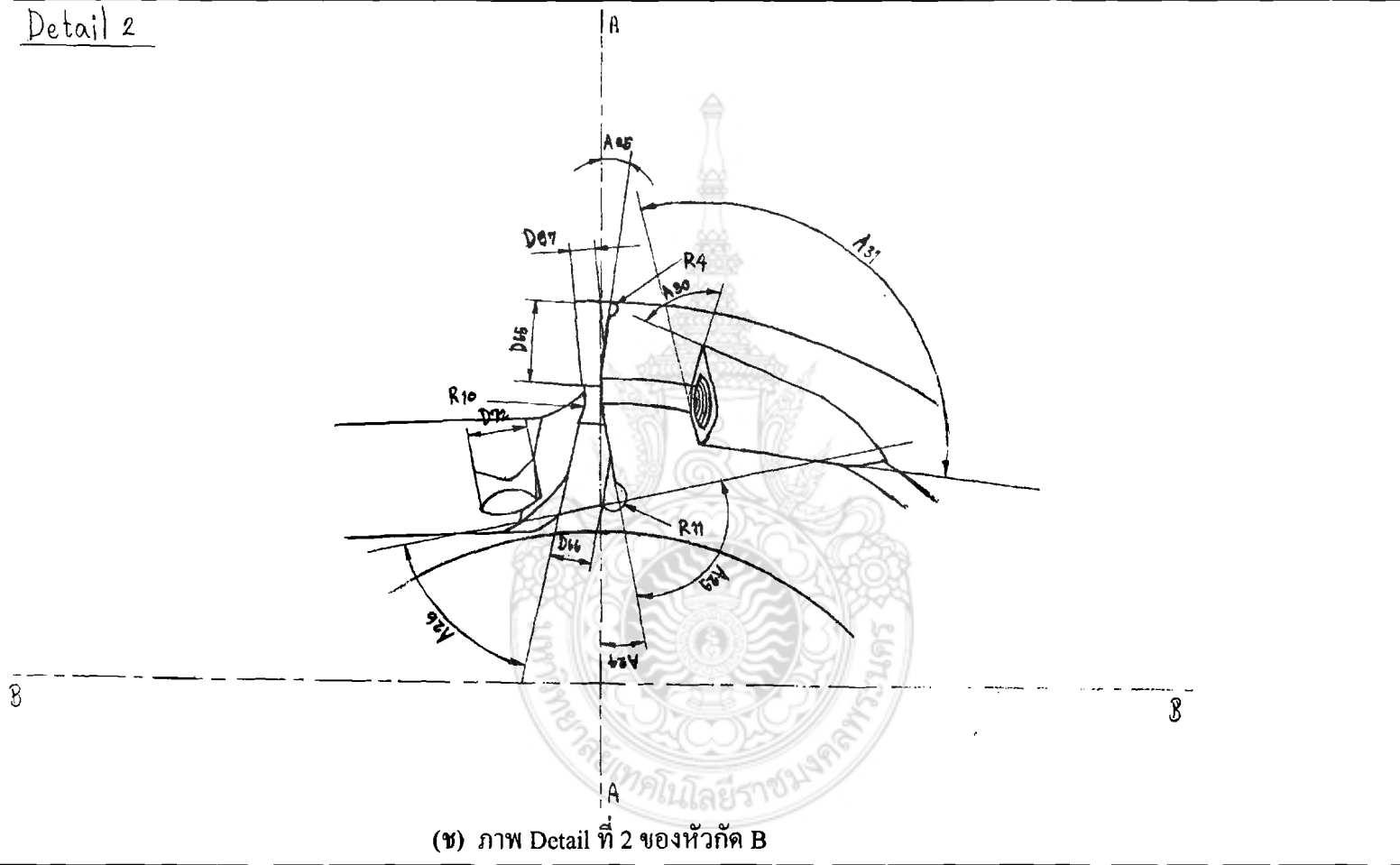
(ง) ภาพด้านบน(Top View) ของหัวกั๊ด B

Section C-C



(จ) ภาพตัด Section C-C ของหัวกััด B

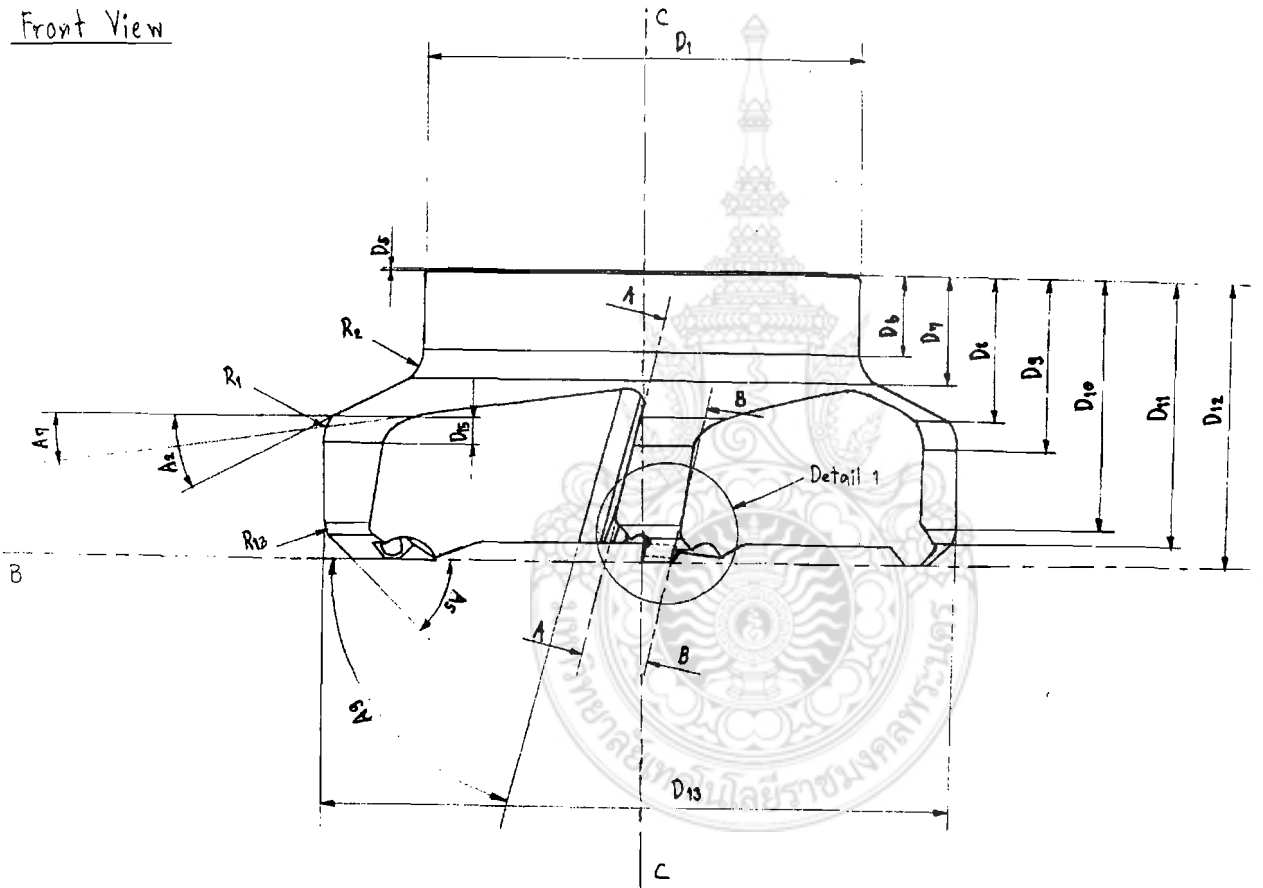
Detail 2



(ข) ภาพ Detail ที่ 2 ของหัวกั๊ด B

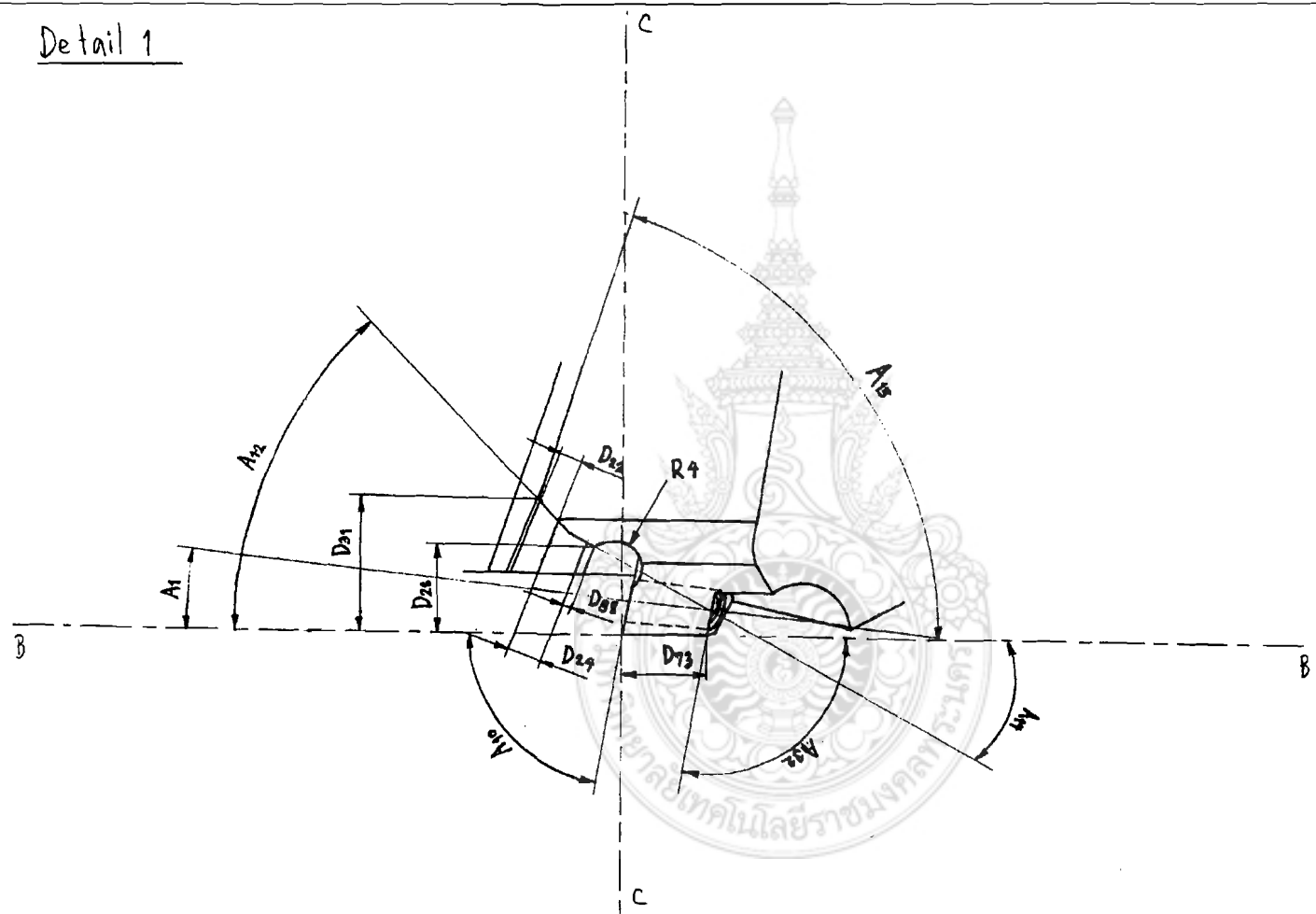
ภาพที่ 3.30 การกำหนดขนาดและการร่างแบบหัวกั๊ดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ B

3) การกำหนดขนาดและการร่างแบบหัวกัศปาดผิวยานตราผลิตภัณฑ์ C

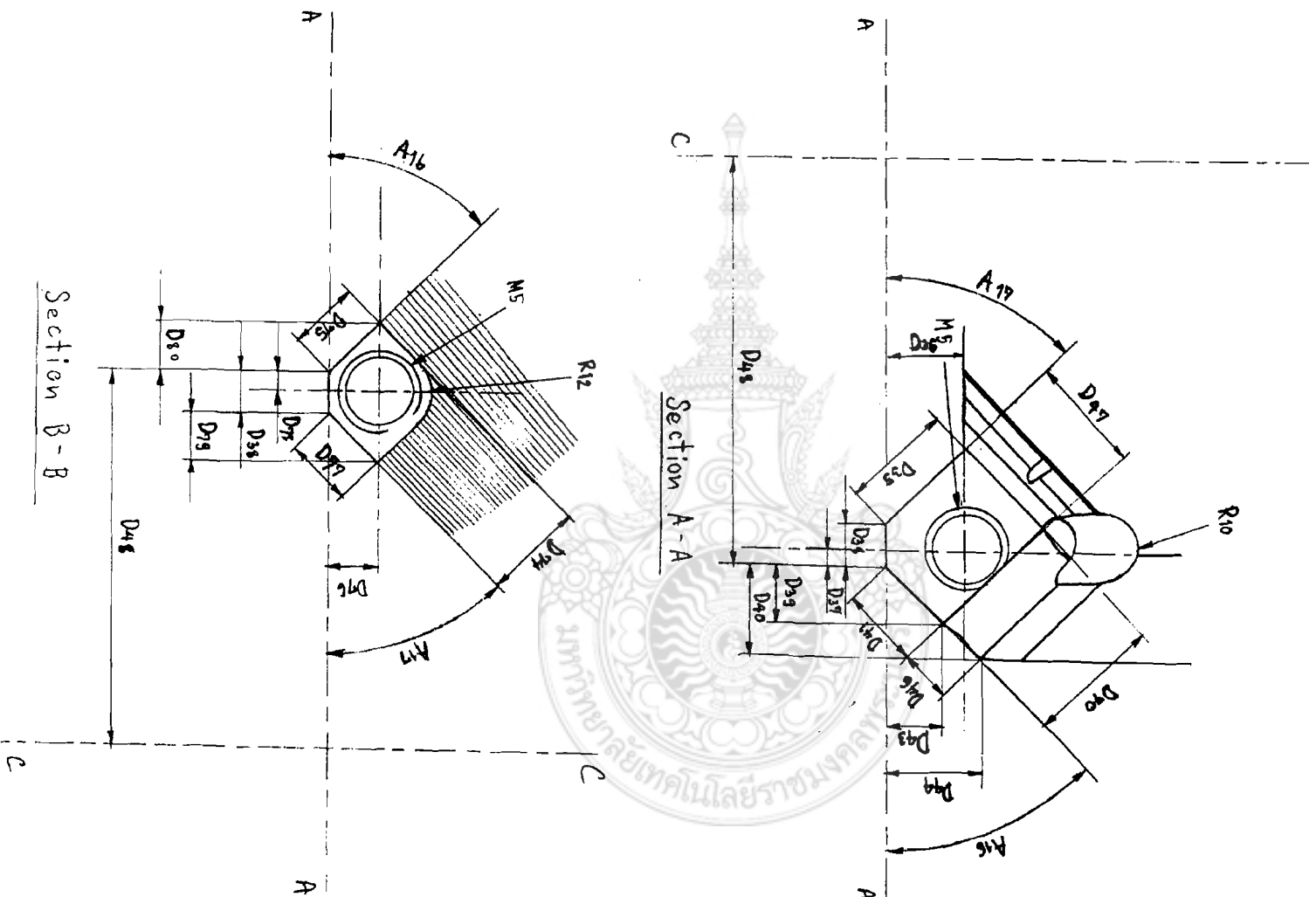


(ก) ภาพด้านหน้า(Front View) ของหัวกัศ C

Detail 1

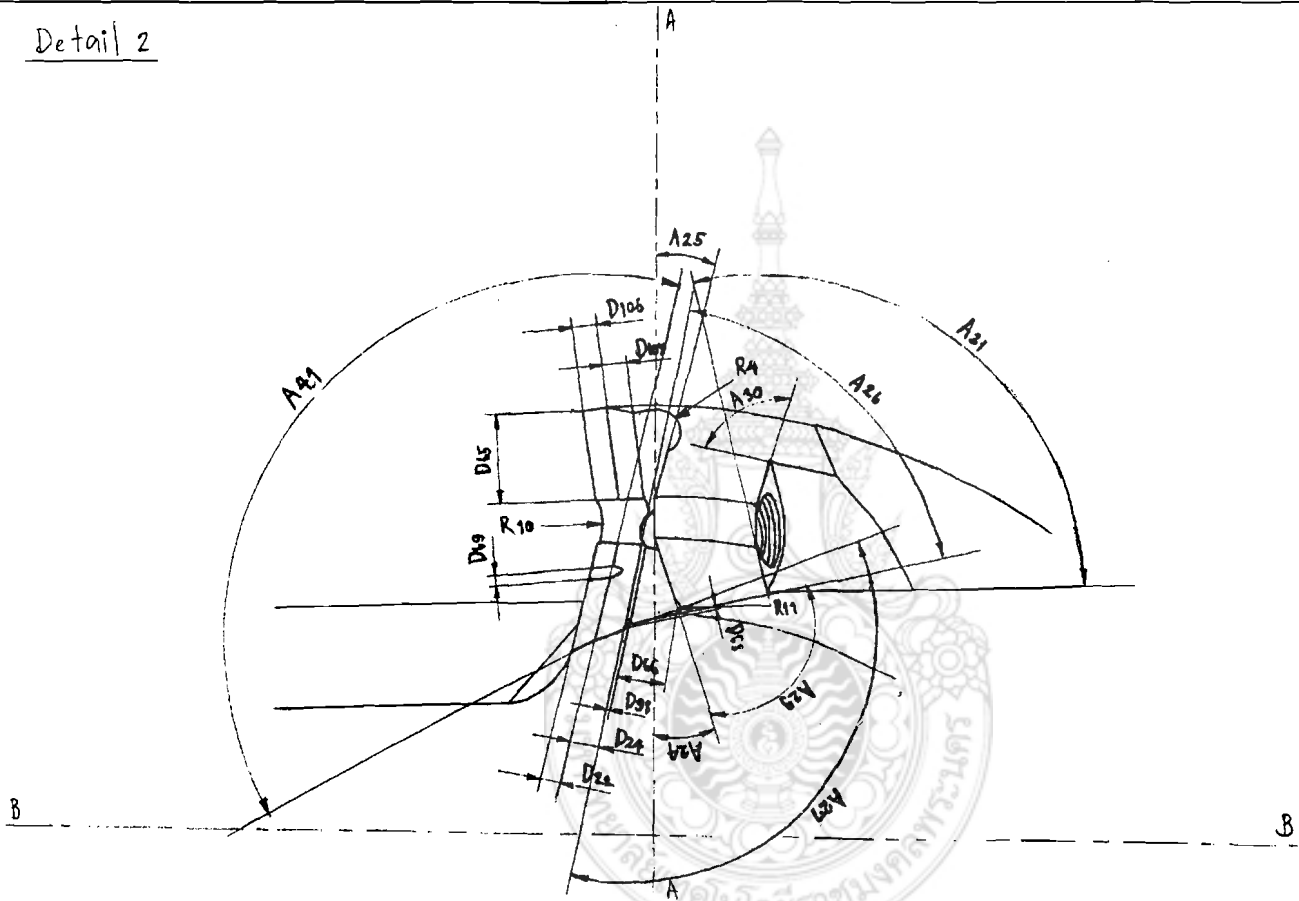


(ข) ภาพ Detail ที่ 1 ของหัวกั๊ด C



(ก) ภาพตัด Section A-A และ B-B ของหัวกัท C

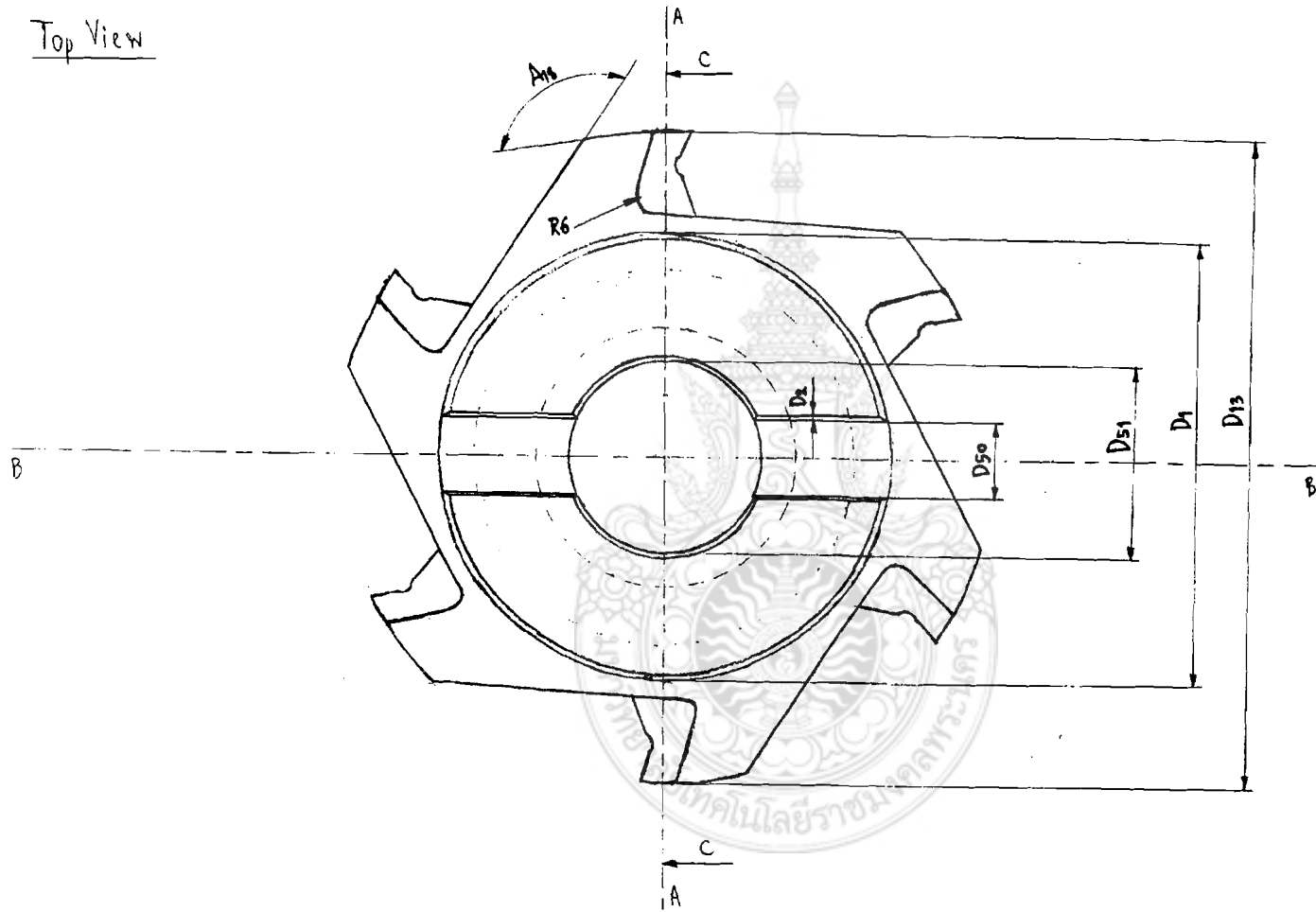
Detail 2



(ข) ภาพ Detail ที่ 2 ของหัวกัณฑ์ C

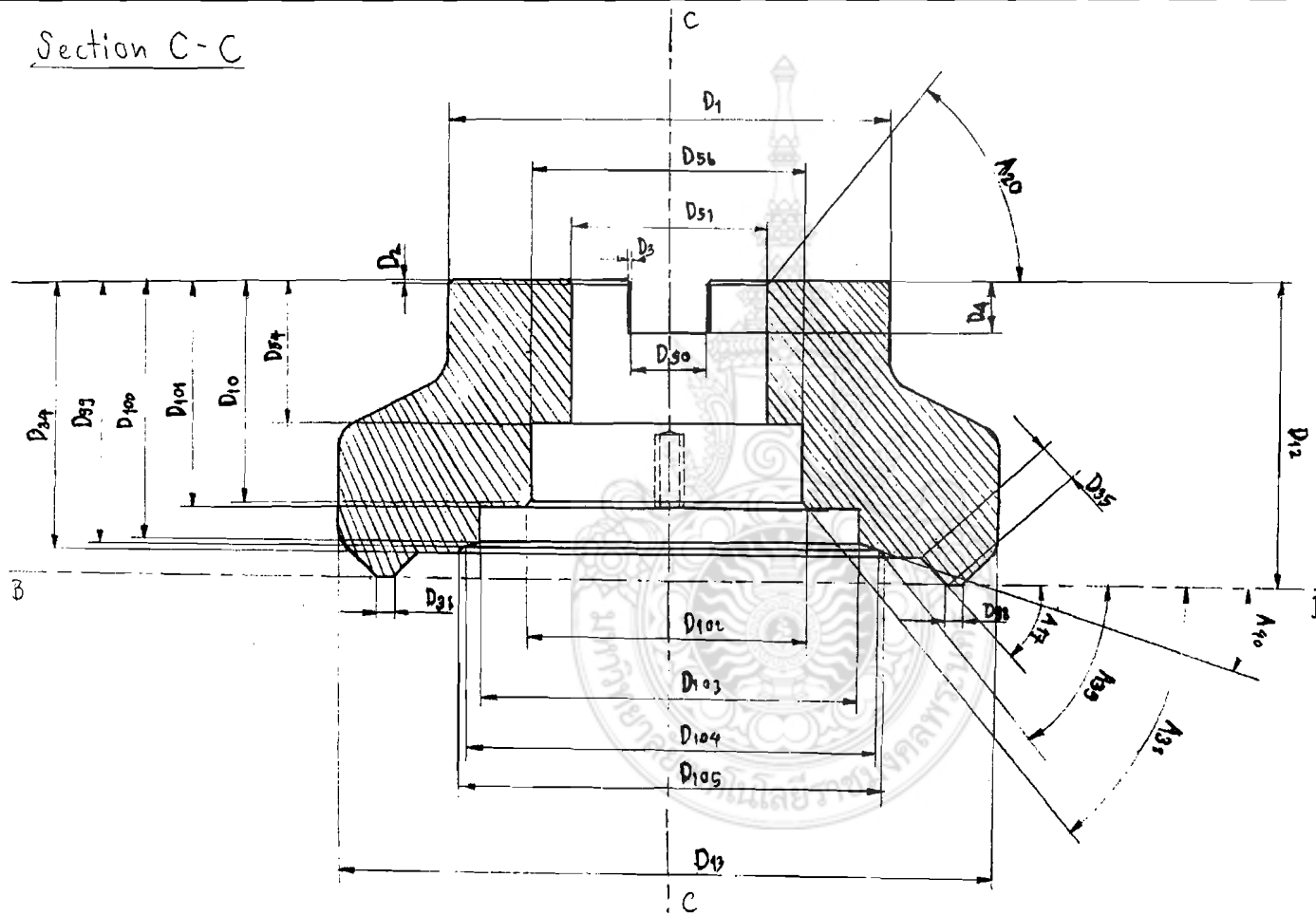
ภาพที่ 3.31 การกำหนดขนาดและการร่างแบบหัวกัณฑ์ปาดผิราบตราผลิตภัณ์ C

Top View



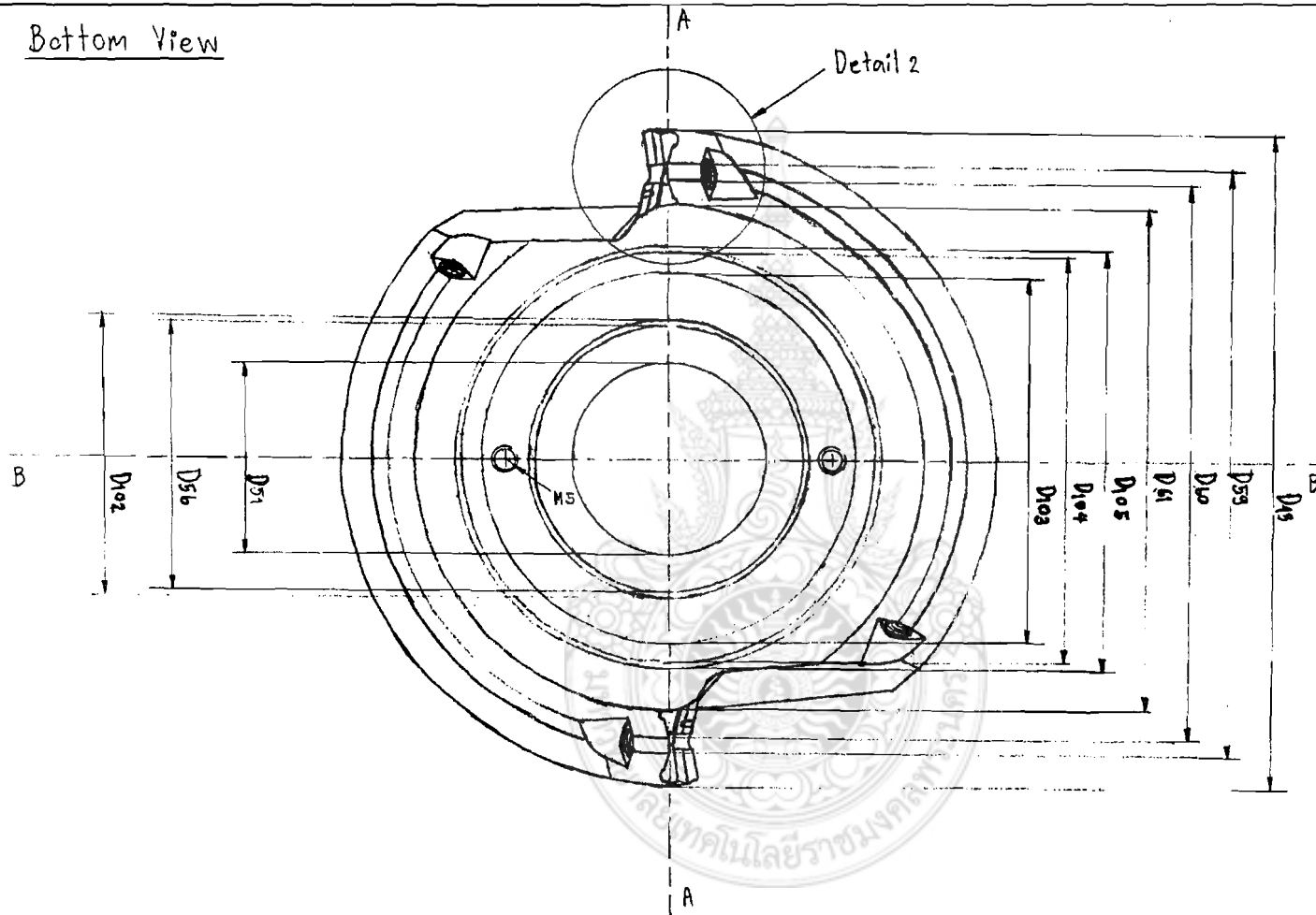
(ง) ภาพด้านบน(Top View) ของหัวกั๊ด C

Section C-C



(จ) ภาพตัด Section C-C ของหัวกััด C

Bottom View



(ค) ภาพด้านต่ำ(Bottom View) ของหัวกั๊ด C

3.2.2.3 การศึกษากรรมวิธีการผลิตหัวกัดปาดผิวราบแต่ละตราผลิตภัณฑ์

ในกระบวนการกลึงแต่งรูปร่าง (Machining) ด้วยเครื่องจักรชนิดต่างๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานการสร้างรูปทรงและขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการได้ในลำดับสุดท้าย ก่อนนำเข้าสู่การอบชุบปรับปรุงสมบัติทางกล หากต้องการ กระบวนการกลึงแต่ง (machining) สามารถจำแนกชนิดเครื่องจักรและรูปแบบการตกแต่งรูปทรงที่สำคัญ ได้แก่

- 1) การตัด (cutting) ซึ่งสามารถจำแนกเป็นใบตัดแบบแผ่นจานกลมหมุน (cutting wheel) และแบบใบเลื่อย (hack-saw)
- 2) การเจาะ (drilling) ประกอบด้วยการใช้หัวสว่านหมุนเจาะให้เกิดรู
- 3) การคว้าน (boring) คือ การขยายขนาดรูที่เกิดจากการเจาะให้ใหญ่ขึ้นด้วยหัวคว้าน ซึ่งมีการใช้งานคล้ายหัวสว่าน เพียงแต่มีคมอยู่ด้านข้าง ต่างจากหัวเจาะที่มีคมอยู่ด้านปลาย
- 4) การกลึง (turning) คือ การหมุนชิ้นส่วนด้วยความเร็ว และใช้มีดกลึงเคลื่อนที่เข้าสัมผัสชิ้นงานที่ถูกหมุน แรงจากการสัมผัส ชูด หรือสะกิด ทำให้ผิวของชิ้นงานถูกลอกออกตามแนวเส้นรอบวงของแนวหมุน
- 5) การกัด (milling) คือ การใช้การหมุนของมีดกลึงที่มีผิวหน้ากว้างขึ้น สะกิดหรือชูดผิวที่ขรุขระของชิ้นงานให้เรียบเสมอกัน
- 6) การทำเกลียว กัดเกลียว หรือที่ภาษาพูด เรียกว่า การต๊าบเกลียว (tapping) คือการทำเกลียวทั้งเกลียวนอกและเกลียวใน จากการกัดรูที่ถูกเจาะ และคว้านจนได้ขนาดในการทำเกลียว สามารถทำการกัดผิวด้วยแรงทางกลจากแม่พิมพ์เกลียวด้วยมือ จากเครื่องจักรกัดเกลียว หรือใช้การหมุนพร้อมเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งของมีดกลึงในระบบเครื่องกลึงสำหรับการทำเกลียวได้เช่นกัน
- 7) การเจียรระไน (grinding) อาจนับเป็นหนึ่งในกระบวนการกลึงแต่งหรือไม่ก็ได้ เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ไม่ละเอียดและไม่มีผลต่อขนาด มิติ และความคลาดเคลื่อนมากนัก โดยเป็นเพียงการใช้หินเจียรหรือใบเจียรที่มีผิวหยาบ ชัด ภู หรือเสียดสีบริเวณที่ต้องการลดหรือลบออก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผิวที่ถูกขัดสีมีขนาดหรือความหนาถูกต้องตามต้องการ ได้เครื่องเจียรสามารถประยุกต์ใช้ในงานขัดที่ละเอียดมากขึ้นจนถึงขั้นปิดเงา

3.2.2.4 การศึกษาลักษณะการใช้งาน

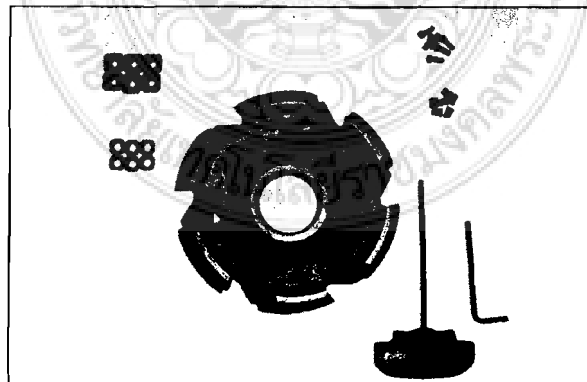
ในการศึกษาลักษณะการใช้งานในส่วนนี้จะทำการศึกษาในเรื่องการประกอบแผ่นมีด โดยศึกษาด้านการเคลื่อนไหวและเวลา ในการประกอบแผ่นมีดของแต่ละตราผลิตภัณฑ์ ซึ่งใช้หลักทฤษฎีการเคลื่อนที่ขั้นมูลฐานของมือซ้ายและขวา ทดลองและบันทึกข้อมูลในแผนภูมิการทำงานสองมือ (Two-handed Process Chart) ความจริงเป็นกระบวนการผลิตของกลุ่มนั่นเองเพราะเป็นการบันทึกการทำงานของมือซ้ายและมือขวา เปรียบเสมือนการทำงานของคน 2 คน บันทึกการ

ทำงานที่เกิดขึ้นในขณะเดียวกัน เทคนิคการบันทึกจึงสามารถใช้เทคนิคแนวทางเดียวกันของ แผนภูมิกระบวนการผลิตของกลุ่ม โดยพิจารณาการทำงานของมือซ้าย ทำการบันทึกขั้นตอนการทำงานเสมือนหนึ่งว่าไม่เห็นมือขวา ให้ดำเนินการกับมือขวาในทำนองเดียวกัน จากนั้นจัดความสัมพันธ์ของการทำงานทั้งสองมือ สำหรับแผนภูมิการเก็บข้อมูลการจับเวลาแสดงไว้ใน ภาคผนวก

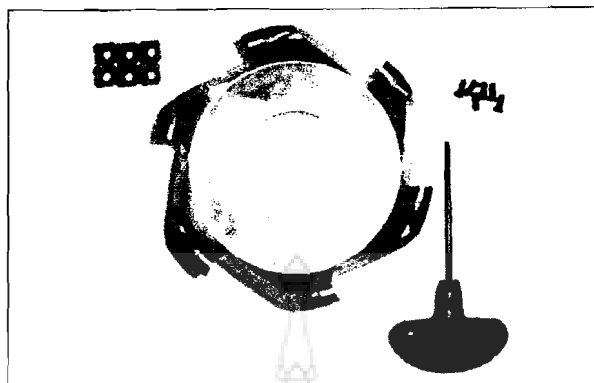
หลักการจดบันทึกการทำงานของมือทั้งสอง โดยการใช้แผนภูมิสองมือ

- 1) ศึกษาวัฏจักรของการทำงานให้เข้าใจก่อนลงมือบันทึกข้อมูล
- 2) บันทึกการทำงานของมือข้างใดข้างหนึ่งเพียงข้างเดียวก่อนเสร็จแล้วจึงค่อยบันทึกการทำงานของมืออีกข้างหนึ่ง
- 3) ไม่ใช่สัญลักษณ์สองตัวในเวลาเดียวกัน
- 4) การเริ่มต้นจดบันทึกเริ่มที่เมื่อเริ่มหยิบงานชิ้นใหม่ โดยเริ่มที่มือซ้ายก่อน
- 5) บันทึกการกระทำของมือทั้งสองในแถว หรือระดับเดียวกัน เมื่อการกระทำนั้นเกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน
- 6) การทำงานของมือทั้งสองที่ไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกันซึ่งต้องจดบันทึกต่างระดับกันตามลำดับที่เกิดขึ้นก่อนหลัง
- 7) บันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตามความเป็นจริง

ในการประกอบแผ่นมีดเข้ากับอุปกรณ์จับยึดผู้จัดทำได้วางอุปกรณ์ไว้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 3.32 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์หัวกัศตราผลิตภัณฑ์ A



ภาพที่ 3.33 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์หัวกัดตราผลิตภัณฑ์ B



ภาพที่ 3.34 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์หัวกัดตราผลิตภัณฑ์ C

3.2.2.5 วิเคราะห์ข้อมูลด้านการออกแบบ

ในการศึกษาข้อมูลด้านการออกแบบ ทั้งด้านวัสดุทำหัวกัด การร่างแบบและการกำหนดขนาด กรรมวิธีการผลิตหัวกัด และลักษณะการใช้งานนั้น สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

1) การเลือกวัสดุสำหรับผลิตหัวกัดนั้นจำเป็นต้องเลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติทนต่อแรงกระแทกได้ดี ซึ่งเหล็กที่มีคุณสมบัติดังกล่าวได้แก่ เหล็ก Nickel-Chromium-Molybdenum (Ni-Cr-Mo) เป็นต้น

2) การศึกษารูปร่าง รูปทรงเรขาคณิตของหัวกัดปาดผิวหน้าโดยการร่างแบบและกำหนดขนาดนั้นพบว่าลักษณะการออกแบบหัวกัดเป็นแบบระยะฟันถี่ (-M) ซึ่งเหมาะสำหรับงานกัดทั่วไปและการผลิตแบบผสมในที่นี้หัวกัดมีจำนวนคมตัด 6 คมตัด มีมุมเข้างานแบบ 45° ซึ่งเป็นตัวเลือกแรกสำหรับการทำงานทั่วไป สามารถลดการสะท้อนในงานกัดที่มีระยะยื่นยาวได้และเศษมีลักษณะบางซึ่งสามารถเพิ่มผลผลิตได้

3) ขนาดในส่วนอื่นๆของหัวกัดพบว่าหัวกัดตราผลิตภัณฑ์ A มีขนาดที่แตกต่างจากหัวกัดตราผลิตภัณฑ์อื่นมากกว่า ขนาดดังกล่าวนี้จะมีผลต่อการขึ้นรูปด้วยกระบวนการ Machining ได้แก่ การตัด (cutting) การเจาะ (drilling) การคว้าน (boring) การกลึง (turning) การกัด (milling) การทำเกลียว กัดเกลียว หรือที่ภาษาพูดเรียกว่า การต๊าบเกลียว (tapping) คือ การทำเกลียวทั้งเกลียวนอกและเกลียวใน จากการกัดรูที่ถูกเจาะ และคว้านจนได้ขนาดในการทำเกลียวและ การเจียรระไน (grinding) เป็นต้น ซึ่งจะมีขั้นตอนที่มากกว่าหัวกัดตราผลิตภัณฑ์อื่นๆ

4) มาตรฐานหัวกัดที่เลือกเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบ

5) รูปทรงแผ่นมีดที่ใช้งานร่วมกับหัวกัดแต่ละตราผลิตภัณฑ์ ได้แก่รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส (ทรง S) ซึ่งเป็นรูปทรงที่มีขนาดที่ไม่ซับซ้อนมากนัก

6) เวลาในการประกอบแผ่นมีดของหัวกัดตราผลิตภัณฑ์ A และ C มีแผ่นรองแผ่นมีด (แผ่น Shim) ทำให้เวลาในการประกอบแผ่นมีดใช้เวลามากกว่า หัวกัดตราผลิตภัณฑ์ B

3.2.3 ศึกษาการตัดเฉือนโลหะ

3.2.3.1 แรงและกำลังงานในงานตัดเฉือน

จากการศึกษาแรงและกำลังงาน ในงานตัดเฉือน (Forces and Power in Cutting Operation) สำหรับงานกัดผิวราบหรือกัดปาดหน้าของหัวกัดแต่ละตราผลิตภัณฑ์ ซึ่งมาตรฐานการตัดเฉือนของแผ่นมีดแต่ละตราผลิตภัณฑ์บางตัวได้จากข้อมูลผู้ผลิต ซึ่งแสดงตามตารางที่ 3.27 ดังนี้

ตารางที่ 3.27 มาตรฐานการตัดเฉือนของแผ่นมีดแต่ละตราผลิตภัณฑ์ (Cutting conditions)

มาตรฐานการตัดเฉือน	หัวกัด (D = 125 mm)		
	ตราผลิตภัณฑ์ A	ตราผลิตภัณฑ์ B	ตราผลิตภัณฑ์ C
แผ่นมีด(Insert)	R245-12 T3 M-PM	SEEX 1204AFTN-M14	SECT1404AEENLD2
จำนวนคมตัด (z_p)	6 teeth	6 teeth	6 teeth
วัสดุชิ้นงาน (Material)	S50C (HB = 200)	S50C (HB = 200)	S50C (HB = 200)
ระยะกินลึกแนวแกน (a_p)	131.25 mm.	131 mm.	132 mm.
ระยะกินลึก (d)	6 mm.	6 mm.	6 mm.
มุมเข้างาน (k_r)	45°	45°	45°
อัตราป้อน/คมตัด (f_z)	0.21 mm.	0.25 mm.	0.21 mm.
ความเร็วตัด (V_c)	250 m/min	150 m/min	180 m/min
มุมคายเศษ (β)	23°	17°	17°

จากข้อมูลมาตรฐานการตัดเฉือนข้างต้นจากผู้ผลิตสามารถนำค่ามาคำนวณได้ดังนี้

1) หัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ A

ก. หาแรงเฉือน (F_s)

จากสมการหามุมเฉือน $\tan \alpha = \frac{r_a \cos \beta}{1 - r_a \sin \beta} ; r_a = \frac{t_1}{t_2}$

$$r_a = \frac{0.0083}{0.0239} = 0.3472$$

$$\tan \alpha = \frac{0.3472(\cos 23^\circ)}{1 - 0.3472(\sin 23^\circ)}$$

$$= \frac{0.3472(0.9205)}{1 - 0.3472(0.3907)}$$

$$= 0.3698$$

$$\alpha = 20.29^\circ$$

หาความยาวในการเฉือน $L_s = \frac{t_1}{\sin \alpha} = \frac{0.0083}{\sin 20.29^\circ}$

$$= 0.0239 \text{ in.}$$

หาพื้นที่เฉือน

$$A_s = L_s \times d$$

$$= 0.0239 \times 0.2362$$

$$= 0.005 \text{ in.}^2$$

ดังนั้น

$$F_{sA} = S_s \times A_{st}$$

$$= 27,000 \times 0.005$$

$$= 135 \text{ lb}$$

ข. หาอัตราป้อนชิ้นงาน (f_m)

$$f_m = \frac{\text{feed}}{\text{tooth}} \times \frac{\text{number of teeth}}{\text{rev}} \times \text{rpm}$$

เมื่อ

$$\text{rpm} = \frac{12 V_c}{\pi D} = \frac{12 \times 820}{3.14 \times 4.92} = 636$$

ดังนั้น

$$f_m = 0.0083 \times 6 \times 636$$

$$= 31.6728 \text{ in./min}$$

ค. อัตราปริมาตรการตัด (R_{vm})

$$R_{vm} = f \times d \times w = 31.6728 \times 0.2362 \times 5.1673$$

$$= 38.6572 \text{ in}^3/\text{min}$$

ง. Torque (T) ใช้ค่าจากตารางที่ 2-1 ในบทที่ 2
จากตารางที่ 2-1 ความแข็ง 200 Bhn จะได้ $U_p = 0.79 \text{ hp/in}^3/\text{min}$

$$\begin{aligned} \text{hp} &= U_p \times R_{vm} \\ &= 0.79 \times 38.6572 \\ &= 30.539 \text{ horsepower} \\ T &= \frac{\text{hp} \times 63,025}{\text{rpm}} = \frac{30.539 \times 63,025}{636} \\ &= 3026.29 \text{ lb-in.} \end{aligned}$$

จ. แรงตัด (F_c)

$$\begin{aligned} F_c &= \frac{T}{D/2} = \frac{3026.29}{4.92/2} = 1230.20 \text{ lb} \\ \text{หรือหาได้จากสมการ} \quad F_c &= \frac{\text{hp} \times 33,000}{V_c} = \frac{30.539 \times 33,000}{820} = 1229 \text{ lb} \end{aligned}$$

2) หัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ B

ก. หาแรงเฉือน

จากสมการ

$$\begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{r_a \cos \beta}{1 - r_a \sin \beta} ; r_a = \frac{t_1}{t_2} \\ r_a &= \frac{0.0098}{0.0208} = 0.4711 \\ \tan \alpha &= \frac{0.4711(\cos 17^\circ)}{1 - 0.4711(\sin 17^\circ)} \\ &= \frac{0.4711(0.9563)}{1 - 0.4711(0.2924)} \\ &= 0.52 \end{aligned}$$

$$\alpha = 27.60^\circ$$

หาความยาวในการเฉือน $L_s = \frac{t_1}{\sin \alpha} = \frac{0.0098}{\sin 17^\circ} = 0.0212 \text{ in.}$

หาพื้นที่เฉือน

$$\begin{aligned} A_s &= L_s \times d \\ &= 0.212 \times 0.2362 \\ &= 0.005 \text{ in.}^2 \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$F_{sB} = S_s \times A_{st}$$

$$= 27,000 \times 0.005$$

$$= 135 \text{ lb}$$

ข. หาค่าอัตราป้อนชิ้นงาน (f_m)

$$f_m = \frac{\text{feed}}{\text{tooth}} \times \frac{\text{number of teeth}}{\text{rev}} \times \text{rpm}$$

เมื่อ

$$\text{rpm} = \frac{12V_c}{\pi D} = \frac{12 \times 492}{3.14 \times 4.92} = 382$$

ดังนั้น

$$f_m = 0.0098 \times 6 \times 382 \\ = 22.4616 \text{ in./min}$$

ค. อัตราปริมาตรการตัด (R_{vm})

$$R_{vm} = f \times d \times w = 22.4616 \times 0.2362 \times 5.1574 \\ = 27.3622 \text{ in}^3/\text{min}$$

ง. Torque (T) ใช้ค่าจากตารางที่ 2-1 ในบทที่ 2 จากตารางที่ 2-1 ความแข็ง 200 Bhn จะได้ $U_p = 0.79 \text{ hp/in}^3/\text{min}$

$$\text{hp} = U_p \times R_{vm} \\ = 0.79 \times 27.3622 \\ = 21.616 \text{ horsepower} \\ T = \frac{\text{hp} \times 63,025}{\text{rpm}} = \frac{21.616 \times 63,025}{382} \\ = 3566.36 \text{ lb-in.}$$

จ. แรงตัด (F_c)

$$F_c = \frac{T}{D/2} = \frac{3566.36}{4.92/2} = 1449.74 \text{ lb}$$

หรือ

$$F_c = \frac{\text{hp} \times 33,000}{V_c} = \frac{21.616 \times 33,000}{492} = 1449.85 \text{ lb}$$

3) หัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ C

ก. หาแรงเฉือน

จากสมการ

$$\tan \alpha = \frac{r_a \cos \beta}{1 - r_a \sin \beta} ; r_a = \frac{t_1}{t_2}$$

$$r_a = \frac{0.0083}{0.0176} = 0.4716$$

$$\tan \alpha = \frac{0.4716(\cos 17^\circ)}{1 - 0.4716(\sin 17^\circ)}$$

$$= \frac{0.4716(0.9563)}{1 - 0.4716(0.2924)}$$

$$= 0.5231$$

$$\alpha = 27.62^\circ$$

หาความยาวในการเลื่อน

$$L_s = \frac{t_i}{\sin \alpha} = \frac{0.0083}{\sin 27.62^\circ}$$

$$= 0.0179 \text{ in.}$$

หาพื้นที่เลื่อน

$$A_s = L_s \times d$$

$$= 0.0179 \times 0.2362$$

$$= 0.004 \text{ in.}^2$$

ค้ำนั้น

$$F_{sc} = S_s \times A_{st}$$

$$= 27,000 \times 0.004$$

$$= 108 \text{ lb}$$

ข. หาอัตราป้อนชิ้นงาน (f_m)

$$f_m = \frac{\text{feed}}{\text{tooth}} \times \frac{\text{number of teeth}}{\text{rev}} \times \text{rpm}$$

เมื่อ

$$\text{rpm} = \frac{12V_c}{\pi D} = \frac{12 \times 590.4}{3.14 \times 4.92} = 459$$

ค้ำนั้น

$$f_m = 0.0083 \times 6 \times 459$$

$$= 22.8582 \text{ in./min}$$

ค. อัตราปริมาตรการตัด (R_{vm})

$$R_{vm} = f \times d \times w = 22.8582 \times 0.2362 \times 5.1968$$

$$= 28.0581 \text{ in}^3/\text{min}$$

ง. Torque (T) ใช้ค่าจากตารางที่ 2-1 ในบทที่ 2

จากตารางที่ 2-1 ความแข็ง 200 Bhn จะได้ $U_p = 0.79 \text{ hp/in}^3/\text{min}$

$$\text{hp} = U_p \times R_{vm}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.79 \times 28.0581 \\
 &= 22.166 \text{ horsepower} \\
 T &= \frac{\text{hp} \times 63,025}{\text{rpm}} = \frac{22.166 \times 63,025}{459} \\
 &= 3043.60 \text{ lb-in.}
 \end{aligned}$$

จ. แรงตัด (F_c)

$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{T}{D/2} = \frac{3043.60}{4.92/2} = 1237.24 \text{ lb} \\
 \text{หรือ} \quad F_c &= \frac{\text{hp} \times 33,000}{V_c} = \frac{22.166 \times 33,000}{590.4} = 1238 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

3.2.3.2 วิเคราะห์ข้อมูลการตัดเดือนโลหะ

เมื่อนำค่ามาตรฐานการตัดเดือนของแผ่นมีดแต่ละตราผลิตภัณฑ์ (Cutting conditions) มาคำนวณพบว่าหัวกัดตราผลิตภัณฑ์ A ใช้แรงในการเดือนเท่ากับกับหัวกัดตราผลิตภัณฑ์ B ได้ค่าเท่ากับ 135 lb มากกว่าหัวกัดตราผลิตภัณฑ์ C ซึ่งได้ค่าเท่ากับ 108 lb กำลังงานที่เกิดขึ้นขณะตัดเดือนหัวกัดตราผลิตภัณฑ์ A ได้ค่ามากที่สุด คือ 30.539 hp ส่วนหัวกัดตราผลิตภัณฑ์ B และ C ได้ค่าใกล้เคียงกัน คือ 21.616 hp และ 22.166 hp ตามลำดับ แรงตัดที่เกิดขึ้นหัวกัดตราผลิตภัณฑ์ A ใช้แรงตัดน้อยสุด คือ 1230 lb และหัวกัดตราผลิตภัณฑ์ C และ B ใช้แรงตัด 1238 lb และ 1450 lb ตามลำดับ จากการวิเคราะห์แรงในการตัดพบว่าหัวกัดตราผลิตภัณฑ์ A ใช้แรงในการตัดเดือนน้อยที่สุด

3.2.4 กำหนดแผนการทดลอง

การกำหนดแผนการทดลองเป็นการวางแผนขั้นตอนการทำงานว่าขั้นตอนไหนควรจะทำก่อนหรือทำหลังเพื่อความรวดเร็วในการทำงาน และมีประสิทธิภาพ ในบางขั้นตอนอาจจะทำพร้อมกันได้เพื่อประหยัดเวลาในการทำงานได้มากขึ้น

3.2.4.1 ตรวจสอบขนาดรูปทรงเรขาคณิต

จากการศึกษาการกำหนดขนาดและการร่างแบบทำการตรวจสอบขนาดต่างๆของหัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ A หัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ B และหัวกัดปาดผิวราบตราผลิตภัณฑ์ C ด้วยเครื่องมือวัด ได้แก่ Profile Projector ความละเอียด 1.00 μm เวอร์เนียวัดไซเกจ

Measuring Microscope ความละเอียด $0.10 \mu\text{m}$ เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ความละเอียด 0.05 มิลลิเมตร
 ไบวัตมุม (Bevel Protractor) บรรทัดวัดมุมสากล (Universal Bevel Protractor) เกจวัดรัศมีขนาด
 1.00 – 7.00 มิลลิเมตร เป็นต้น

3.2.4.2 ตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี

ตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของหัวกัดที่นำเข้าตราผลิตภัณฑ์ A ตราผลิตภัณฑ์ B และ
 ตราผลิตภัณฑ์ C โดยวิธีอิมิชชันสเปกโทรเมทรี (Emission Spectrometry) โดยการนำส่วนผสมทาง
 เคมีที่ได้จากการตรวจสอบมาเทียบกับตารางมาตรฐานเกรดเหล็กเพื่อหาชนิดของวัสดุที่ทำหัวกัดว่า
 ทำมาจากเหล็กเกรดอะไร เทียบกับมาตรฐานอะไร



ภาพที่ 3.35 แสดงจุดที่ทำการทดสอบส่วนผสมทางเคมีหัวกัดปาดผิวราบ



ภาพที่ 3.36 เครื่องสเปกโทรมิเตอร์ (Spectrometer)

3.2.4.3 ทดสอบความแข็ง

ทดสอบความแข็งของหัวกัดที่นำเข้าตราผลิตภัณฑ์ A หัวกัดที่นำเข้าตราผลิตภัณฑ์ B และ หัวกัดที่นำเข้าตราผลิตภัณฑ์ C ด้วยการวัดความแข็งแบบรอกเวลล์สเกลซี (HRC) ซึ่งเหมาะกับเหล็กกล้าชุบแข็งทั้งชิ้นและผิวแข็งและสามารถอ่านค่าความแข็งของโลหะจากเครื่องวัดได้ทันที โดยไม่ต้องมีการคำนวณภายหลังการทดสอบซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

1) วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

ก. เครื่อง Macro Hardness Tester

ข. ชิ้นงานทดสอบ (หัวกัด A หัวกัด B และ หัวกัด C)

2) ขั้นตอนการทดสอบความแข็งแบบรอกเวลล์

ก. เปิดเครื่องทดสอบความแข็ง

ข. ปรับให้เหมาะสมกับการวัดความแข็งแต่ละแบบ

ค. ปรับน้ำหนักให้เหมาะสมกับการวัดความแข็งแต่ละแบบ

ง. นำชิ้นงานทดสอบวางในตำแหน่งการวัด

จ. ปรับหมุนฐานวางชิ้นงานทดสอบตามเข็มนาฬิกาเพื่อกำหนด Pre Load ในการวัดจนไฟที่ปรากฏของ Pre Load เต็มช่องทั้งหมด (ประมาณ 360 - 370)

ฉ. แสดงค่าความแข็งผิวที่ได้จากการวัด



ภาพที่ 3.37 แสดงจุดที่ทำการกดวัดความแข็ง

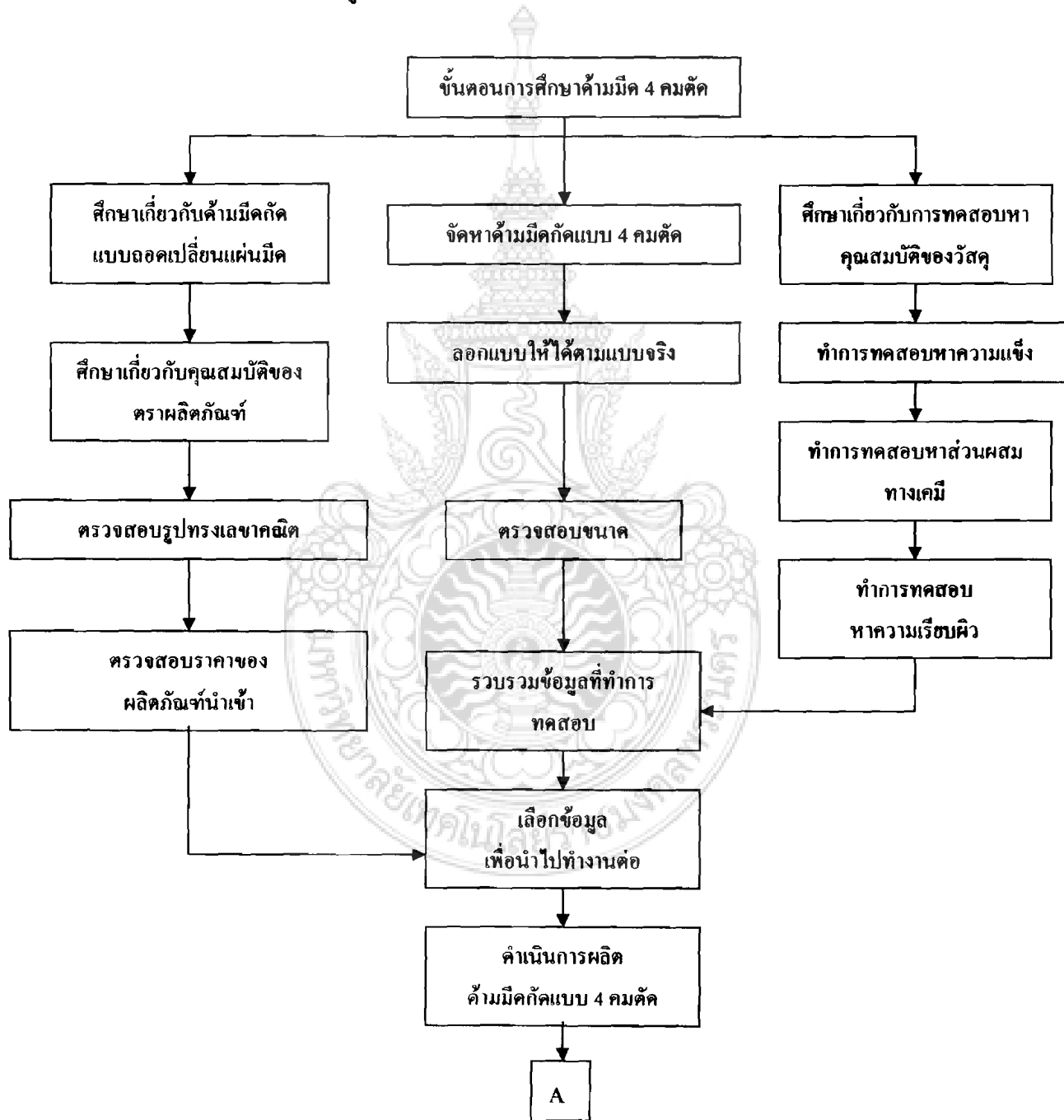


ภาพที่ 3.38 แสดงการวัดค่าความแข็งด้วย เครื่อง Macro Hardness Tester

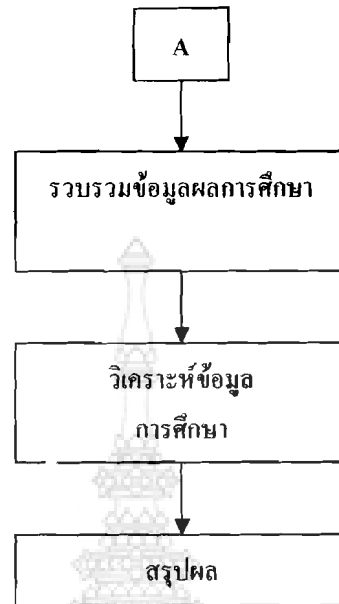


3.3 ศึกษาด้ามมีดกัด 4 คมตัด

การวิจัยเพื่อศึกษาเชิงวิศวกรรมย้อนรอยและการผลิตด้ามมีดกัด มีวิธีการดำเนินงาน โดยกำหนดแผนงานตามแผนภูมิที่แสดงขั้นตอนการทำงานจนกระทั่งสำเร็จดังภาพที่ 3.39



ภาพที่ 3.39 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน



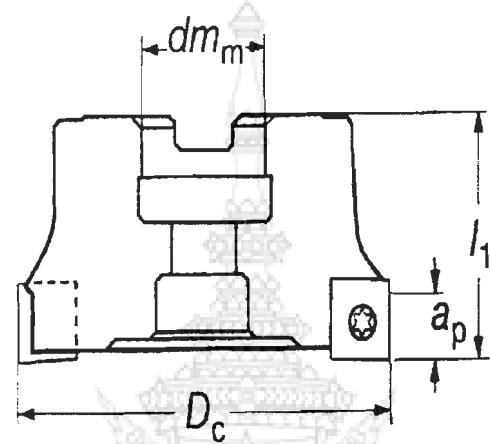
ภาพที่ 3.39 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน (ต่อ)

หลังจากทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับค้ำมิมัดกั๊ดแบบถอดเปลี่ยน แผ่นมิดแล้วจากนั้นทำการเปรียบเทียบคุณลักษณะของค้ำมิมัดกั๊ดของแต่ละตราผลิตภัณฑ์ โดยการเลือกตราผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมเพื่อนำมาเปรียบเทียบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์นำเข้าและผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมาใหม่เป็นค้ำมิมัดกั๊ด(Arbor) ขนาด 4 ซมตัด สามารถใช้งานด้วยภาระที่เทียบเท่ากับงานกลึง ในด้านแรงตัด และกำลังงาน ในด้านต่าง ๆ โดยการออกแบบและผลิต ออกแบบการทดลอง บันทึกผลการทดลอง ทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง โดยใช้แผ่นมิดตัดที่ขนาดเดียวกันกับค้ำมิมัดกั๊ดต้นแบบ

3.3.1 ศึกษาเกี่ยวกับค้ำมิมัดกั๊ดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมิด

ทำการศึกษาสมบัติของค้ำมิมัดกั๊ดของแต่ละตราผลิตภัณฑ์เพื่อนำมาวิเคราะห์หาข้อมูลนำมาประกอบการออกแบบค้ำมิมัดกั๊ดแบบ โดยทำการตรวจสอบรูปทรงเรขาคณิตและเปรียบเทียบขนาดของค้ำมิมัดกั๊ดแต่ละชุดเพื่อให้รู้ถึง ขนาด รูปแบบ ของผลิตภัณฑ์ในแต่ละตราผลิตภัณฑ์ แผ่นมิดที่ใช้สำหรับค้ำมิมัดกั๊ดของแต่ละตราผลิตภัณฑ์ โดยการเปรียบเทียบ ในตารางบันทึกผลแบบเป็นตารางสำหรับขนาดและรูปทรงค้ำมิมัดกั๊ด กับตาราง ที่ใช้เปรียบเทียบขนาดและรูปทรงแผ่นมิด

ตารางที่ 3.28 ตารางแสดงค้ำมมีดกัดตราผลิตภัณ์ Sandvik



D_c (mm)	รหัสสินค้า	จำนวน แผ่นมีด (คมตัด)	dm_m (mm)	L_1 (mm)	N (ความเร็วรอบ สูงสุด)rpm	a_p (mm)
50	R290-050Q22-12M	4	22	40	18400	12
50	R290-050Q22-12H	5	22	40	18400	12
63	R290-063Q22-12L	4	22	40	15900	12

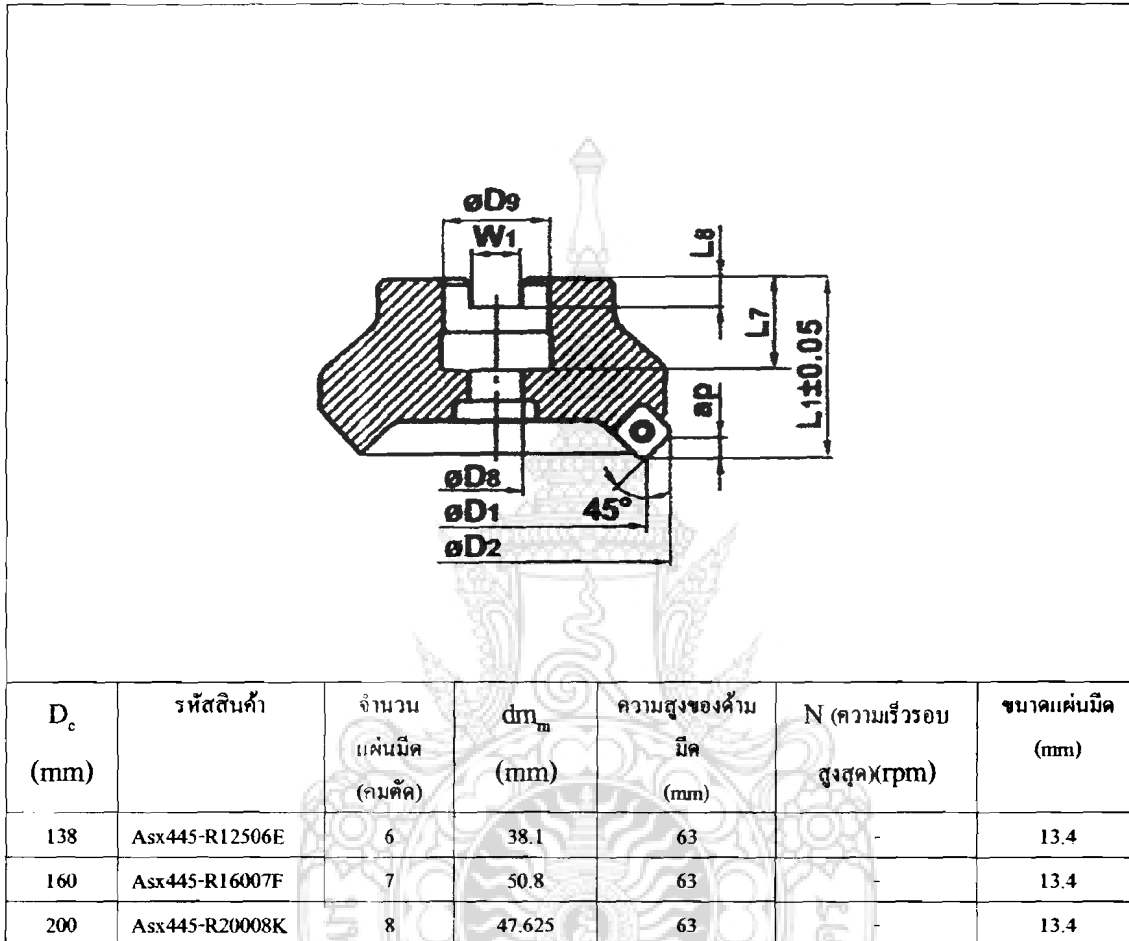
L = ระยะพื้นห่าง ระยะพื้นไม่เท่ากัน

M = ระยะพื้นถี่

H = ระยะพื้นถี่มาก

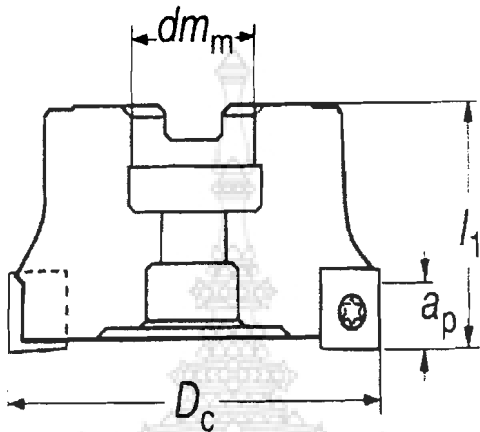
ตารางที่ 3.28 ตารางนี้ ได้แสดงถึงขนาดของค้ำมมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดของตราผลิตภัณ์ Sandvik ซึ่งมีขนาดของค้ำมมีดในช่วง 50-63 มม. และคมตัดมีจำนวน 4-5 คมตัด (แผ่นมีด) มี dm_m เท่ากับ 22 มม. เท่ากัน

ตารางที่ 3.29 ตารางแสดงด้ามมีดกัดตราผลิตภัณฑ์ Mitsubishi



ตารางที่ 3.29 แสดงถึงขนาดและจำนวนแผ่นมีดของตราผลิตภัณฑ์ Mitsubishi โดยมีขนาดตั้งแต่ 138, 160 และ 200 โดยมีจำนวนคมตัด ตั้งแต่ 6, 7 และ 8 คมตัด และมีขนาด dm_m เท่ากับ 63 มม.


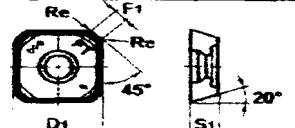
ตารางที่ 3.30 ตาราง เปรียบเทียบขนาดของชุดด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดของแต่ละตรา
ผลิตภัณฑ์



ตราผลิตภัณฑ์	รหัสสินค้า	คม ตัด	D_c (mm)	l_1 (mm)	dm_m (mm)	a_p (mm)	น้ำหนัก (kg)	มุมเข้า งาน
Sandvik	R 290-063Q22-12L	4	63.00	40	22.00	10.70	-	90°
Mitsubishi	Asx445-R12506E	6	138	63	38.1	6	2.9	45°

ตารางที่ 3.30 ได้เปรียบเทียบขนาดและรูปแบบของทั้งสองตราผลิตภัณฑ์ เพื่อนำไปเป็น
ข้อมูลในการตัดสินใจในการศึกษาและออกแบบเพื่อการผลิตต่อไป

ตารางที่ 3.31 เปรียบเทียบขนาดแผ่นมีดกัด (Insert) ของแต่ละตราผลิตภัณฑ์ (ทรง S)

ตรา ผลิตภัณฑ์	รหัสสินค้า	รูปแผ่นมีด	D (mm)	s (mm)	r (mm)	a_p (mm)
Sandvik	R290-12T308M- PL4020		13.20	3.97	0.8	10.7
Mitsubishi	SEMT13T3AGSN- FT		13.4	3.97	-	6

3.3.1.1 ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด

มีรายละเอียดต่างๆดังต่อไปนี้

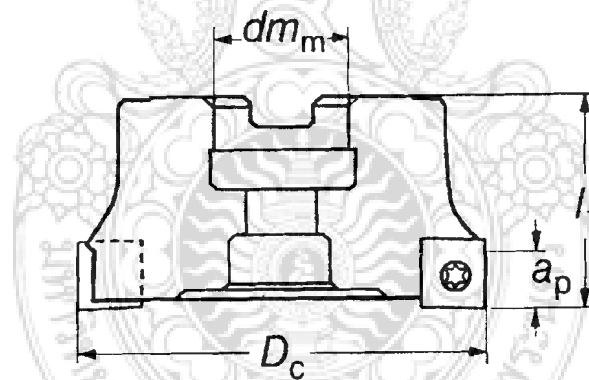
3.3.1.1.1 สํารวจเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบประกอบด้วยการทดสอบรูปทรงเรขาคณิต ด้วย เครื่องโปรไฟล์โปรเจ็คเตอร์ (Profile Projector)

3.3.1.1.2 สํารวจเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ความละเอียด 0.5 และ 0.01 มม ตามลำดับ

3.3.1.1.3 สํารวจเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบที่ใช้ในการทดสอบส่วนผสมทางเคมี ได้แก่ เครื่องมืออิมิสซันสเปกโตรมิเตอร์ (Emission Spectrometer)

3.3.1.1.4 สํารวจเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบที่ใช้ในการทดสอบความเรียบผิว ได้แก่ เครื่องตรวจสอบความหยาบ (Surface Roughness)

3.3.1.2 ศึกษารูปทรงเรขาคณิตของด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดแบบ 4 คมตัด



ภาพที่ 3.40 รูปทรงเรขาคณิตของด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด

dm_m = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

l_t = ความสูงทั้งหมดของด้ามมีดกัด (มม.)

a_p = รัศมีกึ่งปลายของแผ่นมีด (มม.)

D_c = ความกว้างทั้งหมดของด้ามมีดกัด (มม.)

3.3.1.3 ตรวจสอบราคาจำหน่ายของด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด

ผลการตรวจสอบราคาจำหน่ายแสดงตามตารางที่ 3.32

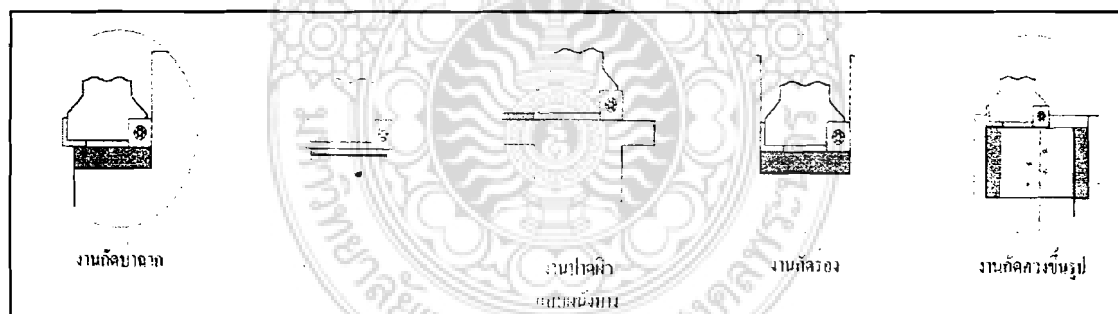
ตารางที่ 3.32 เปรียบเทียบราคาของแต่ละตราผลิตภัณฑ์

ลำดับที่	ตราผลิตภัณฑ์	ราคาค้ามมิดกัด/หน่วย	ราคาแผ่นมิด/หน่วย
1	Sandvik	17,200	5,500
2	Mitsubishi	19,000	8,825.35

ตารางนี้เปรียบเทียบราคาของค้ามมิดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมิดของทั้งสองตราผลิตภัณฑ์

3.3.2 จัดหาค้ามมิดกัดแบบ 4 คมตัด ของตราผลิตภัณฑ์ Sandvik

เมื่อทำการเปรียบเทียบค้ามมิดกัดแล้ว เลือกค้ามมิดกัดตราผลิตภัณฑ์ของ Sandvik เนื่องจากมีความนิยมนำมาใช้ในงานทั่วไป และสะดวกในการจัดหา จึงได้เลือก ค้ามมิดกัดของตราผลิตภัณฑ์ Sandvik รหัส R290-063Q22-12L มีจำนวน 4 แผ่นมิด ลักษณะการใช้งานเหมาะสำหรับงานทั่วไป คือ กัดผิวลาดหน้า งานกัดบ่าฉาก งานกัดผนังบาง งานกัดร่อง และ งานกัดขึ้นรูป มีรูปแบบการทำงานดังในภาพที่ 3.41

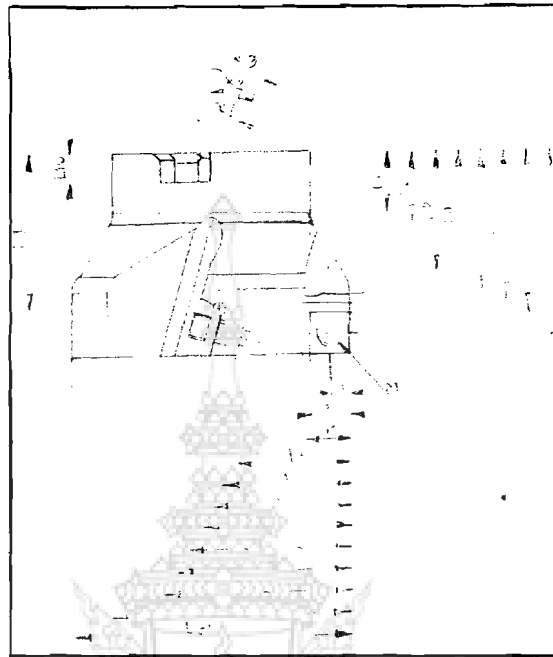


ภาพที่ 3.41 แสดงลักษณะการทำงานของค้ามมิดกัดตราผลิตภัณฑ์ Sandvik

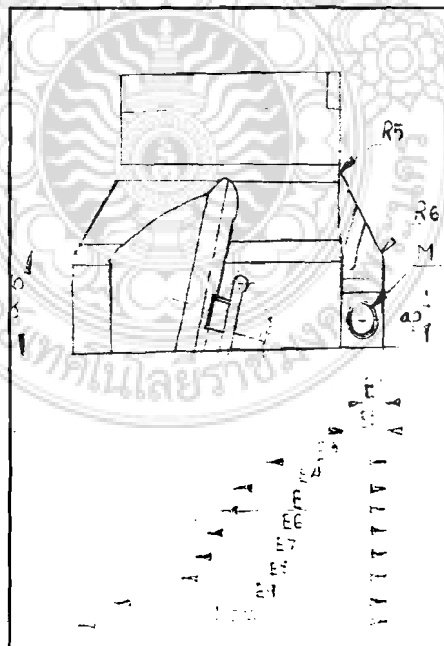
3.3.2.1 ตรวจสอบรูปทรงเลขาคณิตของสินค้านำเข้า

เมื่อจัดเตรียมค้ามมิดแล้ว ตรวจสอบรูปทรงเลขาคณิตให้ได้ขนาดของผลิตภัณฑ์ นำเข้ามาเป็นแนวทางในการออกแบบโดยการร่างแบบ

3.3.2.1.1 เขียนแบบค้ามมิดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมิดของตราผลิตภัณฑ์ Sandvik การร่างแบบโดยอ้างอิงขนาดต่างๆ จากผลการตรวจสอบรูปทรงเลขาคณิตค้ามมิดนำเข้ดังภาพที่ 3.4

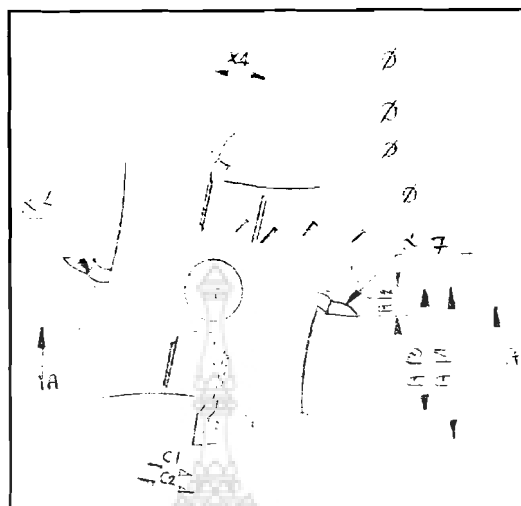


(ก)

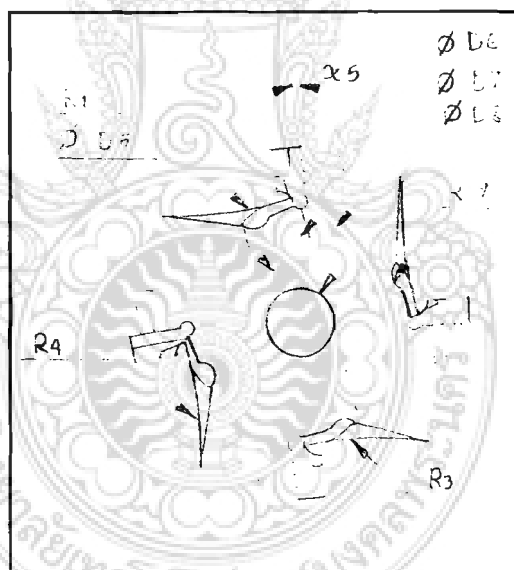


(ข)

ภาพที่ 3.42 แบบแสดงด้านหน้าและด้านบนของด้ามมิดกัตตราผลิตกันซ์ Sandvik



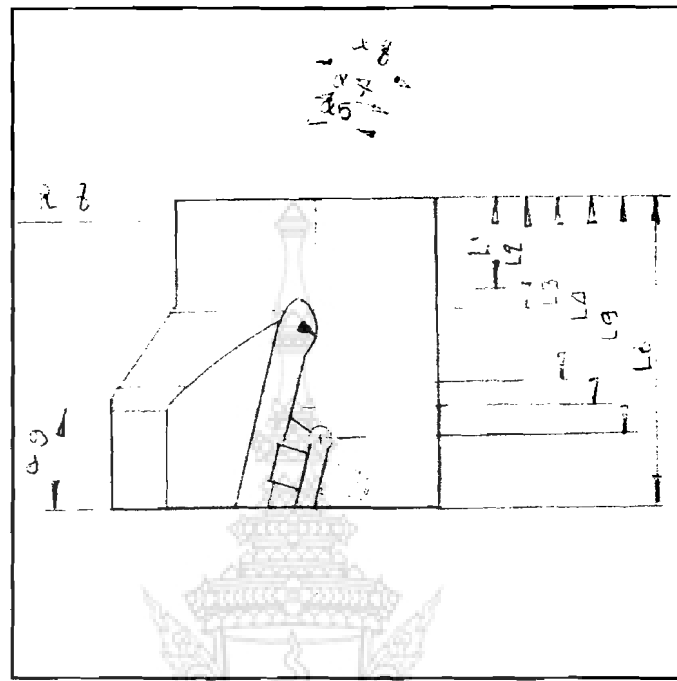
(ก)



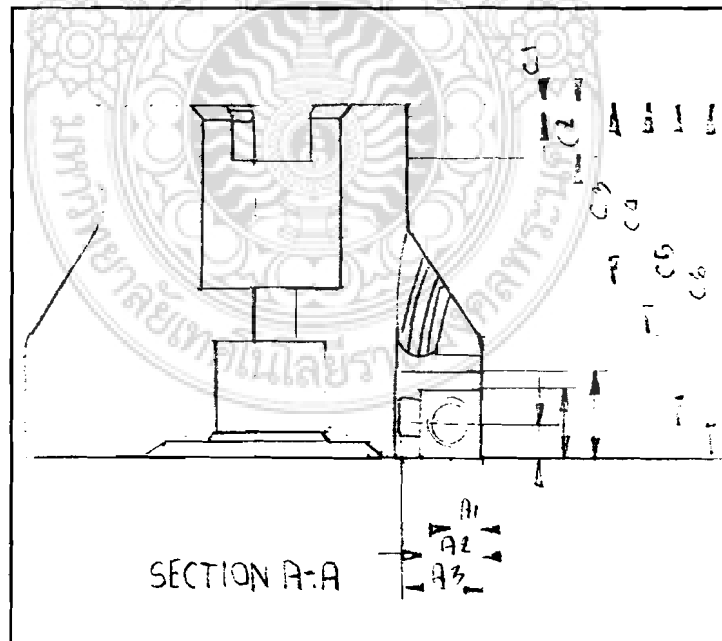
(ง)

ภาพที่ 3.42 แบบแสดงด้านหน้าและด้านบนของด้ามมีดกัดตราผลิตภัณฑ์ Sandvik (ต่อ)

ในภาพที่ 3.42 แสดงให้เห็นด้านต่างๆของชิ้นงาน เช่น ภาพ (ก) แสดงให้เห็นด้านหน้าของด้ามมีดกัดแบบ 4 คมตัด ภาพ (ข) แสดงให้เห็นด้านข้างของด้ามมีดกัดแบบ 4 คมตัด ภาพ (ค) แสดงให้เห็นภาพด้านบนของด้ามมีดกัดแบบ 4 คมตัด และ ภาพ (ง) แสดงให้เห็นภาพด้านล่างของด้ามมีดกัดแบบ 4 คมตัด

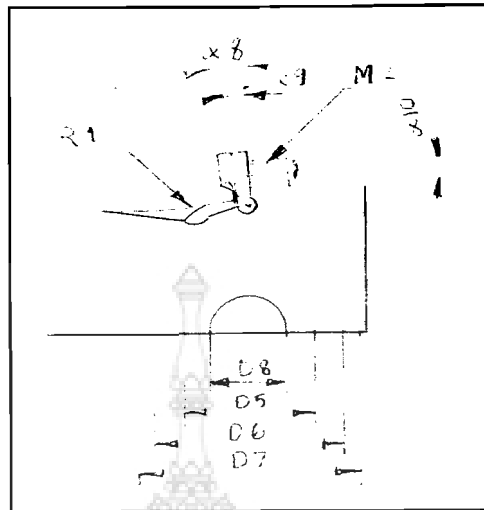


(ก)

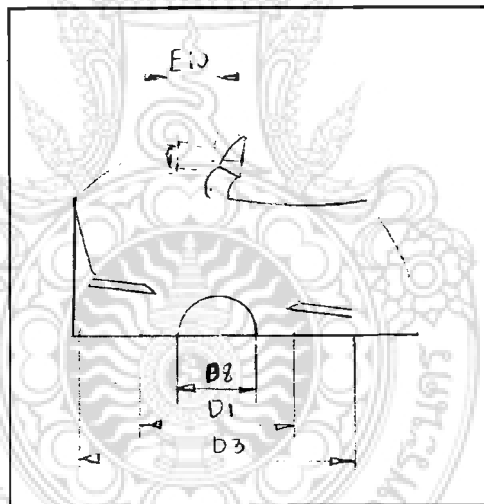


(ข)

ภาพที่ 3.43 แบบแสดงรูคว้านและจุดวางแผ่นมีดของด้ามมีดกัดตราผลิตภัณฑ์ Sandvik



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3.44 แบบแสดงรูคว้านและจุดวางแผ่นมีดของค้ำมีดกัดตราผลิตภัณฑ์ Sandvik (ต่อ)

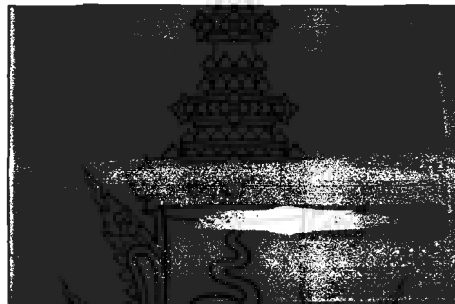
ในภาพที่ 3.44 แสดงให้เห็นรูคว้าน และขนาดต่างๆ เช่น ภาพ (ก) แสดงให้เห็นถึงขนาดและการวางแผ่นมีดมุมเอียงของแผ่นมีด ภาพ (ข) แสดงขนาดแผ่นมีดและความสูง ภาพ (ค) แสดงมุมของแผ่นมีดจากด้านล่างเพื่อให้ได้รู้ตำแหน่งวางแผ่นมีด ภาพ (ง) แสดงรูคว้านและขนาดเส้นรอบวงของค้ำมีดกัดแบบ 4 คมตัด

3.3.2.2 ตรวจสอบขนาด

ทำการตรวจสอบขนาดความกว้าง ความสูงและมุมต่างๆของค้ำมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด โดยมีเครื่องมือวัดดังนี้

3.3.2.2.1 เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Vernier Caliper)

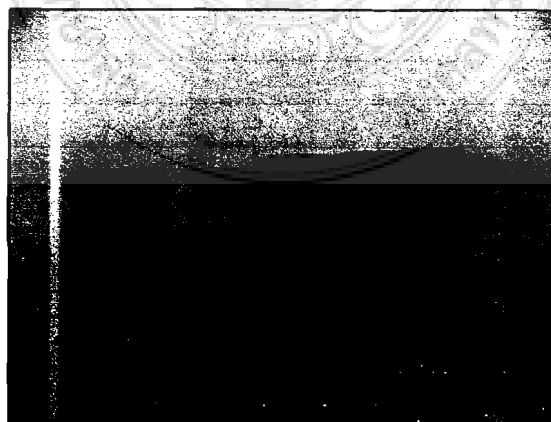
เวอร์เนียคาลิปเปอร์ที่ใช้ในการวัดจะมี 2 แบบคือ เวอร์เนียที่มีความละเอียด 1/20 มม (0.05 มม.) และเวอร์เนียที่มีความละเอียด 1/50 มม. (0.02 มม.)



ภาพที่ 3.45 เวอร์เนียคาลิปเปอร์

3.3.2.2.2 ไมโครมิเตอร์ (Micrometer)

ไมโครมิเตอร์ที่ใช้ในการวัดจะมี 2 แบบ คือ ไมโครมิเตอร์ที่มีความละเอียด 1/100 มม. (0.01 มม.) และ ไมโครมิเตอร์ที่มีความละเอียด 2/1000 (0.002 มม.)

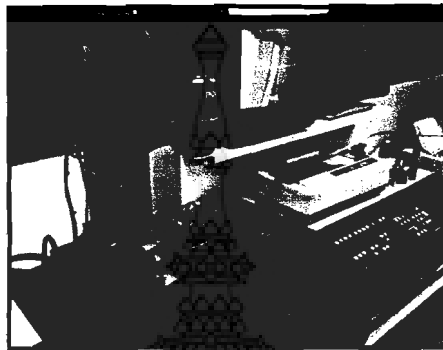


ภาพที่ 3.46 ไมโครมิเตอร์

3.3.2.2.3 เครื่องโปรไฟล์โปรเจคเตอร์ (Profile Projector)

เครื่องโปรไฟล์โปรเจคเตอร์ (Profile Projector) ที่ใช้ในการตรวจวัด

รูปทรงเลขาคณิต



ภาพที่ 3.47 เครื่องโปรไฟล์โปรเจคเตอร์ (Profile Projector)



ภาพที่ 3.48 แสดงการจับยึดชิ้นงานเพื่อหามุมวางแผ่นมีด

3.3.3 ศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบหาสมบัติของวัสดุ

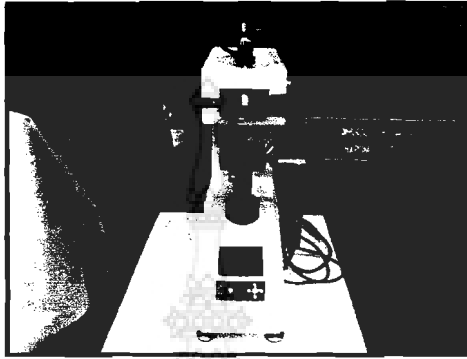
3.3.3.1 การทดสอบหาความแข็งของวัสดุ ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบหาความแข็งของวัสดุ (Hardness Testing) โดยใช้ในการทดสอบความแข็งแบบบริเนลล์ HB (Brinell Hardness)

3.3.3.2 การทดสอบส่วนผสมทางเคมี ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบส่วนผสมทางเคมี โดยใช้เครื่อง Emission Spectrometer

3.3.3.3 การทดสอบความเรียบผิว ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบหาความเรียบผิว ซึ่งใช้ เครื่อง Surface Roughness

3.3.4 ทำการทดสอบความแข็ง

3.3.4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบความแข็งของวัสดุ



ภาพที่ 3.49 เครื่องทดสอบความแข็ง Hardness Testing

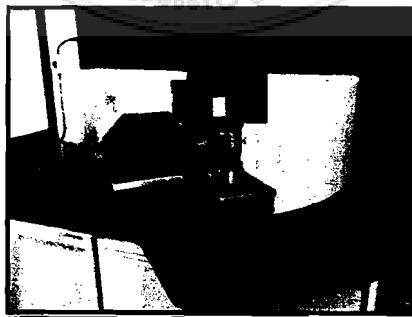
3.3.4.2 วิธีการทดสอบความแข็งของวัสดุ

3.3.4.2.1 เลือกการทดสอบแบบรอกเวลล์ซี HRC (Rockwell C) ซึ่งจะเหมาะกับเหล็กกล้าชุบแข็ง ใช้หัวกดเพชรทรงปิรามิดมุม 120° HRC สแกนใช้แรงกดที่ 150 kgf ความแข็งได้อยู่ระหว่าง 20 – 68 HRC

3.3.4.2.2 ทดสอบความแข็งของวัสดุ เริ่มจากการเตรียมชิ้นงานทำตามตำแหน่งทดสอบบริเวณผิวราบของค้ำมีดกัดกดวัดความแข็งจำนวน 3 จุดต่อผลิตภัณฑ์จากนั้นนำค่าที่ได้หาค่าเฉลี่ย

3.3.5 ตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของวัสดุ

3.3.5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบหาส่วนผสมทางเคมีของวัสดุ



ภาพที่ 3.50 เครื่อง Emission Spectrometer

3.3.5.2 ตรวจสอบหาส่วนผสมทางเคมีของวัสดุ

เริ่มจากขัดผิวชิ้นงานด้วยกระดาษทรายความละเอียดเบอร์ 400 – 800 จากนั้นนำชิ้นงานเข้าทดสอบด้วยการสปาร์คที่ผิวงานจำนวน 3 จุด ตรวจสอบส่วนผสมโดยน้ำหนัก ของธาตุคาร์บอน ซิลิกอน โครเมียม

3.3.6 วิธีการทดสอบหาความเรียบผิว

3.3.6.1 เลือกมาตรฐานการทดสอบ โดยวัด โดยใช้มาตรฐาน ISO' 97 ซึ่งค่าที่ทดสอบออกมาได้จะได้ค่า Ra , Ry , Rz , Rq , Rt , Rp และ Rv ความหยาบของผิวงานมาตรฐานได้มาจากกระบวนการเจียรใน (Grinding)

3.3.6.2 ตรวจสอบความเรียบผิว

หลังจากการทดลองการปาดผิวชิ้นงานด้วยมีดกัดที่เป็นต้นแบบและนำเข้าจากนั้นนำผิวที่ผ่านการกัดมาทำการตรวจสอบความเรียบผิวเป็นช่วงตามความยาววัดจาก 1-900 มม.

3.3.7 รวบรวมข้อมูลที่ทำให้การทดสอบ

3.3.7.1 รวบรวมข้อมูลการทดสอบความแข็ง ที่ได้จากการทดสอบของแต่ละตราผลิตภัณฑ์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการผลิตในขั้นตอนการชุบแข็ง

3.3.7.2 รวบรวมข้อมูลการหาส่วนผสมทางเคมี เพื่อเปรียบเทียบส่วนผสมทางเคมีที่ใกล้เคียงหรือเหมาะที่จะนำไปผลิตด้วยมีดกัดแบบเปลี่ยนแผ่นมีด

3.3.7.3 รวบรวมข้อมูลจากการทดสอบความเรียบผิว ของตราผลิตภัณฑ์นำเข้า

3.3.8 เลือกข้อมูลเพื่อนำไปทำงานต่อ

3.3.8.1 ข้อมูลการออกแบบ นำข้อมูลการออกแบบเพื่อ ไปประกอบในการเขียนแบบด้วยมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดแบบ 4 คมตัด

3.3.8.2 ข้อมูลการทดสอบความแข็ง เพื่อนำข้อมูลในการชุบผิวชิ้นงานที่ผลิตขึ้นมาใหม่ (ต้นแบบ)

3.3.8.3 ข้อมูลการทดสอบหาส่วนผสมทางเคมี เพื่อนำไปเปรียบเทียบหาวัสดุที่มีส่วนผสมทางเคมี ที่ใกล้เคียงหรือชนิดเดียวกันมาผลิตชิ้นงาน

3.3.8.4 ข้อมูลข้อมูลความเรียบผิวเพื่อให้ได้ความเรียบผิวที่ใกล้เคียงหรือเหมาะสมกับการผลิตชิ้นงาน

3.3.9 คำเนิการผลิตด้ามมีดกัดแบบ 4 คมตัด

3.3.9.1 ออกแบบกระบวนการผลิตด้ามมีดกัดแบบถอคเปลี่ยนแผ่นมีดแบบ 4 คมตัด

3.3.9.2 วัสดุที่ใช้ในการผลิต

วัสดุที่ใช้ในการผลิต จะใช้ เหล็ก SNCM 439 ขนาด $\varnothing 65 \times 45$ มม.



ภาพที่ 3.51 วัสดุที่ใช้ทำด้ามมีดกัดแบบถอคเปลี่ยนแผ่นมีดเหล็กกล้า

จากภาพที่ 3.13 แสดงภาพวัสดุที่จะนำมาผลิตด้ามมีดกัดแบบถอคเปลี่ยนแผ่นมีด มี เส้นผ่านศูนย์กลาง $\varnothing 65$ มม. ความยาว 45 มม. มีส่วนผสมทางเคมีดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.33 ตารางแสดงส่วนผสมทางเคมี ของเหล็ก SNCM 439

ชนิดของเหล็ก	ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กที่นำมาผลิต							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
SNCM 439	0.36-	0.15-	0.60-	0.030	0.030	1.60-	0.60-	0.15-
	0.43	0.35	0.90	MAX	MAX	2.00	1.00	0.30

3.3.9.3 เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต

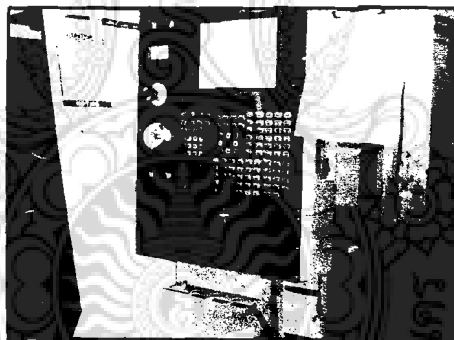
เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตด้ามมีดกัดแบบถอคเปลี่ยนแผ่นมีด มีดังนี้

3.3.9.3.1 เครื่องกลึง CNC ยี่ห้อ HASS AUTOMATION

เป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการกลึงขึ้นรูป ไม้แก่งลึงปอกปาดหน้า เจาะรู คว้าน
รูเจาะร่อง กลึงผิว ไค้งตามแบบเป็นการกลึงแบบเตรียมผลิตจริง (Pre-machining)



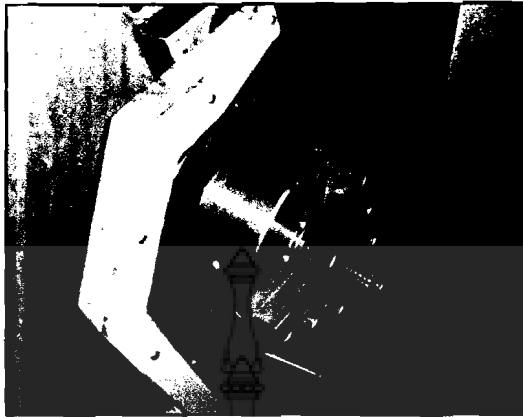
ภาพที่ 3.52 เครื่องกลึง CNC ยี่ห้อ HASS AUTOMATION



ภาพที่ 3.53 แป้นพิมพ์และชุดควบคุมการทำงานอัตโนมัติ



ภาพที่ 3.54 หัวจับ Cutting Tool



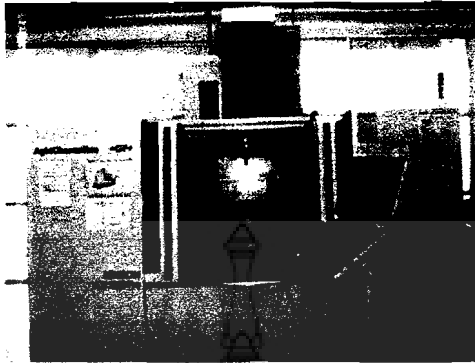
ภาพที่ 3.55 หัวจับชิ้นงาน

3.3.9.3.2 เครื่องกัด CNC MIKRON VCF 1200 Pro มีสเปกเครื่องดังนี้

ตารางที่ 3.34 ตารางแสดงขนาดเครื่องกัด CNC ยี่ห้อ MIKRON VCF 1200 Pro

1. น้ำหนักเครื่อง	8000 kg
2. ขนาดโต๊ะงาน	X 1,220 Y 620 MM
3. งานเคลื่อนที่	X 1,200 Y 600 Z 675 MM
4. น้ำหนักงานสูงสุด	1700 kg
5. ความเร็วรอบ Spindle	14,000 rpm
6. ความเร็วในการตัดเฉือน	35,000 MM / Min
7. ความเร็วในการเคลื่อนที่เร็ว	X,Y 24 M / Min
	Z 20 M / Min
8. ชิ้นงานที่สามารถกัดในแกนที่ 4 ได้	A Ø 250 MM
9. ความละเอียดในการทำงาน	0.010 MM

เป็นเครื่องกัด CNC 4 แกน ใช้สำหรับกัดร่องสำหรับจับยึดแผ่นมคกัดจำนวน 4 คมตัด

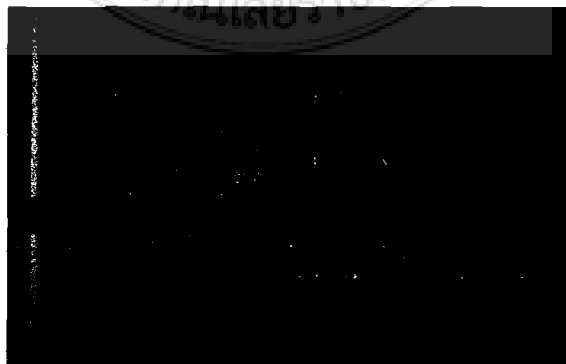


ภาพที่ 3.56 เครื่องกัด CNC ยี่ห้อ MIKRON VCF 1200 Pro

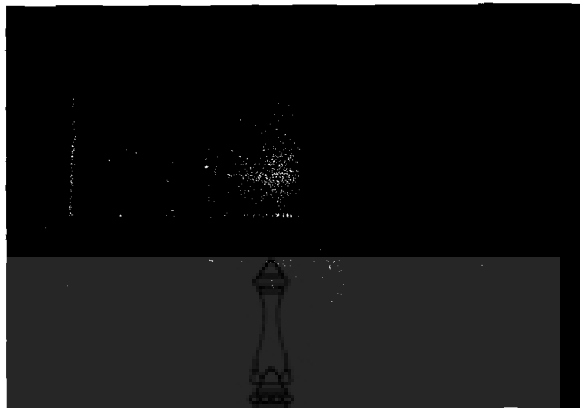


ภาพที่ 3.57 เป็นพิมพ์และระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติ

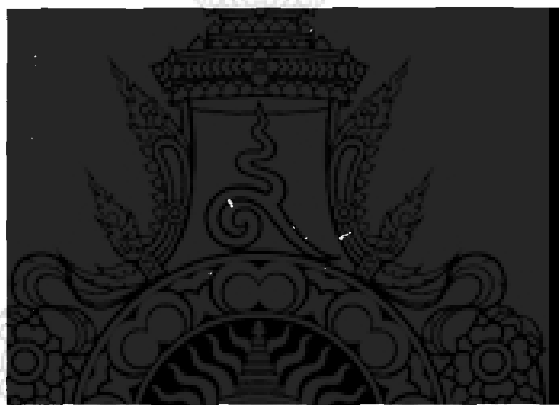
3.3.9.3.3 ทำการผลิตด้วยเครื่องกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด



ภาพที่ 3.58 แสดงการตรวจสอบโปรแกรม G-Code M-Code



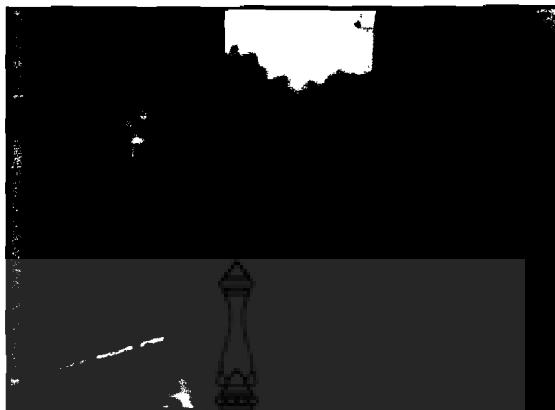
ภาพที่ 3.59 ตรวจสอบโปรแกรมการ G-Code M-Code แต่ละขั้นตอน



ภาพที่ 3.60 จัดทำอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานกัด (Fixture)



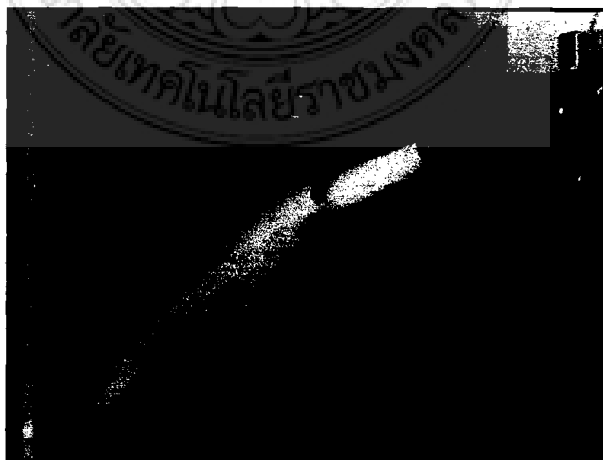
ภาพที่ 3.61 ทดสอบผลิตค้ำมมีดกัดกับวัสดุจำลองก่อนผลิตจริง



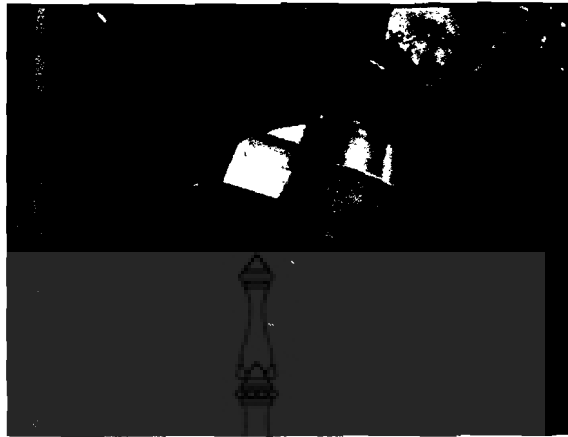
ภาพที่ 3.62 ทดสอบผลิตด้ามมีดตัวอย่างและกำหนดปัญหาเพื่อการแก้ไข



ภาพที่ 3.63 ทดสอบการผลิตในตำแหน่งจับยึดแผ่นมีดและหาแนวทางปรับปรุง



ภาพที่ 3.64 ผลิตชิ้นงานต้นแบบชุดที่ 1



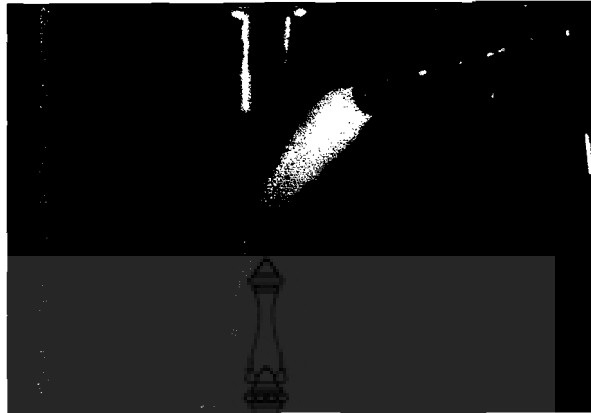
ภาพที่ 3.65 แสดงการกักร่องฟันของหัวกัดสำหรับร่องกัดที่ 1



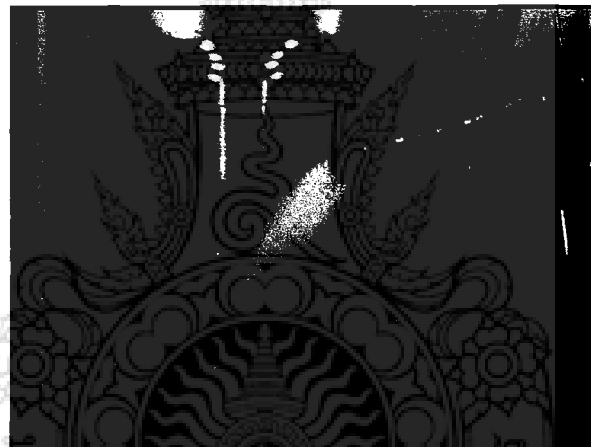
ภาพที่ 3.66 ตรวจสอบกำหนดตำแหน่งแผ่นมีด



ภาพที่ 3.67 กักร่องฟันของหัวกัดชิ้นแบบส่วนแรก



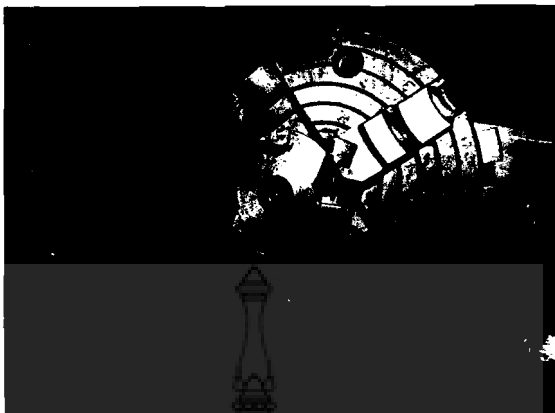
ภาพที่ 3.68 กัดร่องพินกัศส่วนที่ 2



ภาพที่ 3.69 กัดร่องพินกัศส่วนที่ 3



ภาพที่ 3.70 ด้านปลายตัดของการตัดคมตัดที่ 3



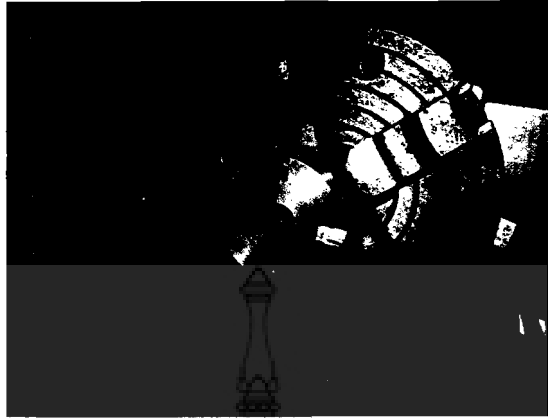
ภาพที่ 3.71 แสดงรูปชิ้นงานหลังจากการกัดคมตัดที่ 3



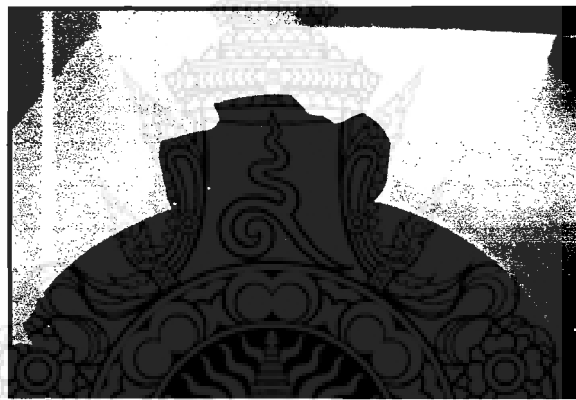
ภาพที่ 3.72 แสดงการกัดชิ้นงานคมตัดที่ 4



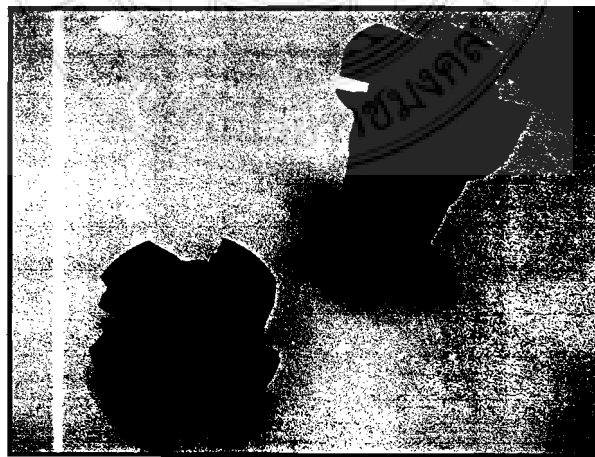
ภาพที่ 3.73 แสดงงานกัดชิ้นงานคมตัดที่ 4 ด้านปลายตัด



ภาพที่ 3.74 แสดงรูปชิ้นงานหลังจากกักคมตัดที่ 4 ด้านปลายตัด



ภาพที่ 3.75 แสดงรูปชิ้นงานหลังจากการกักผิวละเอียด (Finishing)



ภาพที่ 3.76 เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์นำเข้ากับชิ้นงานที่ผลิตขึ้นใหม่(ต้นแบบ)



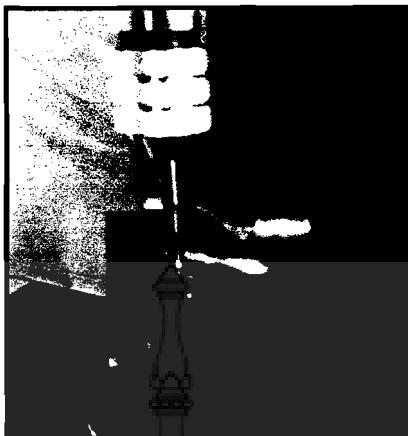
ภาพที่ 3.77 แสดงการจับยึดชิ้นงานกับอุปกรณ์จับยึดเพื่อเจาะ วางแผ่นรองและแผ่นมีดตัด



ภาพที่ 3.78 แสดงการเจาะชิ้นงานเพื่อจับยึดแผ่นรองและแผ่นมีดตัด



ภาพที่ 3.79 หลังจากการเจาะรูเพื่อยึดแผ่นรองและแผ่นมีดตัด



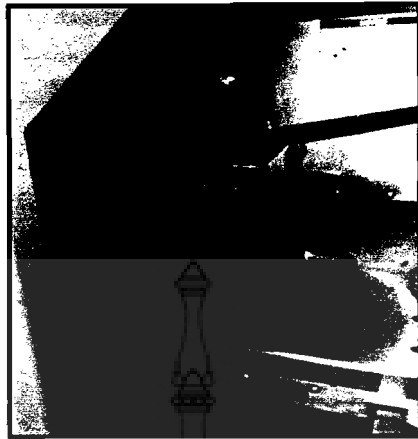
ภาพที่ 3.80 แสดงการทำเกรียวเพื่อยึดแผ่นรองและแผ่นมิดตัด



ภาพที่ 3.81 แสดงการจับยึดแผ่นรองและแผ่นมิดกั๊ด



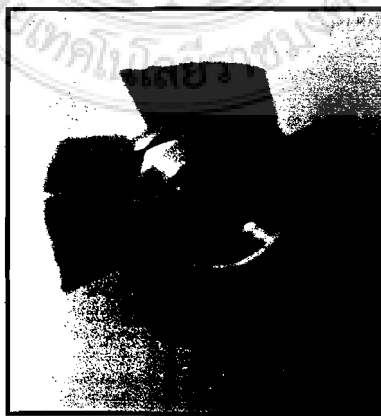
ภาพที่ 3.82 แสดงชิ้นงานที่ผลิตเสร็จ (ต้นแบบ) ก่อนการปรับแต่งขั้นสุดท้าย



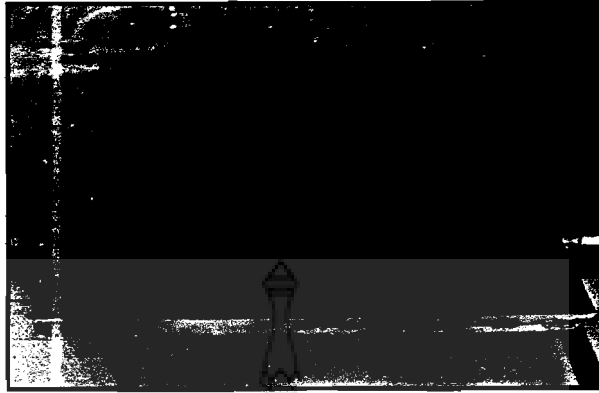
ภาพที่ 3.83 แสดงการกลึงปากหน้าให้ได้ตามแบบ



ภาพที่ 3.84 แสดงค้ำมิดกัณฑ์หลังจากกลึงปากหน้าตามแบบ



ภาพที่ 3.85 แสดงการจับยึดแผ่นมิดกับค้ำมิดกัณฑ์



ภาพที่ 3.86 เตรียมวัสดุ S 50 C เพื่อทำการทดสอบการใช้งาน



ภาพที่ 3.87 นำไปจับยึดกับโต๊ะงานเพื่อเจาะรู



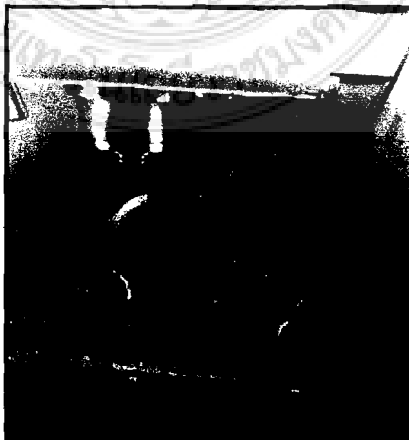
ภาพที่ 3.88 ปรับตั้งค่าเครื่องมือก่อนทำการเจาะรู



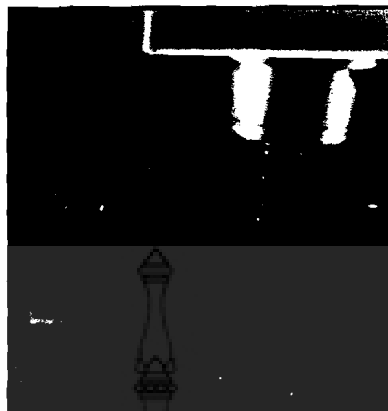
ภาพที่ 3.89 ปรับตั้งค่าแวนอนของโรงงานทดลอง



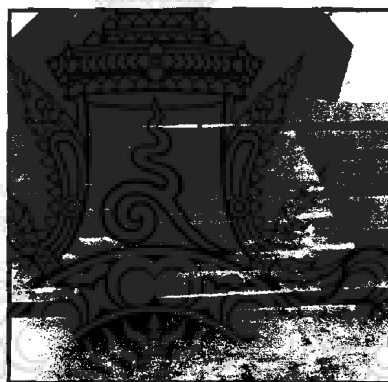
ภาพที่ 3.90 เจาะรูโรงงานทดลองเพื่อจับยึดกับโต๊ะงานได้ง่าย



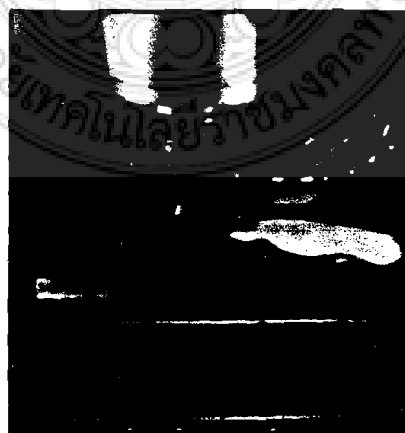
ภาพที่ 3.91 เจาะให้เป็นบ่าเพื่อการจับยึดโรงงานให้แน่นขณะทดลอง



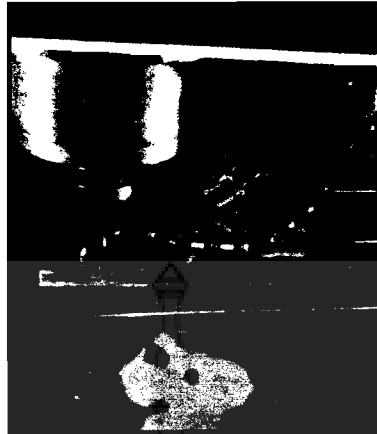
ภาพที่ 3.92 แสดงการกัดปาดหน้าวัสดุที่ใช้ในการทดสอบการใช้งานของด้ามมีดกัด



ภาพที่ 3.93 แสดงชิ้นงานทดลองหลังจากการกัดปาดหน้าเรียบร้อยแล้ว



ภาพที่ 3.94 การ Set tool โดยใช้ด้ามมีดกัดนำเข้าไปปรับตั้งค่าต่างๆ ก่อนการกัดงานจริง



ภาพที่ 3.95 แสดงการกักชิ้นงานทดลองภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดสำหรับแผ่นมีดนำเข้า



ภาพที่ 3.96 แสดงการกักวัสดุครั้งที่ 1 ด้วยค้ำมีดนำเข้า



ภาพที่ 3.97 แสดงการกักวัสดุครั้งที่ 2 ด้วยค้ำมีดนำเข้า



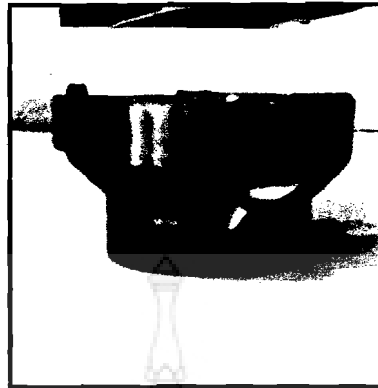
ภาพที่ 3.98 แสดงการกักชิ้นงานทดลองครั้งที่ 3 ด้วยด้ามมีดนำเข้า



ภาพที่ 3.99 การปรับแต่ง (Fitting)



ภาพที่ 3.100 จับยึดชิ้นงานทดลองและกักปิดผิวหน้าเพื่อเตรียมชิ้นงานทดสอบสำหรับด้ามมีด
กักที่ผลิตขึ้นมาใหม่(ต้นแบบ)



ภาพที่ 3.101 ประกอบแผ่นรองและแผ่นมิดเข้ากับด้ามมิดกั๊ด



ภาพที่ 3.102 นำด้ามมิด ไปจับยึดกับอุปกรณ์จับยึดบนเครื่องจักรกลอัตโนมัติ



ภาพที่ 3.103 ปรับตั้งเครื่องมือเพื่อทำการกัดชิ้นงานทดลองเพื่อวัดประสิทธิภาพของด้ามมิดกั๊ด
แต่ละแบบ



ภาพที่ 3.104 แสดงการกักตัวสตุครั้งที่ 1 ด้วยด้ามมีดกักที่ผลิตขึ้นมาใหม่(ต้นแบบ)



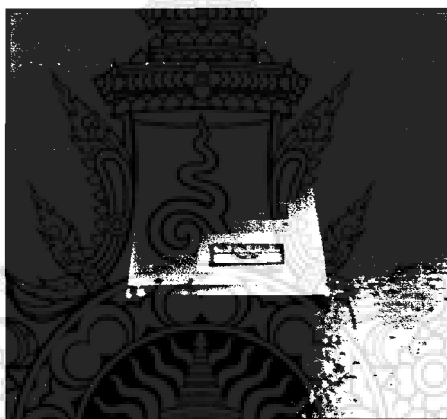
ภาพที่ 3.105 แสดงการกักตัวสตุครั้งที่ 2 ด้วยด้ามมีดกักที่ผลิตขึ้นมาใหม่(ต้นแบบ)



ภาพที่ 3.106 แสดงการกักตัวสตุครั้งที่ 3 ด้วยด้ามมีดกักที่ผลิตขึ้นมาใหม่(ต้นแบบ)



ภาพที่ 3.107 เครื่องทดสอบความเรียบผิว

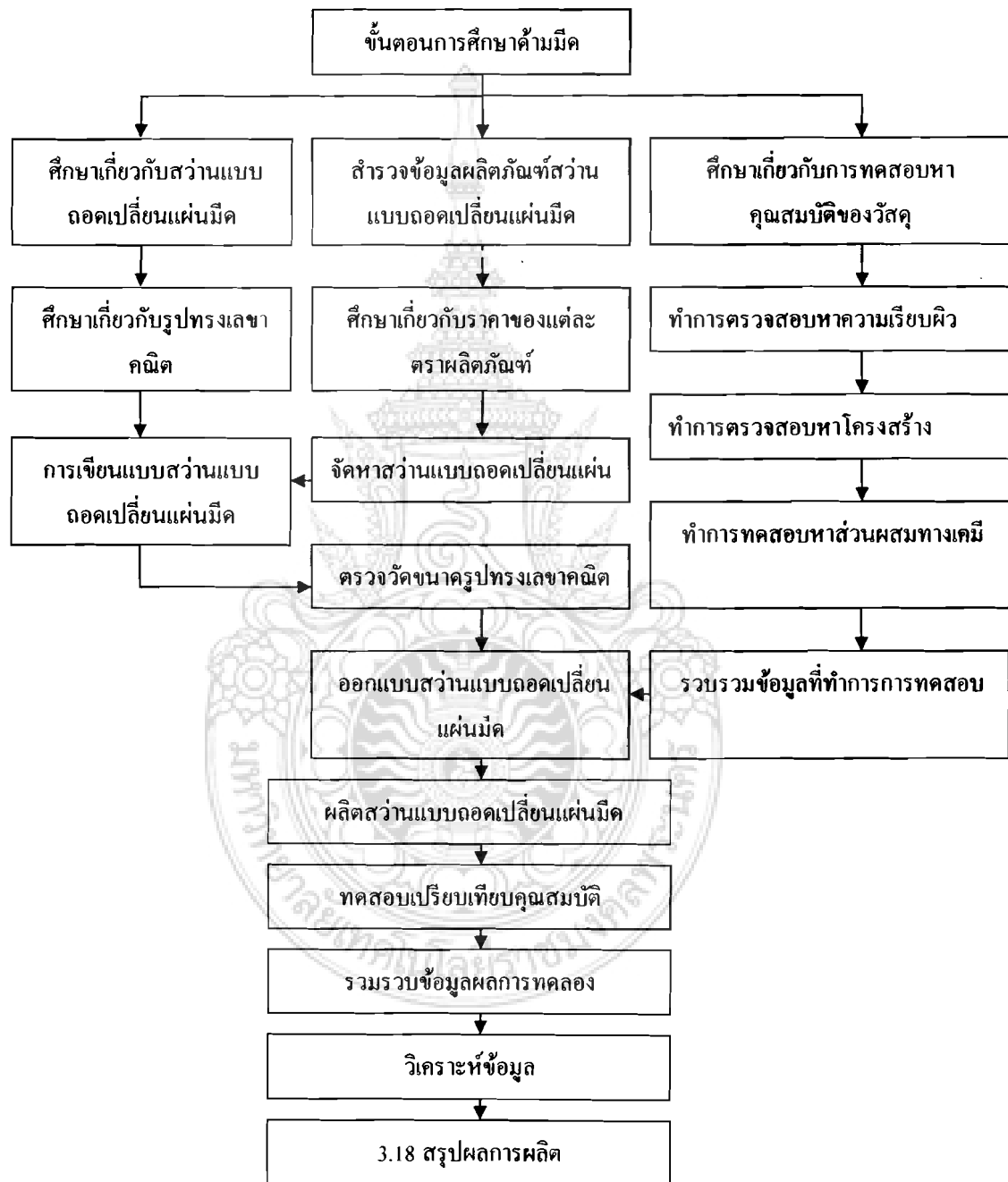


ภาพที่ 3.108 เครื่องวัดความเรียบผิว

ผลการศึกษาเชิงวิศวกรรมย้อนรอย ได้แก่ความแข็ง ส่วนผสมทางเคมี และทดลอง
ความสามารถในการใช้งานของด้ามยึดแบบที่พัฒนาขึ้น มีรายละเอียดตามบทที่ 6

3.4 ศึกษาการผลิตเครื่องือัดต้นแบบ (งานเจาะ)

กล่าวถึงการดำเนินงานศึกษาส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด วิธีการทดสอบ รวมถึงขั้นตอนการผลิตส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด

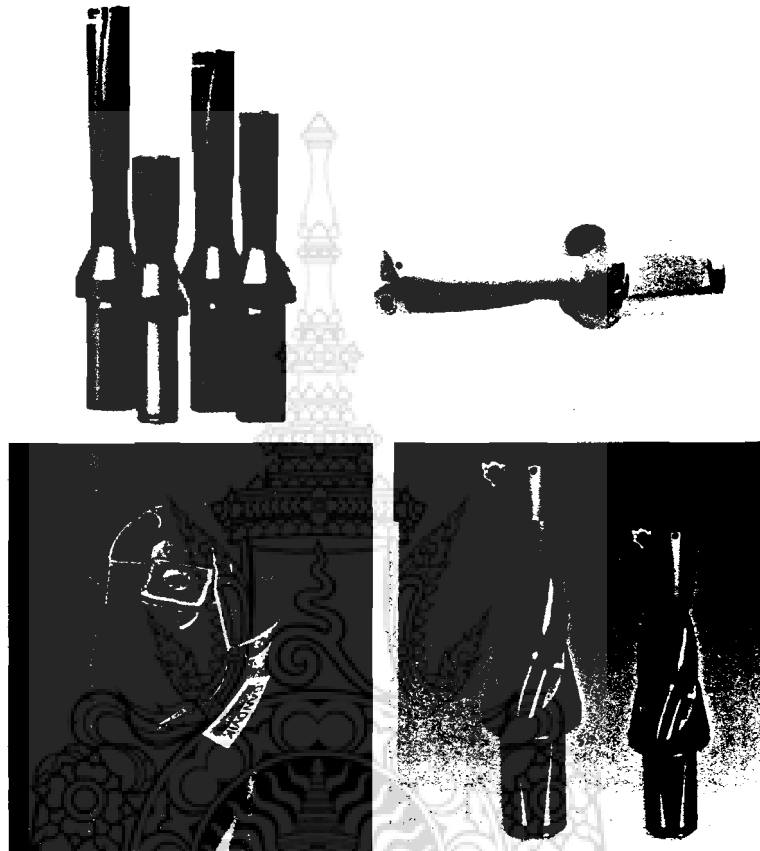


ภาพที่ 3.109 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

3.4.1 ศึกษาเกี่ยวกับส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด

การศึกษาเกี่ยวกับส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด มีรายละเอียด ต่าง ๆ ดังนี้

3.4.1.1 ศึกษาผลิตภัณฑ์สว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด เพื่อให้ทราบถึงลักษณะของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด



ภาพที่ 3.110 สว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด

สว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดแต่ละตราผลิตภัณฑ์ จะมีลักษณะรูปร่างที่ คล้ายคลึงกัน จะแตกต่างกันที่ขนาดและ การจับยึดแผ่นมีด ซึ่งแต่ละตราผลิตภัณฑ์จะมีการออกแบบการวางแผ่นมีดแตกต่างกันไป

3.4.1.2 ศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบหาคุณสมบัติของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด

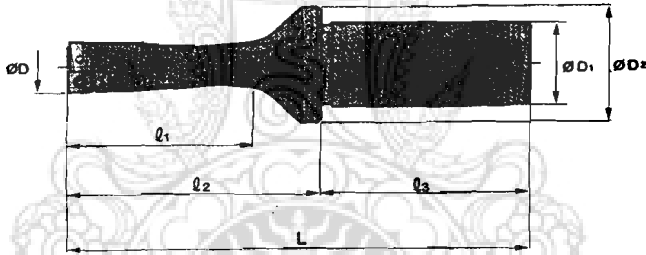
- 1) สํารวจเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบที่ใช้ในการทดสอบรูปทรงเรขาคณิต คือ เครื่องโปรไฟล์โปรเจกเตอร์ (Profile Projector)
- 2) สํารวจเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบในการทดสอบความแข็ง ได้แก่ เครื่องตรวจสอบความแข็ง (Hardness Tester)
- 3) สํารวจเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบที่ใช้ในการทดสอบส่วนผสมทางเคมี ได้แก่ เครื่องมืออิมิสชันสเปกโตรมิเตอร์ (Emission Spectrometer)

- 4) สํารวจเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบที่ใช้ในทดสอบโครงสร้าง ได้แก่ กล้องจุลทรรศน์ตรวจสอบโครงสร้างกำลังขยาย 250,1500 เท่า
- 5) สํารวจเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบที่ใช้ในการทดสอบความเรียบผิว ได้แก่ เครื่อง Surface Roughness

3.4.2 สํารวจข้อมูลผลิตภัณฑ์ส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดจากผู้จำหน่าย

3.4.2.1 สํารวจผลิตภัณฑ์ผู้ผลิต ส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด 2 คมตัด ของแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยจะพิจารณาเลือกคําสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดที่มีลักษณะและรูปทรงที่มีขนาดที่ใกล้เคียงกัน

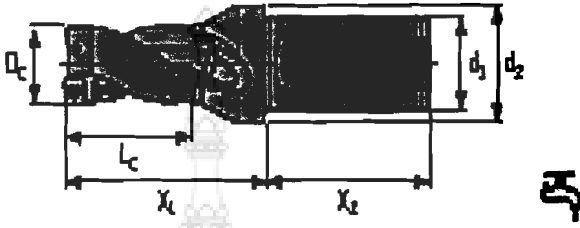
ตารางที่ 3.35 ตารางแสดงผลิตภัณฑ์ของยี่ห้อSANDVIK



รหัสสินค้า	จำนวนคมตัด	ขนาด(mm)					
		øD	øD1	øD2	L	l1	l2
1. 880-D1800L25-02	2	18	25	-	112	40	56
2. 880-D1900L25-02	2	19	25	-	114	42	58
3. 880-D2000L25-02	2	20	25	-	117	44	61
4. 880-D2100L25-02	2	21	25	-	120	46	64
5. 880-D2200L25-02	2	22	25	-	122	48	66

ตารางที่ 3.35 แสดงถึงรายละเอียดของส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดยี่ห้อ SANDVIK แต่ละขนาดซึ่งมีขนาด 18,19,20,21,22 มม. โดยมีจำนวน 2 คมตัด เท่ากันและมีเท่ากันที่ Ø25 มม.

ตารางที่ 3.36 ตารางแสดงผลิตภัณฑ์ของยี่ห้อ WALTER



รหัสสินค้า	จำนวนคมตัด	ขนาด(mm)					
		Dc	d1	d2	X1	X2	Lc
1. B3212.F.018.Z01.036R	2	18	25	35	61	56	36
2. B3212.F.019.Z01.038R	2	19	25	35	63	56	38
3. B3212.F.020.Z01.0402R	2	20	25	35	65	56	40
4. B3212.F.021.201.042R	2	21	25	35	67	56	42
5. 3212.F.022.Z01.044R	2	22	25	35	69	56	44

ตารางที่ 3.36 แสดงถึงรายละเอียดของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดยี่ห้อ WALTER แต่ละขนาดซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18,19,20,21,22 มม. โดยมีจำนวน 2 คมตัด เท่ากันและด้ามจับเท่ากันที่ $\varnothing 25$ มม.

ตารางที่ 3.37 ตารางแสดงผลิตภัณฑ์ของยี่ห้อ MITSUBISHI

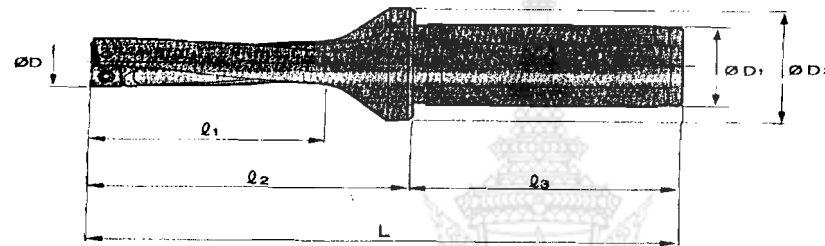
รหัสสินค้า	จำนวนคมตัด	ขนาด(mm)					
		L3	L2	L1	D4	D7	-
1. TAFS1800F25	2	43	61	11	25	35	-
2. TAFS1900F25	2	46	63	113	25	35	-
3. TAFS2000F25	2	48	65	115	25	35	-
4. TAFS2100F25	2	50	67	117	25	35	-
5. TAFS2200F25	2	53	69	119	25	35	-

ตารางที่แสดงถึงรายละเอียดของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดยี่ห้อ MITSUBISHI แต่ละขนาดซึ่งมีขนาด 18,19,20,21,22 มม. โดยมีจำนวน 2 คมตัด เท่ากันและด้ามจับขนาดเท่ากันที่ Ø25 มม.

เมื่อพิจารณาทั้งสามผลิตภัณฑ์แล้วจึงได้เลือกส่วนที่มีขนาด $\varnothing = 20$ มม. โดยนำมาพิจารณาเปรียบเทียบทั้งสามตราผลิตภัณฑ์ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.38 ตารางเปรียบเทียบส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด แบบ 2 คม

ตัด



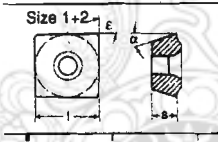



ยี่ห้อ	รหัสสินค้า	จำนวน คมตัด	ขนาด (mm)					
			$\varnothing D$	$\varnothing D_1$	$\varnothing D_2$	L	l_1	l_2
1. SANDVIK	880-D2000L25-02	2	20	25		117	44	61
2. WALTER	B3212F020Z01040R	2	20	25	35	125	40	69
3. MITSUBIHI	TAFS2000F25	2	20	25	35	115	48	65

ตารางที่ 3.38 จะเปรียบเทียบด้ามส่วนทั้ง 3 ตราผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะเหมือนกันในส่วนของ คมตัดจำนวน 2 คมตัด $\varnothing D = 20$ mm , $\varnothing D_1 = 25$ mm และ $\varnothing D_2 = 35$ mm เป็นต้น และจะแตกต่างกันในส่วนของความยาวซึ่งแต่ละยี่ห้อจะมีขนาดแตกต่างกันไป

3.4.2.2 ตำราจผลิตภัณฑ์ผู้ผลิต ส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด 2 คมตัด ของแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยจะพิจารณาเลือกเม็ดมีดที่มีลักษณะและรูปทรงที่มีขนาดที่ใกล้เคียงกันดังตารางที่ 3.39

ตารางที่ 3.39 ตารางเปรียบเทียบส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด แบบ 2 คมตัด

ยี่ห้อ	รหัสสินค้า	รูปทรง	ขนาด (Dimension) mm.			
1. SANDVIK	880-040305H-C-GM		iC = 6.8	S = 2.8	rE = 0.5	d1 = 2.8
	880-0403W05H-P-GM		iC = 6.74	S = 2.8	rE = 0.5	d1 = 2.8
2. WALTER	P28461-Size 1		l = 6.35	S = 2.38	d° = 14	° = 90
3. MITSUBISHI	GPMT070204-U1		D = 6.35	S1 = 2.38	Ro = 0.4	

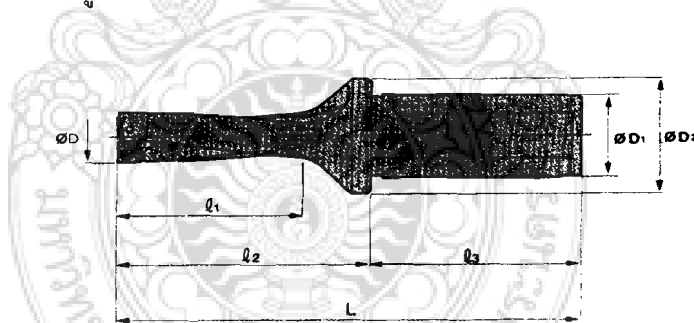
3.4.2.3 สำรองเงื่อนไขการตัดเฉือนของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด 2 คมตัด เพื่อนำมาเป็นเงื่อนไขในการทดสอบหาประสิทธิภาพในการตัดเฉือน โดยเงื่อนไขที่จะได้ตามมาตรฐานผู้ผลิตกำหนด ดังตารางที่ 3.40

ตารางที่ 3.40 แสดงเงื่อนไขการตัดเฉือนของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด 2 คมตัด

ตรา ผลิตภัณฑ์	ความเร็ว รอบ (Rev/min)	อัตราป้อน (mm/min)	ความเร็ว ตัด (mm/min)	ความลึก ด้ามมีด (mm)	วัสดุ ชิ้นงาน (AISI)	ความแข็ง (HB)
1. SANDVIK	2228	0.45	140	5	S45C	160
2. WALTER	695	0.07	110	5	S45C	160
3. MITSUBISHI	830	0.12	120	5	S45C	160

3.4.3 ศึกษาเกี่ยวกับรูปทรงเลขาคณิตของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด

ศึกษารูปทรงทางเลขาคณิตของสว่านแต่ละตราผลิตภัณฑ์ โดยแต่ละตราผลิตภัณฑ์จะมีรูปร่างลักษณะคล้ายกันดังรูปตัวอย่างนี้



ภาพที่ 3.111 ตัวอย่างรูปทรงทางเลขาคณิตของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด

ØD = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกลางคมตัด (มม.)

ØD_1 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของด้ามจับ (มม.)

ØD_2 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตสุด (มม.)

L = ขนาดความยาวทั้งหมด (มม.)

l_1 = ขนาดความยาวช่วงเจาะของสว่าน(มม.)

l_2 = ขนาดความยาวช่วงลำตัวของสว่าน(มม.)

l_3 = ขนาดความยาวของด้ามจับของสว่าน(มม.)

รูปทรงทางเลขาคณิตของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดแต่ละตราผลิตภัณฑ์ จะมีลักษณะรูปร่างภายนอกที่คล้ายคลึงกัน โดยจะแตกต่างกันที่ตำแหน่งการจับยึดเม็ดมีด ซึ่งแต่ละตราผลิตภัณฑ์ จะมีการจับยึดเม็ดมีดที่เป็นลักษณะจำเพาะของแต่ละตราผลิตภัณฑ์

3.4.5 ศึกษาเกี่ยวกับราคาของแต่ละตราผลิตภัณฑ์

สำรวจราคาสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด 2 คมตัด ของแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยข้อมูลที่ได้นั้นสามารถหามาได้จากตัวแทนจำหน่ายของสินค้าแต่ละตราผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 3.41

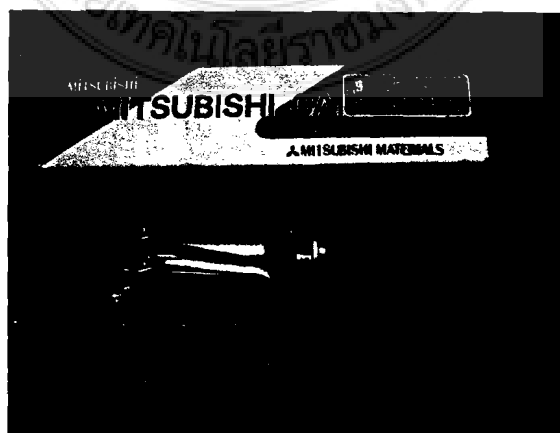
ตารางที่ 3.41 แสดงตราผลิตภัณฑ์และราคาของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด 2 คมตัด ของแต่ละตราผลิตภัณฑ์

ลำดับที่	ตราผลิตภัณฑ์	ราคาต่อม/หน่วย	ราคาเม็ดมีด/กล่อง
1.	SANDVIK	14,300	11,000
2.	WALTER	13,222	3,980
3.	MITSUBISHI	12,408	2,380

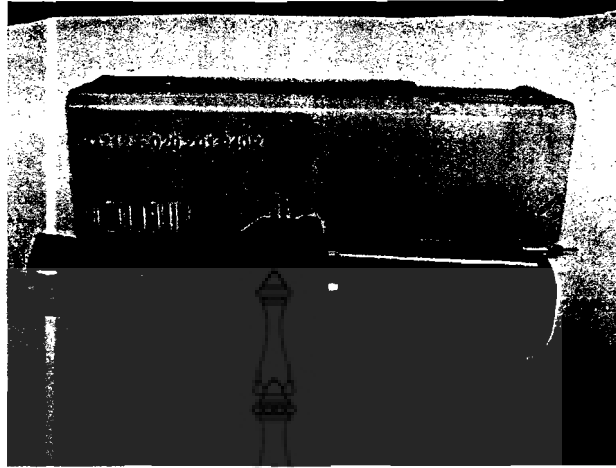
จากการสำรวจราคาของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดพบว่าสว่านที่มีราคาแพงที่สุดคือสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดยี่ห้อ SANDVIK และสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดที่มีราคาถูกที่สุดคือยี่ห้อ MITSUBISHI

3.4.6 ดำเนินการจัดหาสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดของแต่ละตราผลิตภัณฑ์

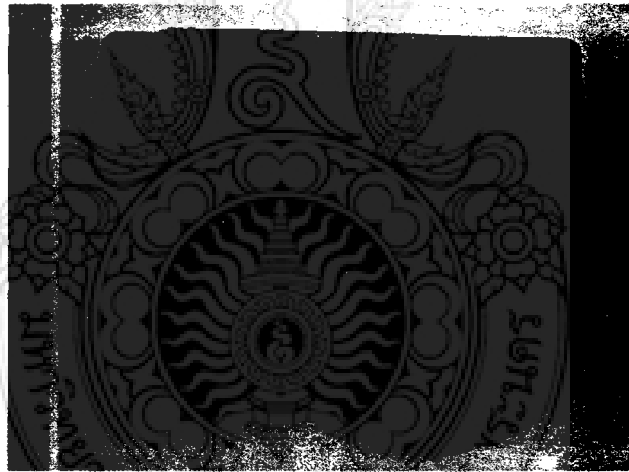
เมื่อได้พิจารณาเลือกสว่านทั้งสามยี่ห้อ โดยที่พิจารณาถึงราคาจำหน่ายของแต่ละตราผลิตภัณฑ์ดังนั้นจัดหาสว่านทั้ง 3 ตราผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ ภาพที่ 3.3 ภาพที่ 3.4 ภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.112 สว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดยี่ห้อ MITSUBISHI



ภาพที่ 3.113 สว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดชี้ห้อย WALTER

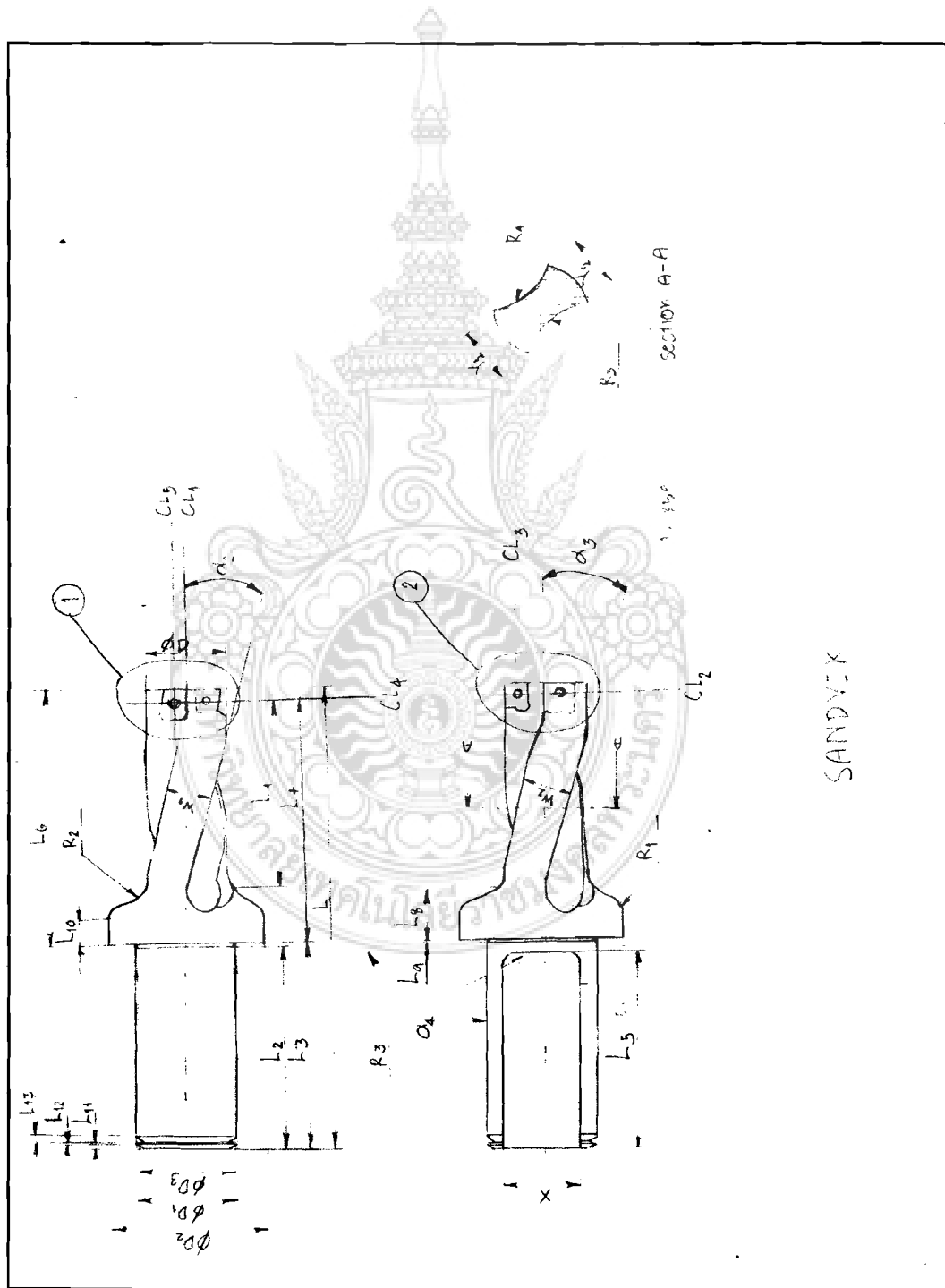


ภาพที่ 3.114 สว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดชี้ห้อย SANDVIK

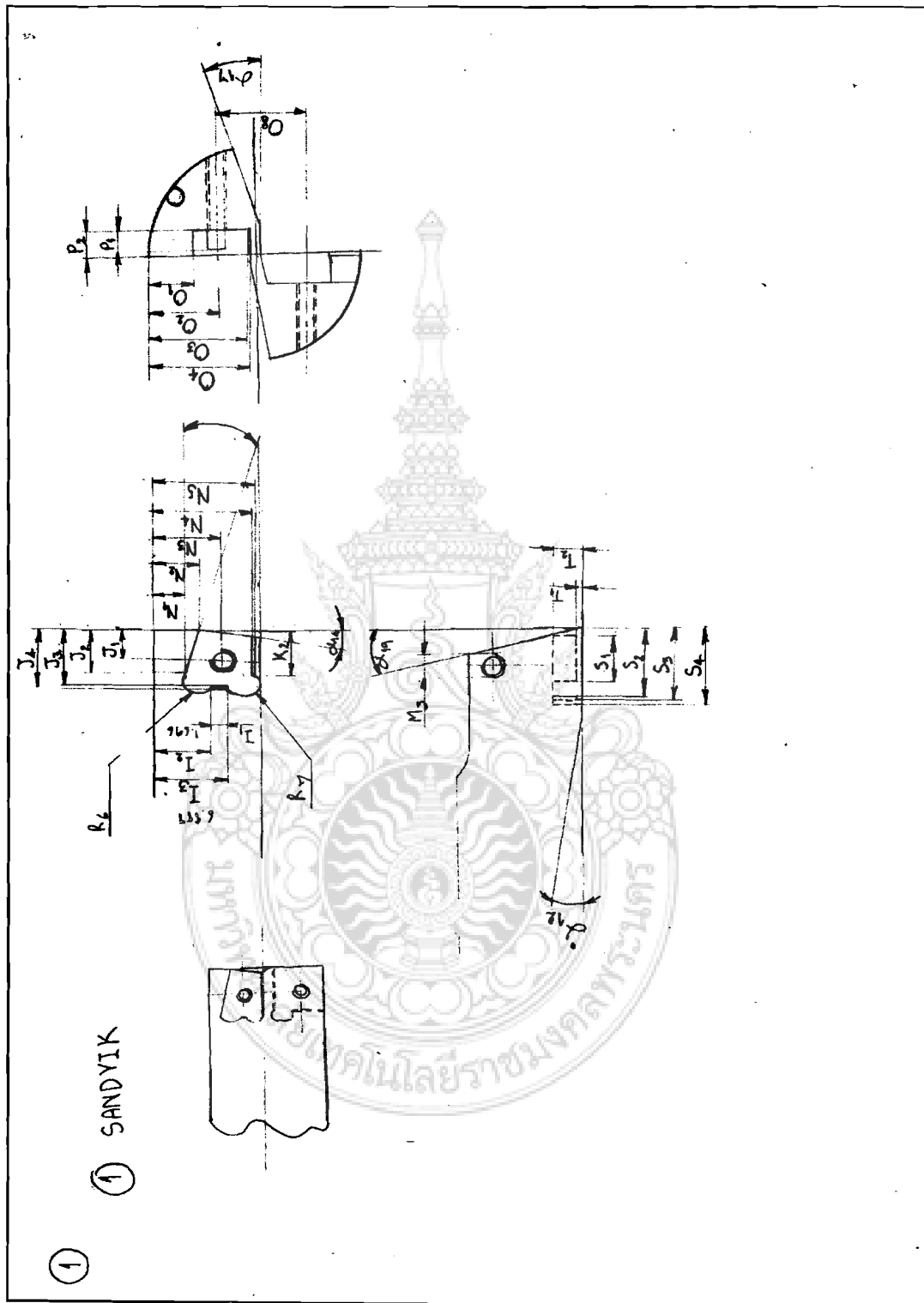
3.4.7 การเขียนแบบส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด

เมื่อจัดหาผลิตภัณฑ์แล้วนำผลิตภัณฑ์มาศึกษาคุณสมบัติเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญต่อการเลือกวัสดุผลิตตามมีด การออกแบบและการผลิตต้นแบบ ดังนี้

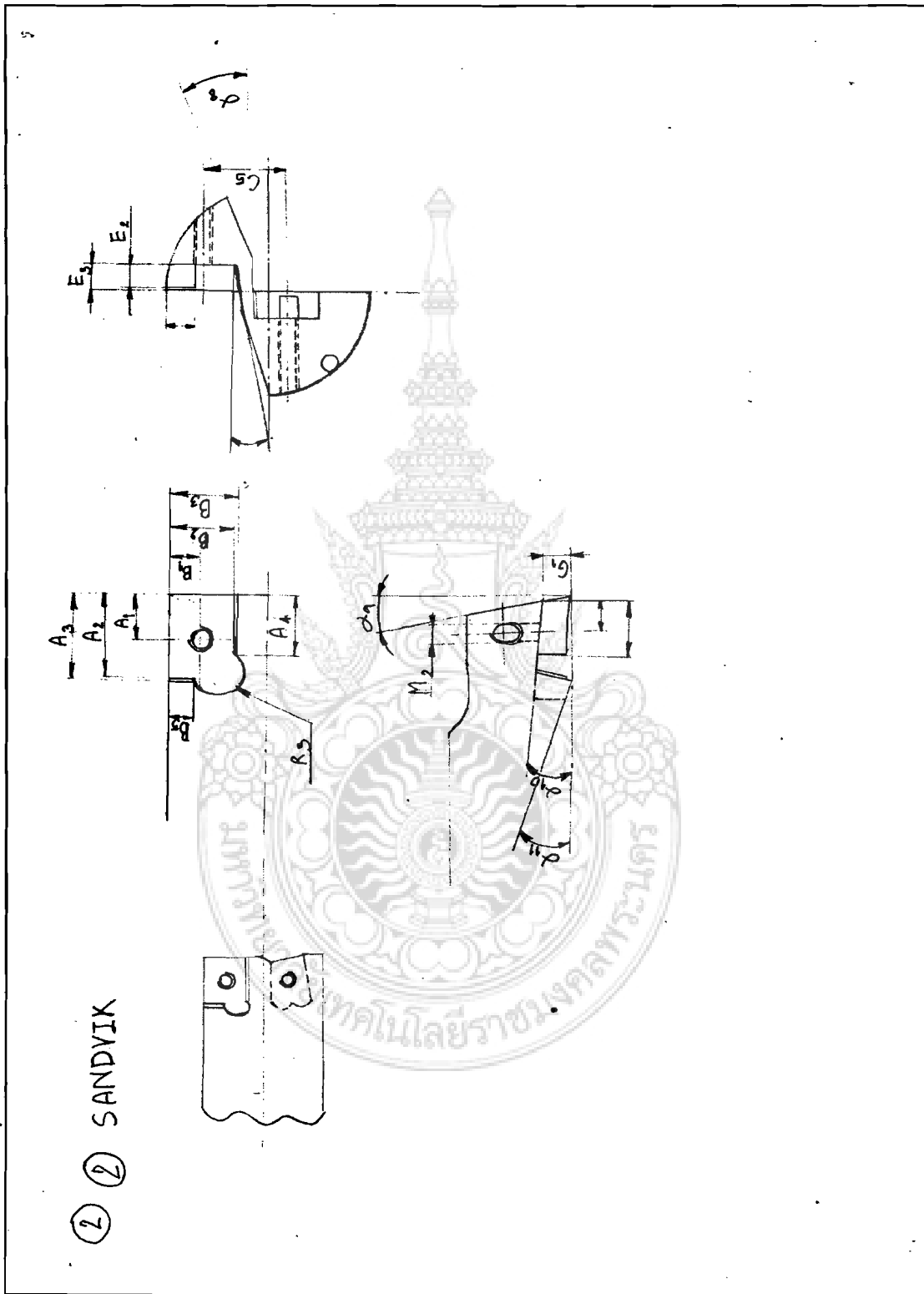
3.4.7.1 เขียนแบบของส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดยี่ห้อ SANDVIK



ภาพที่ 3.115 แสดงการกำหนดขนาดของส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดยี่ห้อ SANDVIK

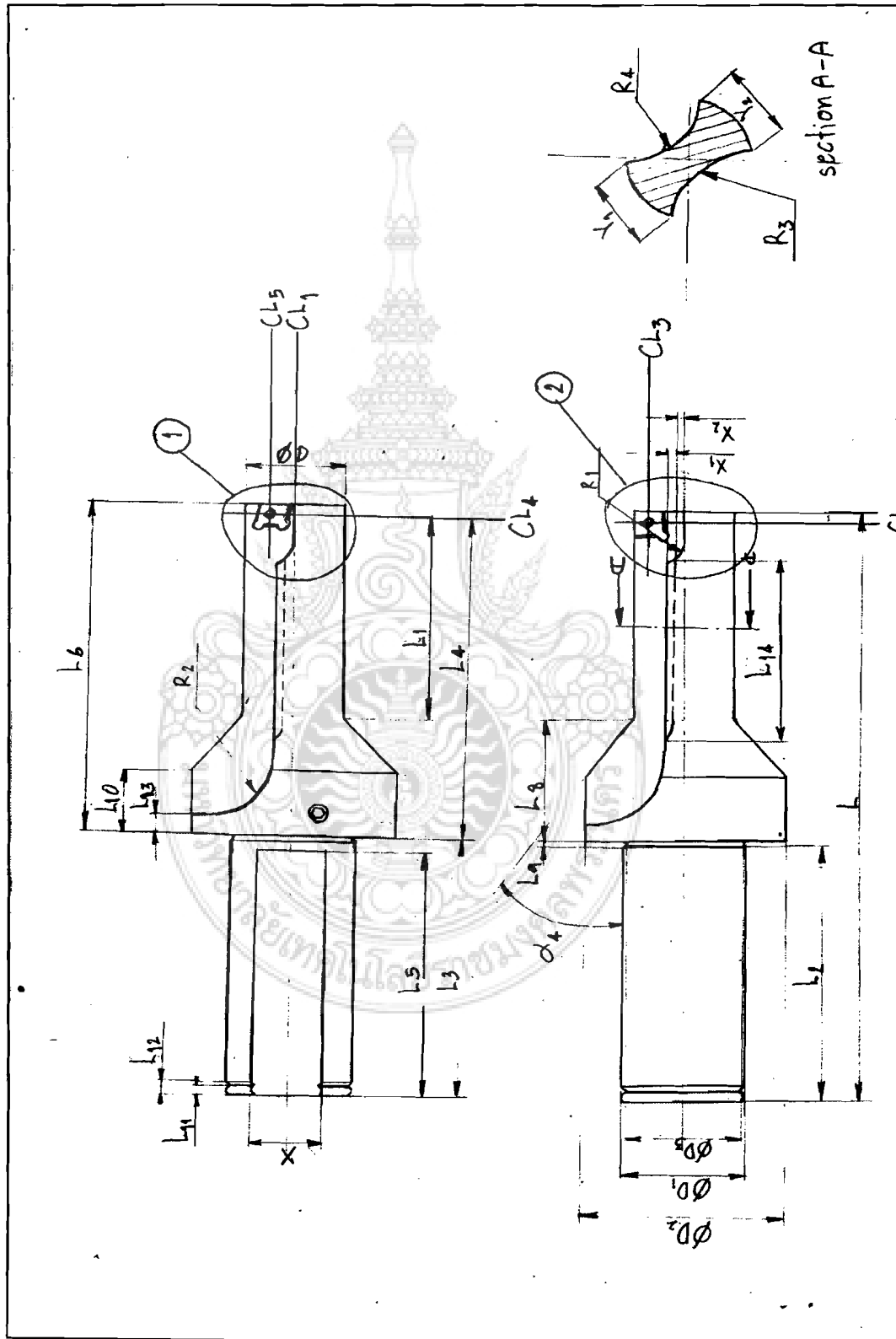


ภาพที่ 3.116 แสดงการกำหนดขนาดของส่วนจับยึดแผ่นมีด NO.1 ตราผลิตภัณฑ์ SANDVIK

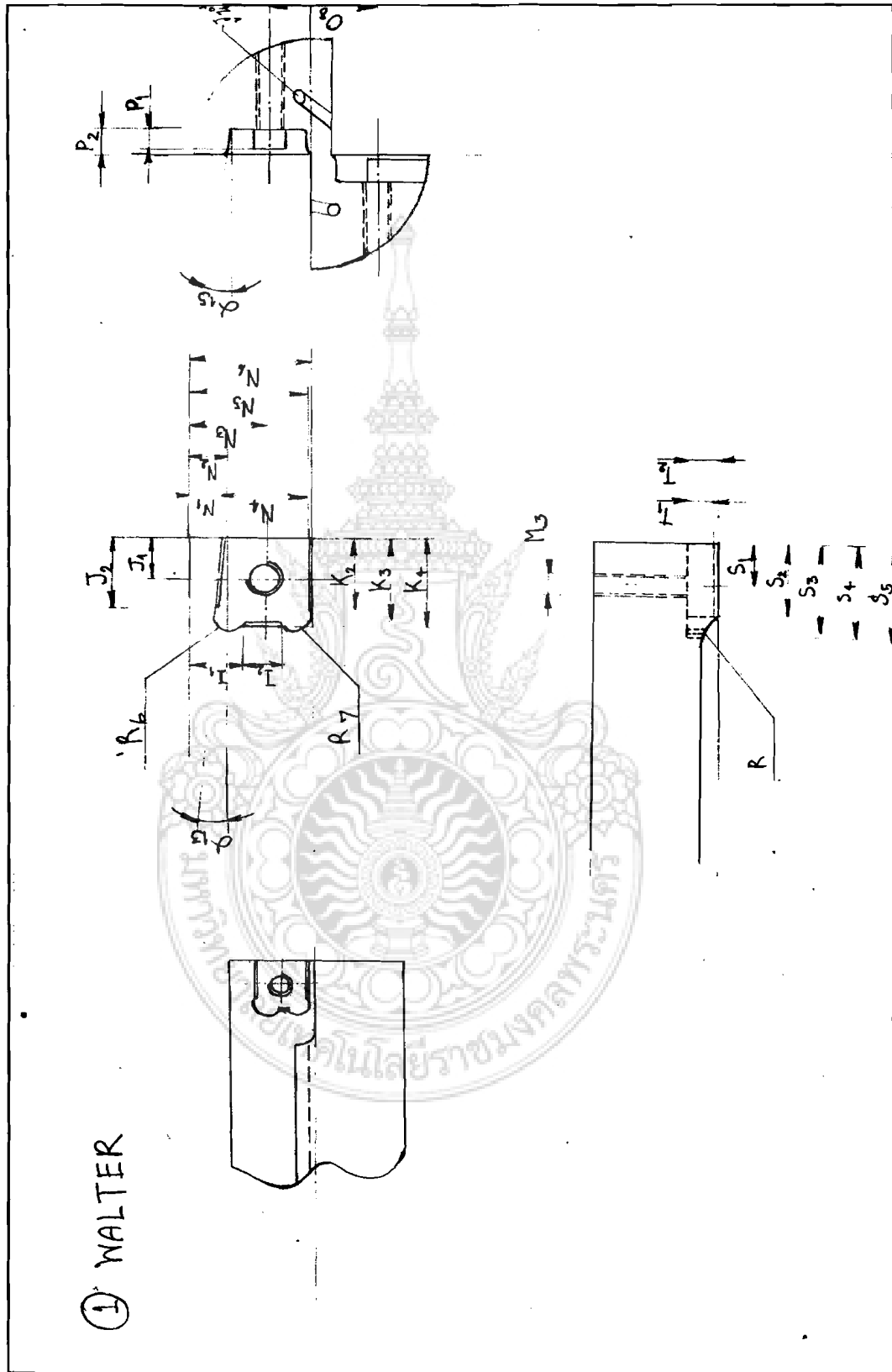


ภาพที่ 3.117 แสดงส่วนจับยึดแผ่นมีด NO.2 ของด้ามมีด تراฟลิทท์ SANDVIK

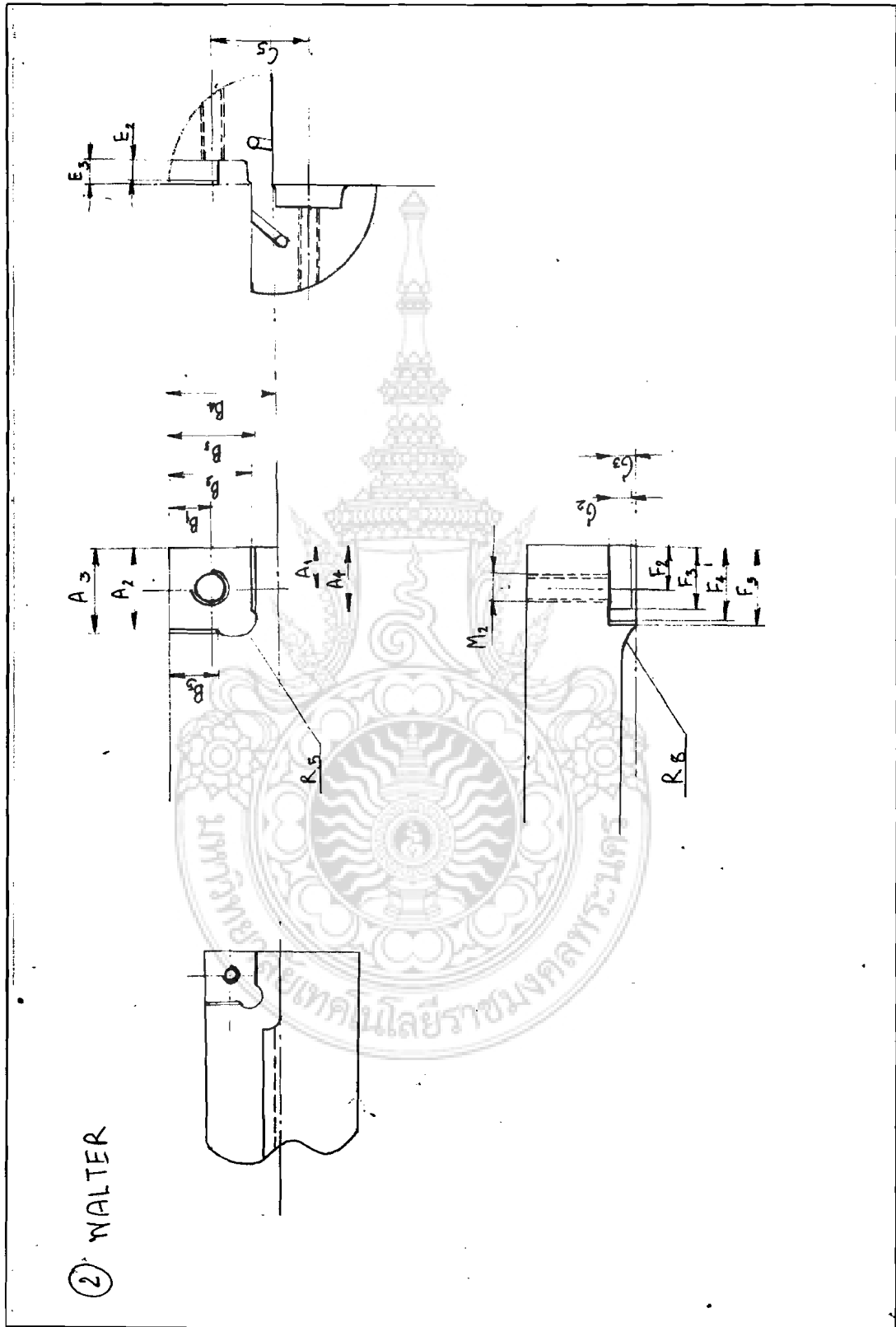
3.4.7.2 เขียนแบบของส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดที่ห่อ WALTER



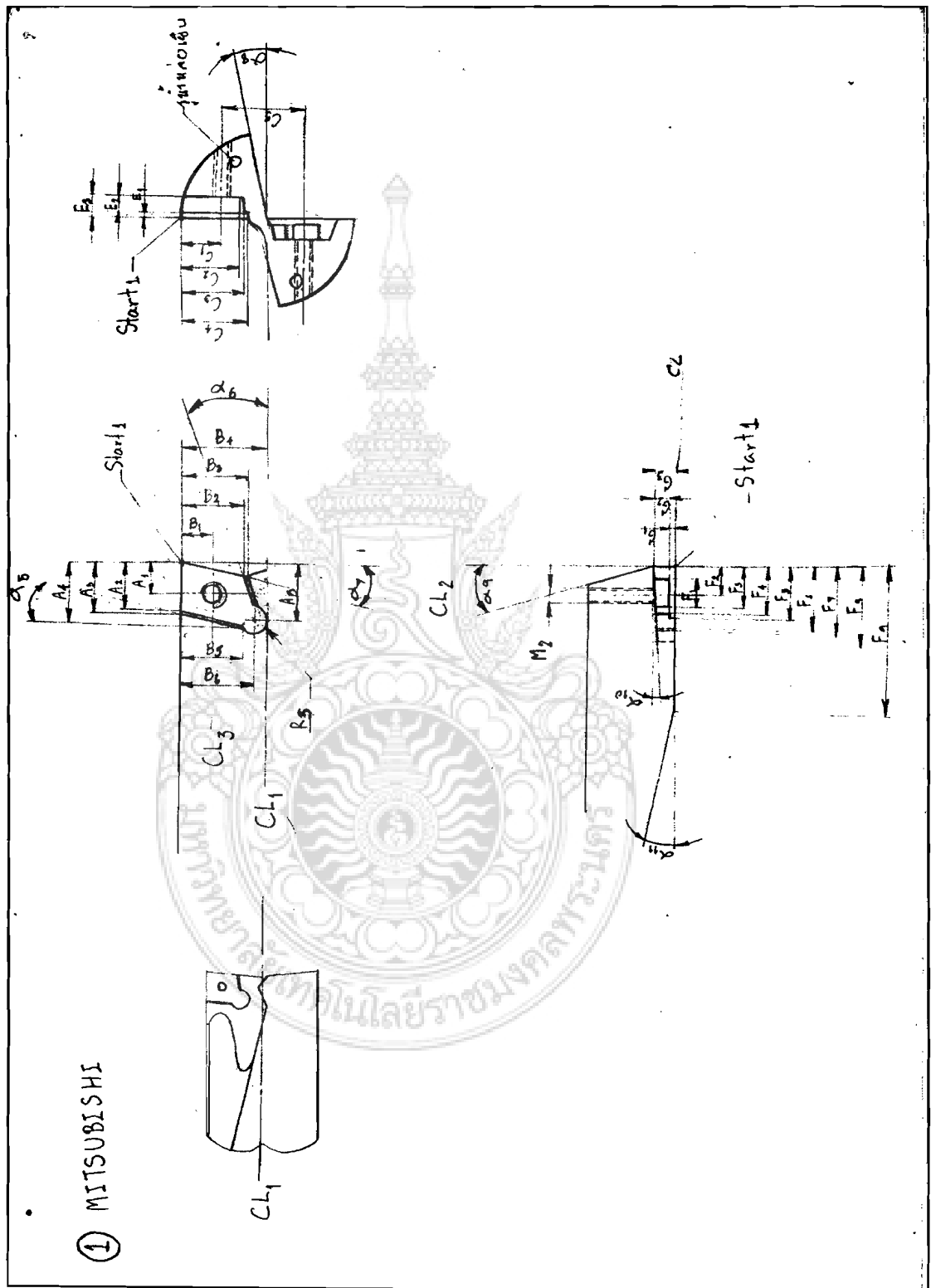
ภาพที่ 3.118 แสดงส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดที่ห่อ WALTER



ภาพที่ 3.119 การจับยึดแผ่นมีด NO.1 ที่ใช้ทำการขึ้นที่ของ WALTER



ภาพที่ 3.120 แสดงการจับยึดแผ่นมิด NO.2 ที่ใช้ทำการจับยึดแผ่นมิดนี้ห้อยของ WALTER



ภาพที่ 3.122 แสดงการจับยึดแผ่นมีด NO.1 ของ MITSUBISHI

3.4.8 ทำการตรวจสอบขนาดรูปทรงตามแบบ

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบรูปทรงขนาดของเครื่องมือตัด

1) เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Vernier Caliper) เวอร์เนียคาลิปเปอร์ที่ใช้ในการวัด จะมี 2 แบบคือ เวอร์เนียที่มีความละเอียด 1/20 มม (0.05 มม.) และเวอร์เนียที่มีความละเอียด 1/50 มม. (0.05 มม.)

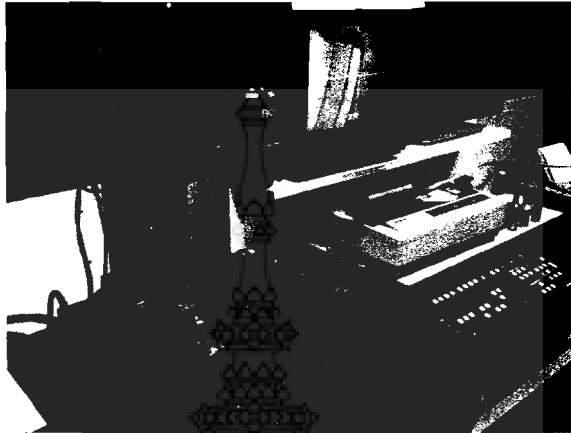
2) ไมโครมิเตอร์ (Micrometer) ไมโครมิเตอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบมี 2 แบบ ได้แก่ ไมโครมิเตอร์ที่มีความละเอียด 1/100 มม. (0.01 มม.) และไมโครมิเตอร์ที่มีความละเอียด 2/1000 (0.002 มม.)

3) เครื่องตรวจสอบรูปทรงทางเลขาคณิต (Measuring Microscope)
เครื่องตรวจสอบรูปทรงทางเลขาคณิต (Measuring Microscope) ใช้ในการตรวจสอบรูปทรงเลขา คณิต และขนาดต่างๆ



ภาพที่ 3.124 เครื่องตรวจวัดรูปทรงทางเลขาคณิต (Measuring Microscope)

4) เครื่องโปรไฟล์โปรเจกเตอร์ (Profile Projector) เครื่องโปรไฟล์โปรเจกเตอร์ (Profile Projector) ที่ใช้ในการตรวจสอบรูปทรงเลขาคณิตและขนาด

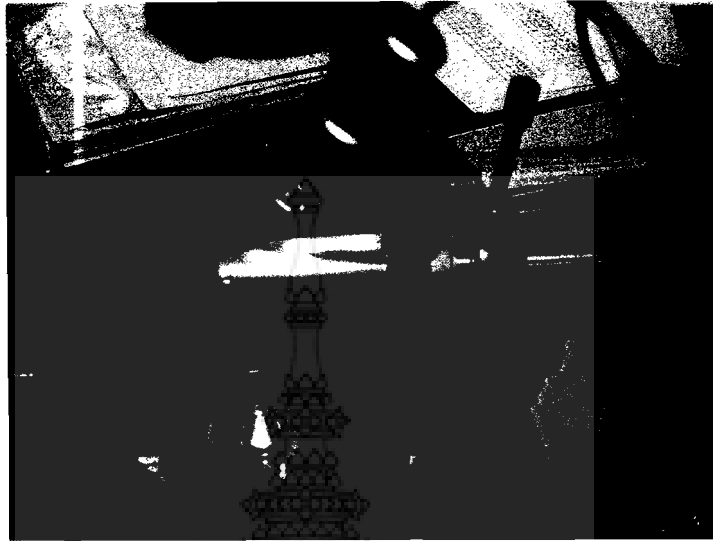


ภาพที่ 3.125 เครื่องโปรไฟล์โปรเจกเตอร์ (Profile Projector)

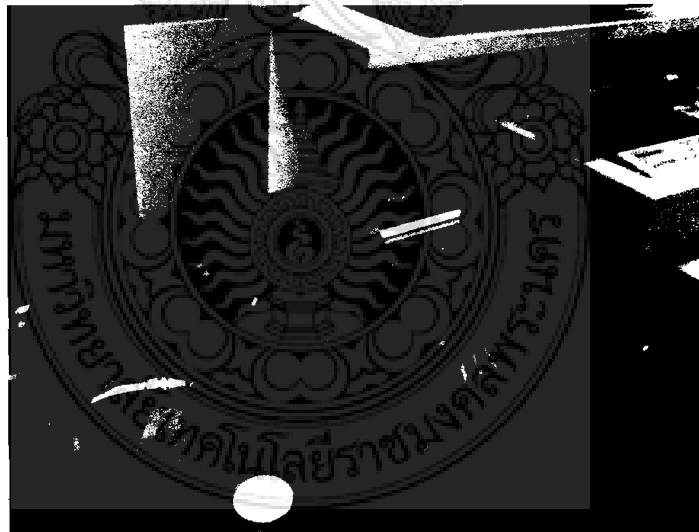
ทำการตรวจสอบขนาดของค้ำมีครูปทรงทางเลขาคณิต



ภาพที่ 3.126 การตรวจสอบด้วย ไมโครมิเตอร์ และเวอร์เนียคาลิเปอร์



ภาพที่ 3.127 การตรวจสอบด้วย เครื่องตรวจวัดรูปทรงทางเลขาคณิต (Measuring Microscope)



ภาพที่ 3.128 การตรวจสอบขนาดด้วย เครื่องโปรไฟล์เจ็คเตอร์ (Profile Projector)

เมื่อได้ตรวจสอบรูปทรงทางเลขาคณิตแล้วค่าที่ได้จากการตรวจสอบขนาดในส่วนต่างๆ ของสว่านแบบถอดเปลี่ยนเม็คมัดนำมาบันทึกในตารางที่3.42

บันทึกผลการตรวจวัดทางรูปทรงเลขาคณิต

เมื่อได้ทำการตรวจวัดขนาดตามแบบ ก็จะได้ค่าต่างๆ มาก็นำมาใส่ในตารางที่ 3.42

ตารางที่ 3.42 ตารางแสดงขนาดส่วานแบบถอดเปลี่ยนเม็ดมิด

รายการ ตราผลิตภัณฑ์	ขนาดที่ตรวจสอบ (μm)																					
	∅D	∅D ₁	∅D ₂	∅D ₃	L	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	L ₆	L ₇	L ₈	1	2	L ₁₀	L ₁₁	L ₁₂	L ₁₃	L ₁₄	V ₁	
SANDVIK	19.25	25	32	25	117	46.4	53.9	55.9	60.5	51.4	60.5	18	1.8	2.5	2.5	6	1.5	0.9	3.4	-	-	
WALTER	19.4	25	35	25	120	41.3	56	56	61.5	51.6	61.5	22	2.0	2.5	2.5	14	3.5	4.4	3.6	27.8	-	
MITSUBISHI	19.02	25.02	35.01	24.44	114	48.5	47.5	50	65.5	45	66.5	-	-	2.5	2.5	6.2	10.0	3.00	17.336	2.117	0.629	

ตารางที่ 3.42 ตารางแสดงขนาดส่วานแบบถอดเปลี่ยนเม็ดมิด(ต่อ)

รายการ ตราผลิตภัณฑ์	ขนาดที่ตรวจสอบ (μm)																				
	V ₂	W ₁	W ₂	X ₁	X ₂	1	2	1	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	C ₁	C ₂	C ₃
SANDVIK	-	13.3	14.3	14	-	13.3	14.3	2.852	6.618	6.925	4.82	-	3.217	6.523	6.762	-	2.996	-	-	-	-
WALTER	-	-	-	2.4	4.3	14.6	14.6	2.248	5.9920	6.002	4.381	-	2.872	53421	6.211	9.412	4.492	-	-	-	-
MITSUBISHI	0.629	14.1	13.52	14.438	14.452	14.1	13.32	2.566	4.847	4.619	5.884	5.803	3.740	5.357	5.497	9.51	4.839	4.681	3.740	4.896	5.502

ตารางที่ 3.42 ตารางแสดงขนาดส่วนแบบถอดเปลี่ยนเม็ดมีด(ต่อ)

รายการ ตราผลิตภัณฑ์	ขนาดที่ตรวจสอบ (μm)																				
	C ₄	C ₅	E ₁	E ₂	E ₃	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	G ₁	G ₂	G ₃	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄
SANDVIK	-	-	2.852	2.57	3.014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.612	-	-	1.969	5.192	6.888	-
WALTER	-	-	-	2.616	2.946	-	3.014	4.413	6.296	6.733	-	-	-	-	-	2.815	3.202	3.919	2.414	-	-
MITSUBISHI	6.174	10.120	0.578	1.909	2.474	2.883	2.566	3.377	5.202	5.503	5.529	5.884	7.473	11.806	1.909	1.985	2.487	-	2.251	-	4.032

ตารางที่ 3.42 ตารางแสดงขนาดส่วนแบบถอดเปลี่ยนเม็ดมีด(ต่อ)

รายการ ตราผลิตภัณฑ์	ขนาดที่ตรวจสอบ (μm)																				
	I ₃	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	K ₁	K ₂	K ₃	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	N ₆	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄	O ₅	O ₆	O ₇
SANDVIK	-	3.066	3.330	6.116	6.614	-	10.583	-	3.214	3.849	7.058	10.6	10.839	-	4.173	7.02	10.735	10.935	-	-	-
WALTER	-	2.839	4.318	-	-	-	4.021	4.109	3.701	5.911	4.109	6.01	9.128	10.093	-	-	-	-	-	-	-
MITSUBISHI	6.335	3.15	5.005	3.816	5.243	0.442	3.780	3.719	2.694	2.842	5.791	7.325	9.924	10.238	2.728	2.261	4.106	6.348	8.456	9.862	10.343

ตารางที่ 3.42 ตารางแสดงขนาดส่วนแบบถอดเปลี่ยนเม็ดมีด(ต่อ)

รายการ ตราผลิตภัณฑ์	ขนาดที่ตรวจสอบ (μm)																		
	O ₈	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	T ₁	T ₂	P ₁	P ₂						
SANDVIK	12.987	4.613	6.528	6.932	7.084	-	-	-	-	2.814	3.651	2.614	3.008						
WALTER	9.773	2.822	5.428	6.023	6.529	7.022	-	-	-	2.501	2.791	2.141	3.028						
MITSUBISHI	10.12	0.442	3.688	3.15	3.780	3.816	5.243	5.397	11.170	1.918	2.478	1.981	2.478						



3.4.9 ศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบหาสมบัติของวัสดุ

3.4.9.1 การทดสอบความเรียบผิว ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้คือ เครื่อง Surface Roughness

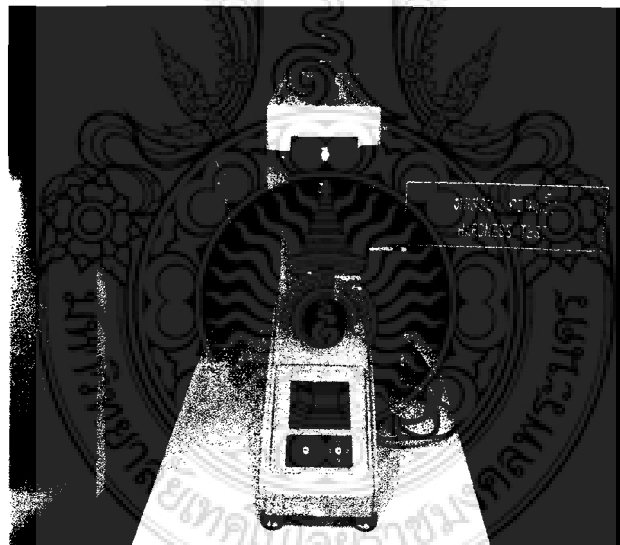
3.4.9.2 การทดสอบความแข็งของวัสดุ ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบความแข็งของวัสดุ (Hardness Testing) โดยจะทำการทดสอบความแข็งแบบบริเนลล์ HB (Brinell Hardness)

3.4.9.3 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ โดยเครื่องมือที่ใช้คือ กล้องจุลทรรศน์

3.4.9.4 การทดสอบส่วนผสมทางเคมี ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ โดยเครื่องมือที่ใช้คือเครื่อง Emission Spectrometer

3.4.10 ทำการทดสอบหาความแข็งของวัสดุ

3.4.10.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบหาความแข็งของวัสดุ



ภาพที่ 3.129 เครื่องทดสอบหาความแข็ง Hardness Testing

3.4.10.2 วิธีการทดสอบความแข็งของวัสดุ เลือกรูปแบบของการทดสอบโดยใช้แบบรอกเวลล์สเกลซี HRC (Rockwell C) ใช้หัวกดเป็นเพชรปริมาตรมุม 120° HRC จะใช้แรงกดที่ 150 kgf ความแข็งที่วัดได้จะอยู่ระหว่าง 20 – 68 HRC

3.4.11 ทำการตรวจสอบหาส่วนผสมทางเคมีของวัสดุ

เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบหาส่วนผสมทางเคมีของวัสดุ



ภาพที่ 3.130 เครื่อง Emission Spectrometer

3.4.12 รวบรวมข้อมูลที่ทำกรทดสอบ

รวบรวมข้อมูลการทดสอบความเร็วผิว ที่ได้ทำการทดสอบของแต่ละตราผลิตภัณฑ์

3.4.12.1 รวบรวมข้อมูลการทดสอบความแข็ง ที่ได้ทำการทดสอบของแต่ละตราผลิตภัณฑ์ เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาเลือกค่าความแข็งที่ต้องการในการชุบผิวแข็ง

3.4.12.2 รวบรวมข้อมูลการตรวจสอบโครงสร้าง ที่ได้ทำการตรวจสอบของแต่ละตราผลิตภัณฑ์และเปรียบเทียบโครงสร้าง เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาเลือกวัสดุที่จะนำมาทำการผลิต

3.4.12.3 รวบรวมข้อมูลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี ที่ได้ทำการตรวจสอบของแต่ละตราผลิตภัณฑ์ โดยเปรียบเทียบปริมาณส่วนผสมทางเคมี เพื่อใช้ในการพิจารณาเลือกวัสดุที่นำมาผลิต โดยเลือกวัสดุที่มีส่วนผสมทางเคมีในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

3.4.13 ออกแบบส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด

3.4.13.1 เขียนแบบส่วนแบบถอดเปลี่ยนมีดมีดเพื่อใช้ในการสั่งทำการผลิต โดยลอกแบบจากชิ้นงานต้นแบบที่ได้ทำการวัดรูปทรงทางเลขาคณิต

3.4.13.2 เลือกวัสดุที่จะนำมาใช้ผลิตส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด โดยพิจารณาจากความแข็งและส่วนผสมทางเคมีและ โครงสร้าง โดยเลือกวัสดุเหล็กที่มีค่าความแข็งและส่วนผสมทางเคมีที่มีค่าใกล้เคียงหรือเทียบเท่า กับเหล็กที่นำมาผลิตส่วนของแต่ละตราผลิตภัณฑ์

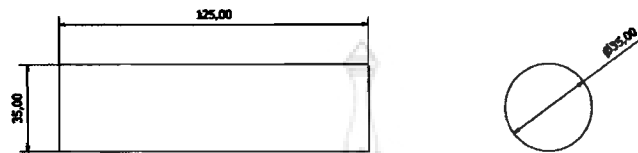
3.4.13.3 กำหนดการชุบผิวแข็ง โดยกำหนดให้การชุบแข็งให้มีความแข็งใกล้เคียงหรือเทียบเท่ากับชิ้นงาน

3.4.13.4 ออกแบบกระบวนการผลิตส่วนแบบถอดเปลี่ยนมีดมีด

3.4.14 ผลิตส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด (ต้นแบบ)

3.4.14.1 วัสดุที่ใช้ในการผลิต

วัสดุที่ใช้ในการผลิต จะใช้ เหล็ก SNCM 439 ขนาด $\varnothing 35 \times 125$ mm



ภาพที่ 3.131 วัตถุดิบสำหรับผลิตส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด (ต้นแบบ)

ส่วนผสมทางเคมีของเหล็ก SNCM 439

ตารางที่ 3.43 ตารางแสดงส่วนผสมทางเคมีของเหล็ก SNCM 439

ชนิดของเหล็ก	ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าผลิตด้ามมีดเจาะ							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
SNCM 8	0.36-	0.15-	0.60-	0.030	0.030	1.60-	0.60-	0.15-
	0.43	0.35	0.90			2.00	1.00	0.30

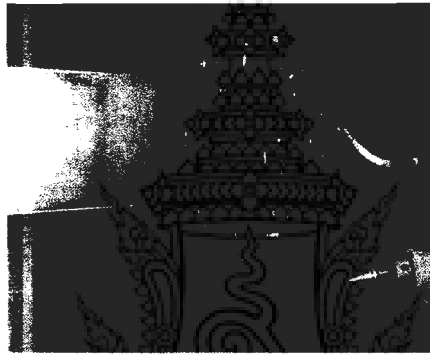
3.4.14.2 เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต

เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดประกอบด้วย

1) เครื่องกลึง CNC ยี่ห้อ HASS AUTOMATION เป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการกลึงขึ้นรูปเบื้องต้นของด้ามส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด



ภาพที่ 3.132 เครื่องกลึง CNC ยี่ห้อ HASS AUTOMATION



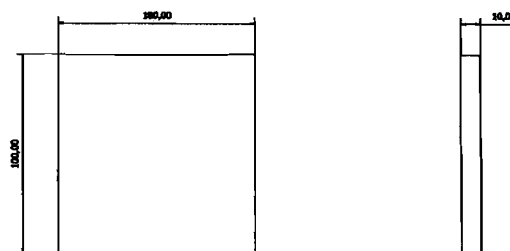
ภาพที่ 3.133 หัวจับ Cutting Tools

2) เครื่องกัด CNC ยี่ห้อ MIKRON VCF 1200 Pro มีสเปกเครื่องดังนี้
เป็นเครื่องกัด CNC 4 แกน ใช้สำหรับกัด ร่องเหลี่ยมของค้ำมสว่าน และใช้สำหรับกัดร่อง
กำหนดตำแหน่งแผ่นมีด

3.4.15 ทดสอบเปรียบเทียบคุณสมบัติ

3.4.15.1. เตรียมชิ้นงานทดสอบ

เตรียมชิ้นงานทดสอบโดยใช้เหล็ก S45C โดยมีขนาด 100×100



ภาพที่ 3.134 ชิ้นงานทดสอบการตัดเฉือน

3.4.15.2 เจ็อนไขที่ใช้ในการทดสอบการตัดเฉือน

เจ็อนไขทดสอบสว่านแบบถอดเปลี่ยนเม็ดมีด ตามมาตรฐานที่บริษัทผู้ผลิต

กำหนด

(1) อัตราป้อน (Feed Rate)	=	0.45	mm/Rev
(2) ความเร็วรอบ (Revoition)	=	2228	Rev/min
(3) ความเร็วตัด (Cutting Speed)	=	140	m/min
(4) ความลึก (Depth of Cut)	=	5	mm.

3.4.15.3 ทดสอบการเจาะภายใต้เจ็อนไขที่กำหนดไว้

ทดสอบการเจาะสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดภายใต้มาตรฐานที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด

3.4.16 บันทึกการรวบรวมข้อมูลผลการทดลอง

ทำการบันทึกข้อมูลที่ได้ทำการทดสอบ โดยละเอียดแล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบ โดยใช้เครื่องมือที่ใช้ในการจดบันทึกและเปรียบเทียบคือ

3.4.16.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง โดยการนำตารางบันทึกผลการทดลองเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง เพื่อง่ายต่อการนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ เช่น ตารางบันทึกผลการทดลองเปรียบเทียบการเจาะสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด

3.4.16.2 แผนภูมิ โดยการเขียนแผนภูมินั้นเพื่อแสดงขั้นตอนในการปฏิบัติขั้นตอนที่ทำการทดลอง เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามแผนที่ได้กำหนดไว้

3.4.16.3 กราฟ เมื่อได้ข้อมูลจากการทดลองครบถ้วน นำข้อมูลมาทำกราฟเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลอง โดยใช้กราฟและกราฟแท่งในการเปรียบเทียบผลการทดลอง

3.4.16.4 รูปในการทดลองขั้นตอนต่างๆ จะมีการถ่ายรูปเก็บไว้เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการทดลอง โดยแสดงขั้นตอนการทำงาน แสดงการใช้อุปกรณ์เครื่องมือ แสดงผลที่ได้จากการทดลอง

3.4.17 วิเคราะห์ข้อมูล

จากการบันทึกข้อมูล ผลการทดลอง ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล และจัดทำแบบฟอร์มรายงานผลการทดสอบ เพื่อใช้ในการนำเสนอผลการทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 5 แบบ คือ

3.4.17.1 รายงานผลการตรวจสอบเจ็อนไขในการเจาะสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด ภายใต้เจ็อนไขที่กำหนดขึ้น และภายใต้เจ็อน ไขตามมาตรฐานที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดทั้งสองแบบ

3.4.17.2 รายงานความเรียบผิวเมื่อได้ทำการเจาะในแต่ละเงื่อนไขเพื่อเปรียบเทียบของรูเจาะที่เจาะด้วยสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดทั้งสองแบบ

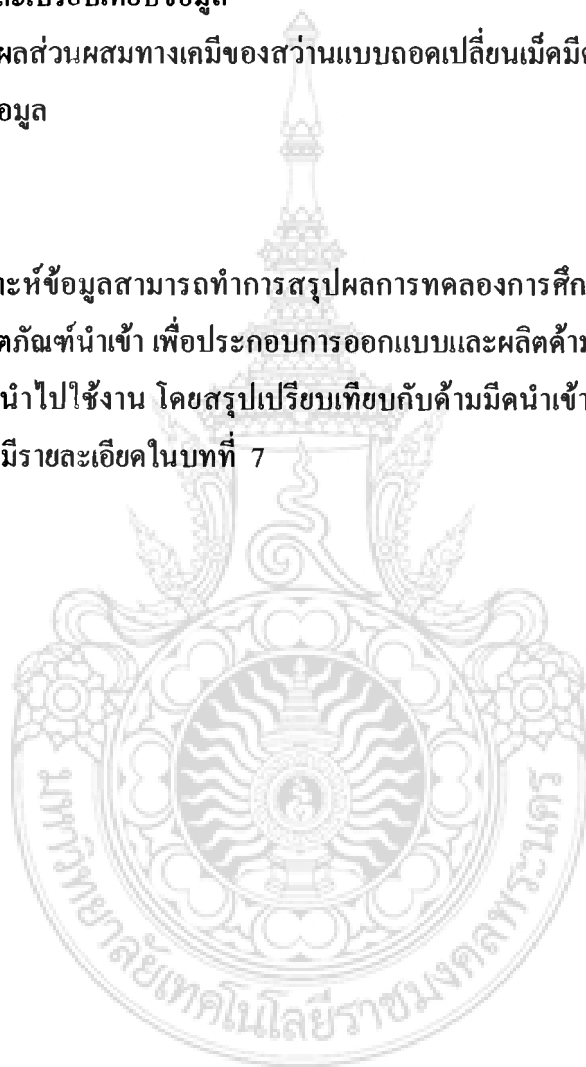
3.4.17.3 รายงานผลเส้นผ่านศูนย์กลางการเจาะของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดทั้งสองแบบเพื่อเปรียบเทียบเส้นผ่านศูนย์กลางที่ได้หลังการเจาะ

3.4.17.4 รายงานผลการวัดความแข็ง เพื่อเปรียบเทียบความแข็งของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด เพื่อการสรุปผล และเปรียบเทียบข้อมูล

3.4.17.5 รายงานผลส่วนผสมทางเคมีของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด วิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีเพื่อเปรียบเทียบข้อมูล

3.4.18 สรุปผลการผลิต

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถทำการสรุปผลการทดลองการศึกษารูปทรงเลขาคณิต ส่วนผสมทางเคมีของผลิตภัณฑ์นำเข้า เพื่อประกอบการออกแบบและผลิตด้ามมีดเจาะต้นแบบ ผลการผลิตและสรุปผลการนำไปใช้งาน โดยสรุปเปรียบเทียบกับด้ามมีดนำเข้า เทียบกับขนาดและความเรียบผิว การสรุปผลมีรายละเอียดในบทที่ 7



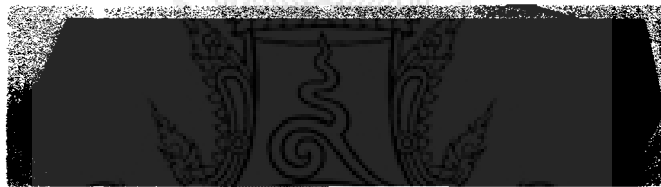
บทที่ 4

การผลิตด้ามมีดกึ่ง

บทนำ

ในหัวข้อนี้กล่าวถึงผลของการทดสอบการใช้งานของด้ามมีดกึ่งต้นแบบ ตรวจสอบขนาดด้ามมีดพร้อมกับทดสอบการใช้งาน โดยการกลึงปอกชิ้นงานเหล็กกล้า S50C (AISI 1050)

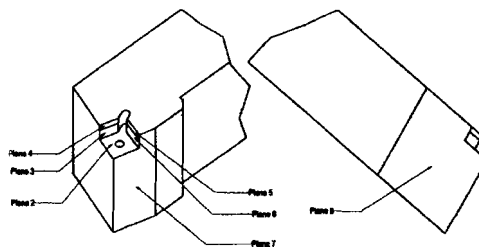
4.1 ลักษณะด้ามมีดกึ่งที่ผลิตเสร็จสมบูรณ์



ภาพที่ 4.1 ด้ามมีดกึ่งที่ผลิตขึ้นเป็นต้นแบบและแผ่นมีดสำหรับกลึงปอก

ตามภาพที่ 4.1 เป็นด้ามมีดสำหรับกลึงปอกและปาดหน้าชิ้นงานโดยใช้กับแผ่นมีด ขนาด $6.74 \times 6.74 \times 2.84$ มม. ซึ่งสามารถใช้กับด้ามมีดเจาะและด้ามมีดกัด เป็นชุดเครื่องมือตัดที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ลดการใช้แผ่นมีดหลายแบบได้คั้ง

4.2 การกำหนดระนาบต่างๆบริเวณจับยึดของด้ามมีดกึ่งต้นแบบ




ภาพที่ 4.2 กำหนดรูปแบบการตรวจสอบระนาบเฉียงที่ต้องการวัด

ตามภาพที่ 4.2 เป็นการกำหนดรูปแบบการตรวจสอบบริเวณประกอบแผ่นมีด ขนาด 6.74 x 6.74 x 2.84 มม. โดยมีผลการตรวจสอบตามตารางที่ 4.1

4.3 แสดงผลการวัดขนาดด้ามมีดถึงปอกที่ผลิตขึ้น

หลังจากด้ามมีดผ่านการผลิตมาแล้วก็จะนำด้ามมีดไปทดสอบ หาขนาดของระนาบเอียง ทั้ง 8 ระนาบ เพื่อนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับด้ามต้นแบบ

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดระนาบเอียงด้วยเครื่อง CMM



Operator	Admin		Measurement on	11/8/2552 13:59	
Plane Mean	X=	-0.0003	AX=	90:00:02	L= 24.1236 d= 0.00085
Plane 1	Y=	0.0004	AY=	89:59:56	
(1)	Z=	24.1236	AZ=	0:00:04	
Plane Mean	X=	-0.1532	AX=	90:38:20	L= 13.7450 d= 0.00954
Plane 2	Y=	-0.0334	AY=	90:08:21	
(2)	Z=	13.7442	AZ=	0:39:14	
Angle			A=	0:39:14	(1) Plane
Angle					(2) Plane
(1)					
Plane Mean	X=	275.9709	AX=	0:59:01	L= 276.0116 d= 0.00174
Plane 3	Y=	3.5620	AY=	89:15:38	
(3)	Z=	3.1238	AZ=	89:21:06	
Angle			A=	89:21:06	(1) Plane
Angle					(3) Plane
(2)					

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดระนาบเชิงด้วยเครื่อง CMM (ต่อ)

Shank Hoder (ENG.RMUTP) (mm)		Shank Hoder	
Operator		Admin	Measurement on 11/8/2552 13:59
Plane Mean Plane 4 (4)	X= 267.8538 Y= 3.2969 Z= 56.2474	AX= 11:52:45 AY= 89:18:35 AZ= 78:08:29	L= 273.7157 d= 0.00571
Angle Angle (3)		A= 101:51:31	(1) Plane (4) Plane
Plane Mean Plane 5 (5)	X= -2.1839 Y= 121.0014 Z= -25.3929	AX= 88:59:17 AY= 168:06:20 AZ= 78:09:00	L= 123.6564 d= 0.02615
Angle Angle (4)		A= 101:51:00	(1) Plane (5) Plane
Plane Mean Plane 6 (6)	X= -2.1390 Y= 130.8549 Z= 0.6012	AX= 89:03:49 AY= 179:01:38 AZ= 90:15:48	L= 130.8738 d= 0.00163
Angle Angle (5)		A= 90:15:48	(1) Plane (6) Plane
Plane Mean Plane 7 (7)	X= 115.8212 Y= 240.2109 Z= -6.7375	AX= 115:43:58 AY= 154:13:13 AZ= 88:33:10	L= 266.7606 d= 0.01085
Angle Angle (6)		A= 88:33:10	(1) Plane (7) Plane
Plane Mean Plane 8 (8)	X= 184.2308 Y= -88.3704 Z= 19.4767	AX= 26:09:34 AY= 115:30:06 AZ= 84:33:18	L= 205.2551 d= 0.01122
Angle Angle (7)		A= 89:58:41	(8) Plane (7) Plane
Line Mean Line1 (1)	X= 0.0000 Y= 150.9794 Z= -7.5119	AX= 90:00:00 AY= 87:09:06 AZ= 2:50:54	L= 151.1662 d= 0.10617
Angle Angle (8)		A= 87:09:06	(1) Line (1) Plane

จากตารางที่ 4.1 ผลการตรวจสอบระนาบ (Plane 1) เป็นระนาบอ้างอิง (Reference) ใช้ระนาบของ โต๊ะระดับเป็นระนาบเริ่มต้นสำหรับการอ้างอิงระนาบอื่นๆ หลังจากนั้นตรวจสอบระนาบที่ 2 (Plane 2) พบว่าทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 0 องศา 39 ลิปดา 14 พิลิปดา, ระนาบที่ 3 (Plane 3) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 89 องศา 21 ลิปดา 6 พิลิปดา, ระนาบที่ 4 (Plane 4) ทำมุมกับ

ระนาบที่ 1 เท่ากับ 101 องศา 51 ลิปดา 31 ฟลิปดา, ระนาบที่ 5 (Plane 5) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 101 องศา 51 ลิปดา 0 ฟลิปดา, ระนาบที่ 6 (Plane 6) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 90 องศา 15 ลิปดา 48 ฟลิปดา, ระนาบที่ 7 (Plane 7) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 88 องศา 33 ลิปดา 10 ฟลิปดา, ระนาบที่ 8 (Plane 8) ทำมุมกับระนาบที่ 1 เท่ากับ 89 องศา 58 ลิปดา 41 ฟลิปดา

4.4 การตรวจสอบความหยาบผิวชิ้นงานทดสอบ

หลังจากทำการทดสอบกลิ้งปอกผิวด้วยค้ำมีดกลิ้งต้นแบบ ชิ้นงานที่ผ่านการกลิ้งนำมาทดสอบความหยาบผิวเพื่อนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับค้ำมีดกลิ้งนำเข้า

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวัดความหยาบผิวหลังการกลิ้งด้วยค้ำมีดกลิ้งต้นแบบ

ชิ้นงาน	ค้ำมีด	ค่าความหยาบผิว														
		Ra (μm)					Ry (μm)					Rz (μm)				
		Ra 1	Ra 2	Ra 3	Ra 4	\overline{Ra}	Ry 1	Ry 2	Ry 3	Ry 4	\overline{Ry}	Rz 1	Rz 2	Rz 3	Rz 4	\overline{Rz}
1	ค้ำมีด	1.64	1.98	1.65	1.66	1.73	9.8	12.9	9.3	9.4	10.35	8.9	11.1	8.6	8.5	9.27
2	ค้ำมีด	1.60	1.60	1.59	1.58	1.59	8.6	8.6	8.6	8.2	8.5	8.1	8.3	8.3	8.0	8.17
3	ค้ำมีด	2.11	2.11	2.09	2.13	2.11	15.3	22.9	16.0	14.7	17.22	13.5	15.5	14.0	12.8	13.95

ชุดอุปกรณ์วัดความหยาบ

ผิวที่ต้องการตรวจสอบ

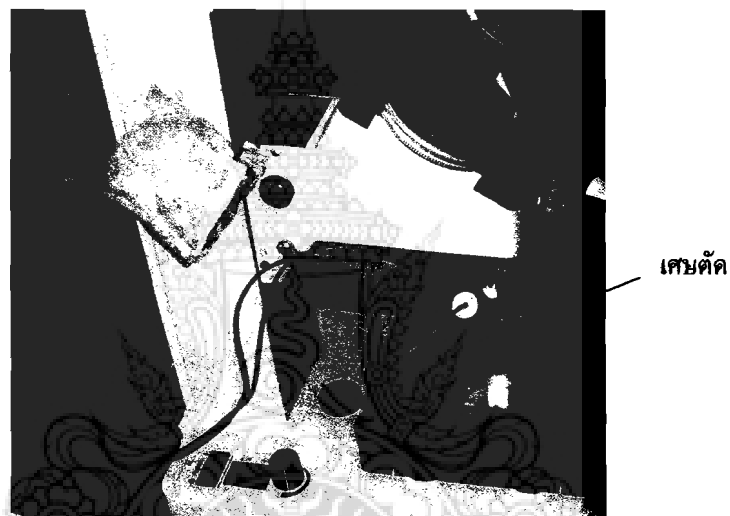
ชิ้นงาน AISI 1050



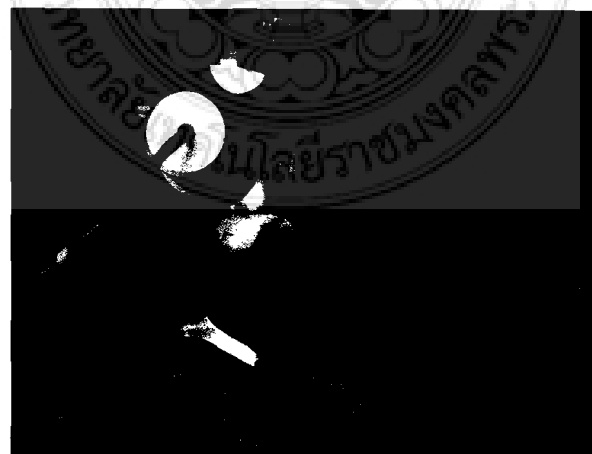
ภาพที่ 4.3 แสดงวิธีการตรวจสอบความหยาบผิวชิ้นงานที่ผ่านการกลิ้งปอกด้วยค้ำมีดกลิ้งต้นแบบ

4.5 การตรวจสอบขนาดของเศษกึ่ง (Chip)

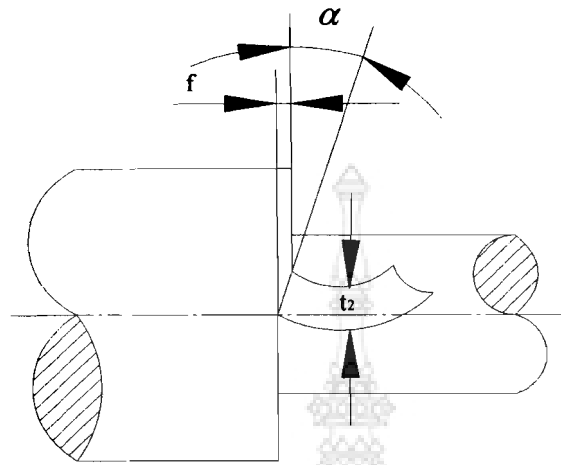
นำเศษกึ่งที่ได้จากการทดสอบกึ่งปอกด้วยด้ามมีดกึ่งต้นแบบนำมาตรวจสอบขนาดความหนาด้วยเครื่อง Microscope จากนั้นนำผลที่ได้มาใช้ในการคำนวณหาแรงเฉือน (F_s), แรงตัด (F_c) และระยะ โกงด้ามมีดในขณะกึ่งเพื่อนำผลของการคำนวณไปเปรียบเทียบกับด้ามมีดกึ่งนำเข้า



ภาพที่ 4.4 Microscope



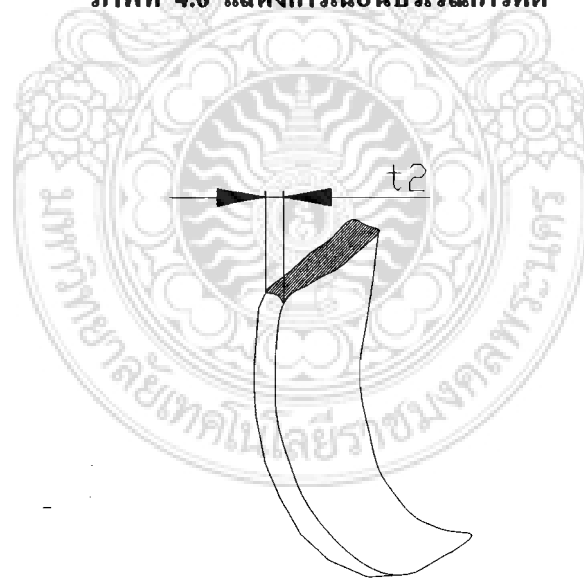
ภาพที่ 4.5 แสดงขณะทำการวางเศษกึ่งเพื่อตรวจสอบขนาดความหนา



$f = t_1 =$ อัตราป้อน (Feed rate)

$t_2 =$ ความหนาเศษ (Chip thickness)

ภาพที่ 4.6 แสดงการเฉือนบริเวณการตัด



ภาพที่ 4.7 แสดงลักษณะเศษกึ่งและการกำหนดขนาดความหนาเศษกึ่ง

ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจสอบขนาดความหนาของเศษกึ่งจากการใช้ด้ามมีดที่ผลิตขึ้น (ต้นแบบ)

ขนาดความหนาของเศษกึ่ง												
ตอนที่	ชั้นงานที่ 1				ชั้นงานที่ 2				ชั้นงานที่ 3			
	Lc1	Lc2	Lc3	\bar{L}_c	Lc1	Lc2	Lc3	\bar{L}_c	Lc1	Lc2	Lc3	\bar{L}_c
1	0.101	0.118	0.148	0.122	0.122	0.152	0.150	0.141	0.130	0.131	0.135	0.132
2	0.069	0.128	0.138	0.118	0.099	0.136	0.107	0.114	0.105	0.124	0.132	0.120
3	0.233	0.206	0.273	0.237	0.147	0.165	0.162	0.158	0.195	0.238	0.251	0.228
4	0.137	0.151	0.136	0.141	0.136	0.187	0.185	0.169	0.202	0.159	0.228	0.196
5	0.140	0.204	0.179	0.174	0.133	0.162	0.169	0.155	0.100	0.156	0.152	0.136
6	0.069	0.100	0.110	0.093	0.114	0.153	0.169	0.145	0.200	0.190	0.211	0.200
7	0.082	0.098	0.116	0.099	0.139	0.165	0.148	0.151	0.109	0.127	0.135	0.124
8	0.173	0.175	0.205	0.184	0.164	0.196	0.180	0.180	0.115	0.134	0.155	0.135
9	0.100	0.141	0.135	0.125	0.397	0.155	0.173	0.242	0.155	0.199	0.194	0.183
10	0.107	0.161	0.130	0.133	0.354	0.140	0.153	0.216	0.130	0.191	0.169	0.163
11	0.162	0.166	0.109	0.146	0.130	0.162	0.144	0.145	0.172	0.222	0.199	0.198
12	0.087	0.078	0.112	0.092	0.199	0.083	0.103	0.128	0.189	0.157	0.153	0.166
13	0.112	0.131	0.164	0.136	0.153	0.264	0.251	0.223	0.173	0.243	0.244	0.220
14	0.101	0.161	0.128	0.130	0.202	0.115	0.142	0.153	0.170	0.155	0.277	0.201
15	0.122	0.152	0.177	0.150	0.144	0.164	0.176	0.161	0.148	0.159	0.173	0.160
16	0.177	0.264	0.221	0.221	0.149	0.185	0.174	0.169	0.129	0.198	0.199	0.175
17	0.109	0.100	0.124	0.111	0.115	0.137	0.142	0.131	0.245	0.158	0.180	0.194
18	0.093	0.161	0.150	0.135	0.119	0.170	0.133	0.141	0.134	0.177	0.210	0.174
19	0.091	0.107	0.117	0.105	0.134	0.137	0.133	0.135	0.150	0.156	0.197	0.168
20	0.151	0.169	0.171	0.164	0.089	0.128	0.109	0.109	0.158	0.175	0.175	0.169
21	0.096	0.143	0.142	0.127	0.100	0.182	0.150	0.144	0.120	0.161	0.184	0.155
22	0.118	0.126	0.148	0.131	0.118	0.139	0.113	0.123	0.118	0.122	0.142	0.127
23	0.104	0.144	0.125	0.124	0.223	0.162	0.134	0.173	0.126	0.178	0.153	0.152
24	0.150	0.186	0.219	0.185	0.104	0.145	0.098	0.116	0.109	0.109	0.077	0.098
25	0.103	0.132	0.147	0.127	0.113	0.125	0.131	0.123	0.154	0.159	0.185	0.166
26	0.087	0.109	0.132	0.109	0.078	0.068	0.078	0.075	0.112	0.150	0.137	0.133
27	0.085	0.115	0.127	0.109	0.120	0.134	0.171	0.142	0.096	0.122	0.170	0.129
28	0.163	0.157	0.148	0.156	0.113	0.119	0.113	0.115	0.128	0.127	0.146	0.134
29	0.112	0.144	0.120	0.125	0.109	0.102	0.132	0.114	0.099	0.124	0.122	0.115
30	0.133	0.162	0.161	0.152	0.095	0.122	0.117	0.111	0.134	0.160	0.158	0.151

4.6 คำนวณขนาดของแรงเฉือน (Shear force) ขณะทำการกลึงปอกชิ้นงาน AISI 1050

4.6.1 ผลการกลึงของด้ามมีคัตตันแบบ

$$T_2 = \bar{X} = 0.195 \quad T_1 = F = 0.15 \quad \beta = 6^\circ$$

$$1) \text{ มุมเฉือน} \quad \text{แต่} \quad \text{Tan} \alpha = \frac{r \cos \beta}{1 - (r \sin \beta)}$$

$$ra = \frac{T_1}{T_2} = \frac{F}{T_2} = \frac{0.15}{0.195} = 0.76923$$

$$\therefore \text{Tan} \alpha = \frac{0.76923 \cos 6^\circ}{1 - (0.76923 \sin 6^\circ)}$$

$$= 0.83190$$

$$\alpha = \text{Tan}^{-1} 0.83190$$

$$= 39.75^\circ$$

$$L_s = \frac{T_1}{\sin \alpha} = \frac{0.15}{\sin 39.75^\circ}$$

$$= 0.23458 \text{ mm}$$

$$2) \text{ พื้นที่เฉือน (} A_s) \quad A_s = L_s \times d$$

$$= 0.23458 \times 3$$

$$= 0.70374 \text{ mm}^2$$

$$3) \text{ เหล็ก AISI 1050 มีค่า Tensile strength} = 58 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\sigma_t = 58 \times 9.81$$

$$= 568.98 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = \sigma_t \times 0.6$$

$$\therefore \sigma_s = 568.98 \times 0.6$$

$$= 341.388 \text{ N}$$

$$F_s = \sigma_s \times A_s$$

$$= 341.338 \times 0.70374$$

$$= 240.24839 \text{ N}$$

4.7 การคำนวณระยะโก่งในขณะกึ่ง (Y)

ค้ำมีคกถึงคั้นแบบที่ผลลค้ขึ้น

$$\text{จากสูตร} \quad Y = \frac{Fc \times L^3}{3 \times E \times I}$$

$$\begin{aligned} \text{แต่} \quad FC &= Fs(\cos \alpha + \sin \alpha) \\ &= 240.24839 (\cos 39.75 + \sin 39.75) \\ &= 338.33720 \text{ N} \end{aligned}$$

$$L = 30 \text{ mm}$$

$$E = 200 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

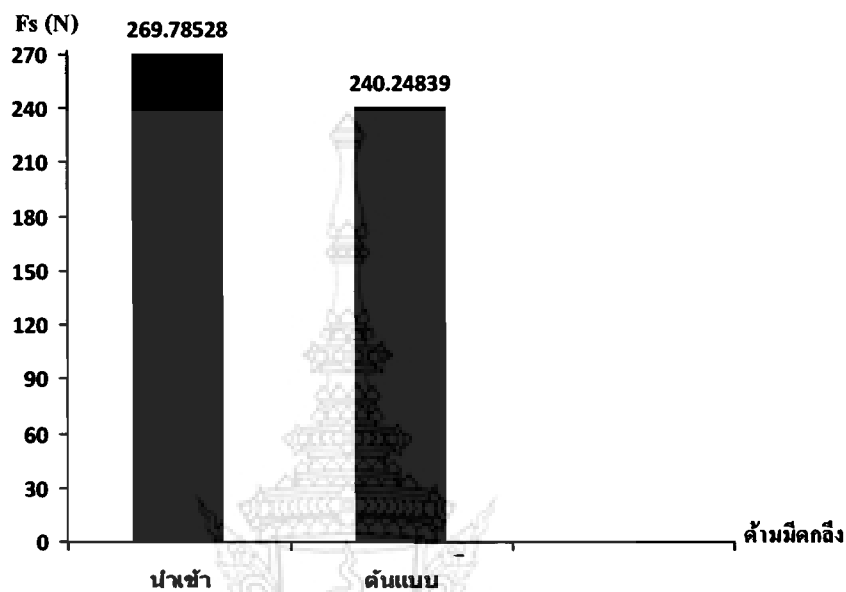
$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$= \frac{20 \times 20^3}{12}$$

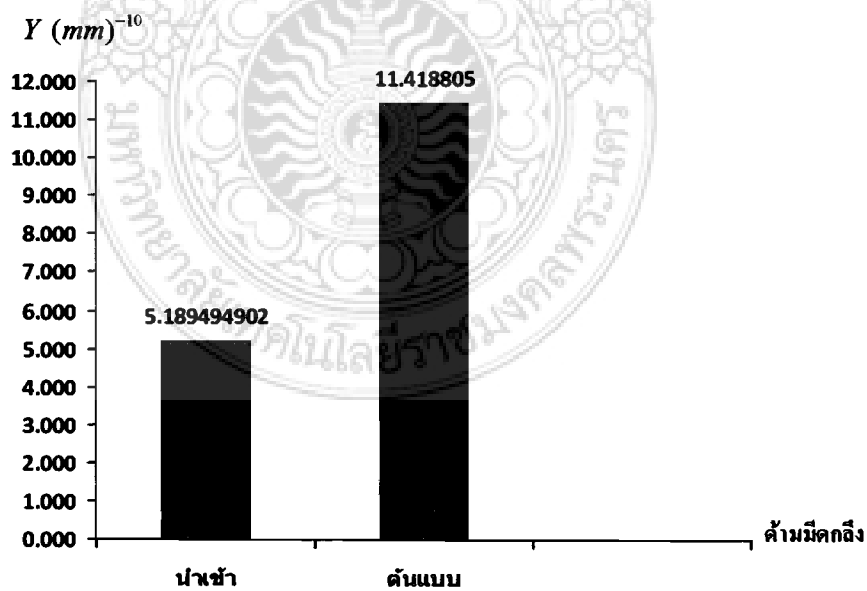
$$\begin{aligned} \therefore Y &= \frac{338.33720 \times 30^3 \times 12}{3 \times 200 \times 10^9 \times 20 \times 20^3} \\ &= 1.14188805^{-9} \text{ mm} \end{aligned}$$



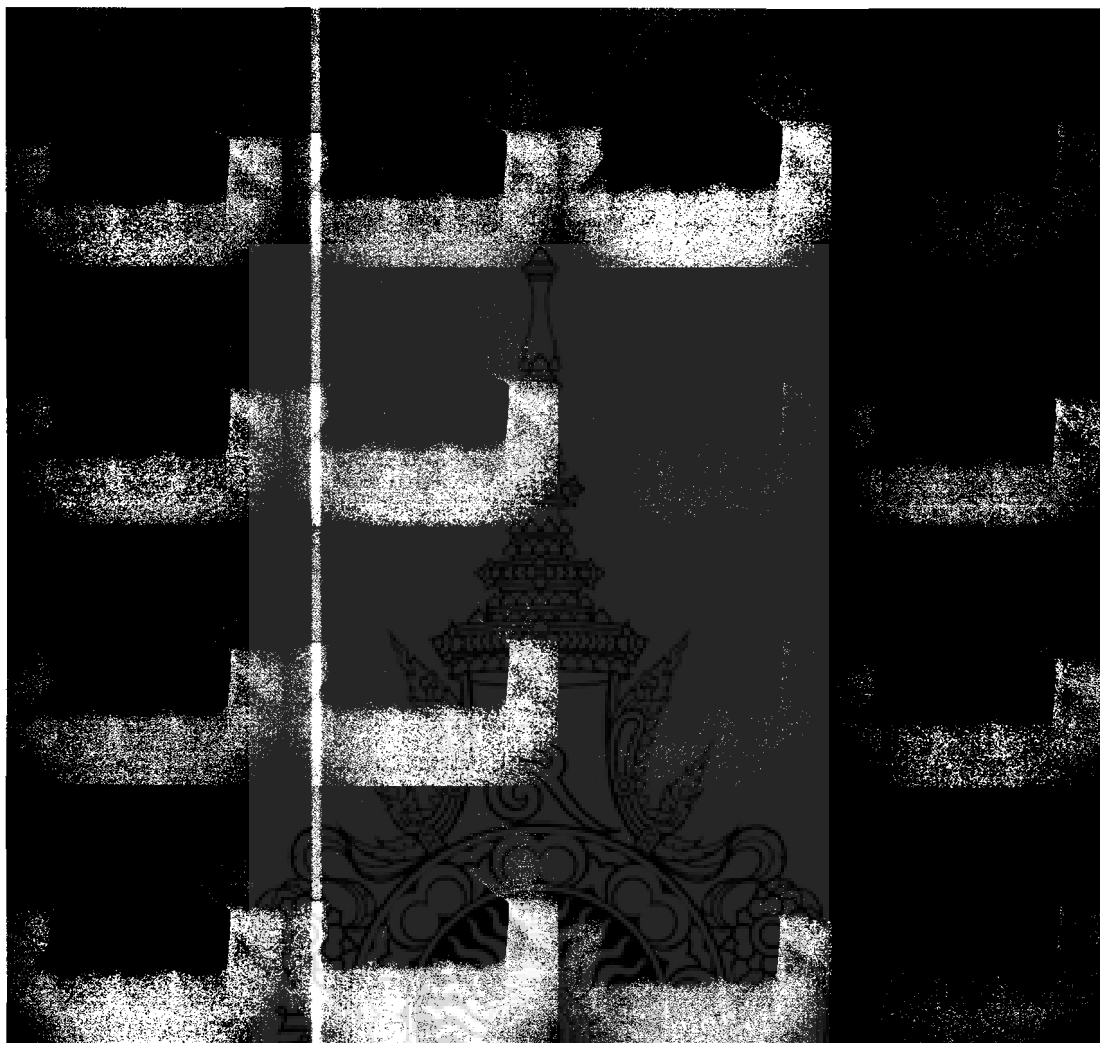
4.8 แสดงการเปรียบเทียบผลจากการคำนวณระหว่างด้ามมีค่นำเข้ากับด้ามต้นแบบที่ผลิตขึ้น



ภาพที่ 4.8 แผนภูมิเปรียบเทียบแรงในขณะกိုင်



ภาพที่ 4.9 แผนภูมิเปรียบเทียบระยะโค้งของด้ามมีค่นำ



ภาพที่ 4.10 ด้ามต้นแบบ



บทที่ 5

ศึกษาเชิงวิศวกรรมย้อนรอยและการผลิตด้ามมีดกัด 6 คมตัด

5.1 ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของหัวกัด

จากการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีพบว่าหัวกัด A มีส่วนผสมของธาตุคาร์บอน(C) อยู่ 0.414% ซิลิคอน(Si) 0.299% แมงกานีส(Mn) 0.775% โครเมียม(Cr) 1.36% โมลิบดีนัม (Mo) 0.179% นิกเกิล (Ni) 1.52% ทองแดง (Cu) 0.277% และเหล็ก (Fe) <94.90%

หัวกัด B มีส่วนผสมของธาตุคาร์บอน(C) อยู่ 0.387% ซิลิคอน(Si) 0.301% แมงกานีส(Mn) 0.641% โครเมียม(Cr) 1.52% โมลิบดีนัม (Mo) 0.167% นิกเกิล (Ni) 1.72% ทองแดง (Cu) 0.236% และเหล็ก (Fe) 94.75%

หัวกัด C มีส่วนผสมของธาตุคาร์บอน(C) อยู่ 0.437% ซิลิคอน(Si) 0.248% แมงกานีส(Mn) 0.681% โครเมียม(Cr) 0.853% โมลิบดีนัม (Mo) 0.204% นิกเกิล (Ni) 1.73% ทองแดง (Cu) 0.175% และเหล็ก (Fe) 95.38%

ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีของหัวกัดทั้ง 3 トラผลิตภัณฑ์

หัวกัด	ส่วนผสมทางเคมี (%Wt)							
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Cu	Fe
A	0.414	0.299	0.775	1.36	0.179	1.52	0.277	<94.90
B	0.387	0.301	0.641	1.52	0.167	1.72	0.236	94.75
C	0.437	0.248	0.681	0.853	0.204	1.73	0.175	95.38

หัวกัดทั้ง 3 トラผลิตภัณฑ์มีส่วนผสมทางเคมีที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งประกอบด้วยธาตุคาร์บอน (Carbon) ซิลิคอน (Silicon) โมลิบดีนัม (Molybdenum) มีความแตกต่างไม่เกิน 0.053% และธาตุแมงกานีส (Manganese) โครเมียม (Chromium) นิกเกิล (Nickel) ทองแดง (Copper) และธาตุเหล็ก มีความแตกต่างกันไม่เกิน 0.667% ซึ่งคุณสมบัติของธาตุต่าง ๆ เมื่อผสมลงไปนเหล็กสามารถอธิบายได้ดังนี้

ธาตุคาร์บอน (Carbon) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ C เป็นธาตุที่สำคัญที่สุด จะต้องมีผสมอยู่ในเนื้อเหล็ก มีคุณสมบัติทำให้เหล็กแข็งเพิ่มขึ้น หลังจากนำไปอบชุบ (Heat Treatment) โดยรวมตัวกับ

เนื้อเหล็ก เป็นสารที่เรียกว่า มาร์เทนไซต์ (Martensite) และซีเมนไตต์ (Cementite) นอกจากนั้น คาร์บอนยังสามารถรวมตัวกับเหล็ก และธาตุอื่น ๆ กลายเป็นคาร์ไบด์ (Carbide) ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มความต้านทานต่อการสึกหรอของเหล็ก อย่างไรก็ตาม คาร์บอนจะลดความยืดหยุ่น (Elasticity) ความสามารถในการตีขึ้นรูป (Forging) และความสามารถในการเชื่อม (Welding) และไม่มีผลต่อความต้านทานการกัดกร่อน คุณสมบัติดังกล่าวหวั้กัคตราผลิตภัณฑ์ C มีมากที่สุด รองลงมาคือหวั้กัคตราผลิตภัณฑ์ A และ B ตามลำดับ

ธาตุซิลิคอน (Silicon) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ Si ซิลิคอนจะปรากฏในเหล็กทุกชนิด เนื่องจากสินแร่เหล็กมักมีซิลิคอนผสมอยู่ด้วยเสมอ ซิลิคอนไม่ใช่โลหะ แต่มีสภาพเหมือนโลหะ ใช้เป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิไดซิ่ง (Oxidizing) ทำให้เหล็กแข็งแรงและทนทานต่อการเสียดสีได้ดีขึ้น เพิ่มค่าแรงดึงที่จุดคราก (Yield Point) ของเหล็กให้สูงขึ้นมาก ดังนั้น จึงใช้ผสมในการทำเหล็กสปริง (Spring Steels) ช่วยทำให้เหล็กทนทานต่อการตกสะเก็ด (Scale) ที่อุณหภูมิสูงได้ดี จึงใช้ผสมในเหล็กทนความร้อน เหล็กกล้าที่มีซิลิคอนสูงจะมีเกรนหยาบ คุณสมบัติดังกล่าวหวั้กัคตราผลิตภัณฑ์ B มีมากที่สุด รองลงมาคือหวั้กัคตราผลิตภัณฑ์ A และ C ตามลำดับ

ธาตุแมงกานีส (Manganese) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ Mn ใช้เป็นตัวไล่กำมะถัน (S) ซึ่งเป็นตัวที่ไม่ต้องการในเนื้อเหล็ก จะถูกกำจัดออกในขณะหลอม ทำให้เหล็กอบชุบแข็งง่ายขึ้น เนื่องจากเป็นตัวลดอัตราการเย็นตัววิกฤต (Critical Cooling Rate) ทำให้เหล็กทนทานต่อแรงดึงได้มากขึ้น เพิ่มสัมประสิทธิ์การขยายตัวของเหล็กเมื่อถูกความร้อน แต่จะลดคุณสมบัติในการเป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อน นอกจากนั้น แมงกานีสยังมีอิทธิพลต่อการขึ้นรูปหรือเชื่อม เหล็กกล้าคาร์บอนที่มีปริมาณแมงกานีสเพิ่มขึ้น จะทนต่อการเสียดสีได้ดีขึ้นมาก คุณสมบัติดังกล่าวหวั้กัคตราผลิตภัณฑ์ A มีมากที่สุดรองลงมาคือหวั้กัคตราผลิตภัณฑ์ C และ B ตามลำดับ

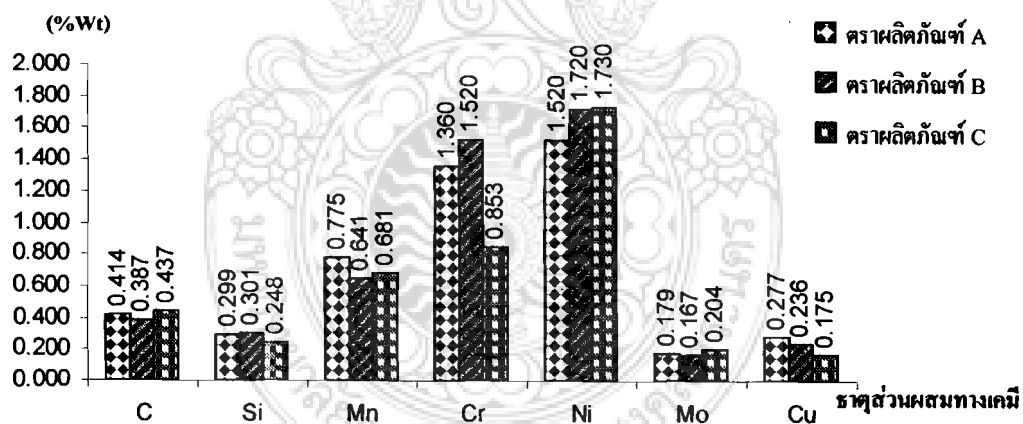
ธาตุโครเมียม (Chromium) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ Cr ทำให้เหล็กอบชุบได้ง่ายขึ้น เพราะลดอัตราการเย็นตัววิกฤตลงอย่างมาก สามารถชุบในน้ำมันหรืออากาศได้ (Oil or Air Quenching) เพิ่มความแข็งให้เหล็ก แต่ลดความทนทานต่อแรงกระแทก (Impact) ลง โครเมียมที่ผสมในเหล็กจะรวมตัวกับคาร์บอน เป็นสารประกอบพวกคาร์ไบด์ ซึ่งแข็งแรง ดังนั้น จึงทำให้เหล็กทนทานต่อแรงเสียดสี และบริเวณที่เป็นรอยคมหรือความคมไม่ลบง่าย ทำให้เหล็กเป็นสนิมได้ยาก เพิ่มความแข็งแรงของเหล็กที่ใช้งานที่อุณหภูมิสูง เพิ่มความทนทานต่อการกัดกร่อนของสารต่าง ๆ ได้ดีขึ้น คุณสมบัติดังกล่าวหวั้กัคตราผลิตภัณฑ์ B มีมากที่สุดรองลงมาคือหวั้กัคตราผลิตภัณฑ์ A และ C ตามลำดับ

ธาตุโมลิบดีนัม (Molybdenum) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ Mo ปกติจะใช้ผสมรวมกับธาตุอื่น ๆ เป็นตัวลดอัตราการเย็นตัววิกฤต ทำให้อบชุบง่ายขึ้น ป้องกันการเปราะขณะอบคืนตัว (Temper

Brittleness) ทำให้เหล็กมีเนื้อละเอียด เพิ่มความทนทานต่อแรงดึงแก่เหล็กมากขึ้น สามารถรวมตัวกับคาร์บอนเป็นคาร์ไบด์ได้ง่ายมาก ดังนั้น จึงปรับปรุงคุณสมบัติในการตัดโลหะ (Cutting) ของเหล็กไฮสปีด ได้ดีขึ้น เพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อน (Corrosion Resistance) แก่เหล็ก อย่างไรก็ตาม เหล็กที่มีโมลิบดีนัมสูงจะดีขึ้นรูปยาก คุณสมบัติดังกล่าวหวั้กัศตราผลิตภัณฑ์ C มีมากที่สุด รองลงมาคือหวั้กัศตราผลิตภัณฑ์ A และ B ตามลำดับ

ธาตุนิเกิล (Nickel) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ Ni เป็นตัวที่เพิ่มความทนทานต่อแรงกระแทกของเหล็ก ดังนั้น จึงใช้ผสมในเหล็กที่จะนำไปชุบแข็งที่ผิว ใช้ผสมกับโครเมียม ทำให้เหล็กทนทานต่อการกัดกร่อน ได้ดี ไม่เป็นสนิมง่าย ทนความร้อนคุณสมบัติดังกล่าวหวั้กัศตราผลิตภัณฑ์ C มีมากที่สุด รองลงมาคือหวั้กัศตราผลิตภัณฑ์ B และ A ตามลำดับ

ธาตุทองแดง (Copper) สัญลักษณ์ทางเคมี คือ Cu เพิ่มความแข็งแรง ถ้ามีทองแดงผสมอยู่ในเหล็กแม้เพียงเล็กน้อย เหล็กจะไม่เกิดสนิมเมื่อใช้งานในบรรยากาศ ทองแดงจะไม่มีผลเสียต่อความสามารถในการเชื่อมของเหล็กแต่อย่างไรคุณสมบัติดังกล่าวหวั้กัศตราผลิตภัณฑ์ A มีมากที่สุด รองลงมาคือหวั้กัศตราผลิตภัณฑ์ B และ C ตามลำดับ



ภาพที่ 5.1 กราฟเปรียบเทียบส่วนผสมทางเคมีของหวั้กัศแต่ละตราผลิตภัณฑ์

เมื่อเทียบมาตรฐานแล้วหวั้กัศตราผลิตภัณฑ์ A และ B ผลิตมาจากเหล็ก SNCM 439 ตามมาตรฐาน JIS ส่วนหวั้กัศตราผลิตภัณฑ์ C ผลิตมาจากเหล็ก 4340 ตามมาตรฐาน AISI

5.2 ผลการทดสอบความแข็ง

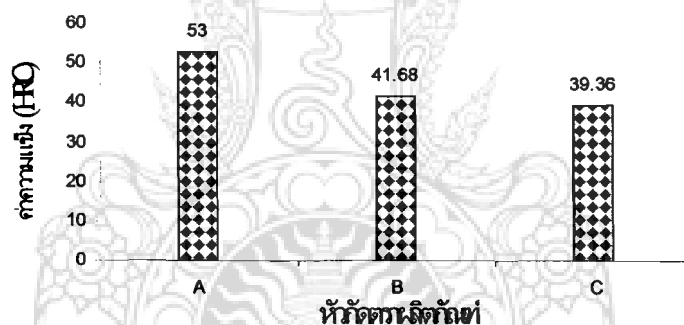
จากการทดสอบความแข็งของหวั้กัศตราผลิตภัณฑ์ A หวั้กัศตราผลิตภัณฑ์ B และ หวั้กัศตราผลิตภัณฑ์ C ด้วยวิธีการทดสอบความแข็งแบบรอกเวลล์ซี (Rockwell C) พบว่าหวั้กัศตราผลิตภัณฑ์

A มีความแข็งมากที่สุด รองลงมา คือหัวกัดตราผลิตภัณฑ์ B และตราผลิตภัณฑ์ C ตามลำดับซึ่งผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบความแข็ง โดยวิธีการกดแบบรอกเวลล์สเกลซี (Rockwell C)

หัวกัด	ค่าความแข็ง (HRC)					ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
A	52.0	53.0	55.0	53.0	52.0	53.0
B	41.8	41.1	41.9	41.8	41.8	41.68
C	40.0	39.2	38.5	40.1	39	39.36

จากตารางที่ 5.2 เมื่อนำค่าเฉลี่ยมาทำกราฟเปรียบเทียบแสดงได้ดังนี้



ภาพที่ 5.2 กราฟเปรียบเทียบความแข็งของหัวกัดแต่ละตราผลิตภัณฑ์

5.3 ผลการตรวจสอบขนาดรูปทรงเรขาคณิตของหัวกัด

ผลการตรวจสอบรูปทรงเรขาคณิตของหัวกัดปาดผิวราบของแต่ละตราผลิตภัณฑ์ ได้ผลตามตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ผลการตรวจสอบขนาดในส่วนของความกว้าง ความยาว ความสูง

รายการ หัวกัด	ขนาดที่ตรวจวัด (มม.)									
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
A	74.45	1.62	0.67	9.57	1.53	14.54	25.67	44.33	47.09	54.33
B	90.09	1.10	1.00	9.06	1.1	17.23	18.79	45.47	47.42	56.53
C	94	1.25	1.25	9.35	0.5	18.32	23.36	32.13	37.58	53.72

ตารางที่ 5.3 ผลการตรวจสอบขนาดในส่วนของความกว้าง ความยาว ความสูง(ต่อ)

รายการ หัวกััด	ขนาดที่ตรวจวัด (มม.)									
	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20
A	59.22	62.22	136	0.45	2.74	6.47	4.95	1.37	4.37	2.28
B	53.54	62.13	135.8		1.96					
C	57.25	62	137		5.45					

ตารางที่ 5.3 ผลการตรวจสอบขนาดในส่วนของความกว้าง ความยาว ความสูง(ต่อ)

รายการ หัวกััด	ขนาดที่ตรวจวัด (มม.)									
	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30
A	5.07	3.07	2.02	1.43	0.65	68	4.23	7.12	7.91	8.88
B	3.42							5.60		
C		2		2.12				6.08		

ตารางที่ 5.3 ผลการตรวจสอบขนาดในส่วนของความกว้าง ความยาว ความสูง(ต่อ)

รายการ หัวกััด	ขนาดที่ตรวจวัด (มม.)									
	D31	D32	D33	D34	D35	D36	D37	D38	D39	D40
A	9.39	9.93	1	0.65	7.35	4	1.71	3.42	3	6.07
B	6.72			53.63	6.4	4.78	1.07	2.14	4.15	5.82
C	9.75				7.17	5	1.5	3	3.5	5.5

ตารางที่ 5.3 ผลการตรวจสอบขนาดในส่วนของความกว้าง ความยาว ความสูง(ต่อ)

รายการ หัวกััด	ขนาดที่ตรวจวัด (มม.)									
	D41	D42	D43	D44	D45	D46	D47	D48	D49	D50
A	4.42	0.5	3.1	10.1	10	3.97	7.42	62.3	7	16.45
B	6.35		4.25	5.23	9.23	2	7.58	62.04		16.4
C	5.5		4.1	4.12		3.82	7.35	62.02		16.57

ตารางที่ 5.3 ผลการตรวจสอบขนาดในส่วนของความกว้าง ความยาว ความสูง(ต่อ)

รายการ หัวกัศ	ขนาดที่ตรวจวัด (มม.)								
	D91	D92	D93	D94	D95	D96	D97	D98	D99
A									
B	0.5	1.00	6.32	0.75	21.91	26.85	3		
C								0.77	55.5

ตารางที่ 5.3 ผลการตรวจสอบขนาดในส่วนของความกว้าง ความยาว ความสูง(ต่อ)

รายการ หัวกัศ	ขนาดที่ตรวจวัด (มม.)						
	D101	D102	D103	D104	D105	D106	D107
A							
B							
C	54.35	58.05	79	81.05	88.5	2.58	3.2

ตารางที่ 5.4 ผลการตรวจสอบขนาดรูปทรงเรขาคณิตหัวกัศในส่วนองขนาดที่เป็นรัศมี

รายการ หัวกัศ	ขนาดที่ตรวจวัด (มม.)												
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13
A	3	15	3	2	3.5	4	1.25	2.5	3.5				
B	1.75	5		1		5				1.75	1	3	
C	4.5	7		2		5				2	0.35	4	4.5

ตารางที่ 5.5 ผลการตรวจสอบขนาดรูปทรงเรขาคณิตหัวกัศในส่วนองขนาดที่เป็นมุม

รายการ หัวกัศ	ขนาดที่ตรวจวัด (องศา)										
	A1	A2	A3	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A12	
A	19.98	37.67	35	47	24.33	25	55	70	66.67		
B	15.46	50		45		40		75	73		
C	15.9	32		45		15		73	73	53	

ตารางที่ 5.5 ผลการตรวจสอบขนาดรูปทรงเรขาคณิตหัวกักในส่วนของขนาดที่เป็นมุม(ต่อ)

รายการ หัวกัก	ขนาดที่ตรวจวัด (องศา)									
	A12	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22
A			75	45	45			45	45	45
B			75	45	45	140	10	45	45	
C	53	32	73	44	45	131		45		

ตารางที่ 5.5 ผลการตรวจสอบขนาดรูปทรงเรขาคณิตหัวกักในส่วนของขนาดที่เป็นมุม(ต่อ)

รายการ หัวกัก	ขนาดที่ตรวจวัด (องศา)									
	A24	A25	A26	A27	A29	A30	A31	A32	A33	A34
A	23	25.33	69	120	94					
B	25	27	75		105	105	89	99.65	15	35.17
C	17	17	60	130	95	103	90	103		

ตารางที่ 5.5 ผลการตรวจสอบขนาดรูปทรงเรขาคณิตหัวกักในส่วนของขนาดที่เป็นมุม(ต่อ)

รายการ หัวกัก	ขนาดที่ตรวจวัด (องศา)						
	A35	A36	A37	A38	A39	A40	A41
A							
B	45	45	45				
C				45	45	30	135

จากตารางผลการตรวจสอบขนาดรูปทรงเรขาคณิตของหัวกักแต่ละตราผลิตภัณฑ์ และเมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกันสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

5.3.1 ขนาดในส่วนที่หัวกักมีแตกต่างกันทั้ง 3 ตราผลิตภัณฑ์

หัวกักตราผลิตภัณฑ์ A มีขนาดที่แตกต่างจากตราผลิตภัณฑ์อื่นทั้งหมด 35 ขนาด ได้แก่ ขนาด D14, D16, D17, D18, D19, D20, D23, D25, D26, D27, D29, D30, D32, D33, D42, D49, D52, D53, D55, D57, D58, D62, D63, D64, D67, D68, R3, R5, R7, R8, R9, A3, A6, A8,

A22 ผลการศึกษารูปทรงและขนาดของแต่ละผลิตภัณฑ์ พบว่าตราผลิตภัณฑ์ A มีการกำหนดขนาดรูปทรงที่เกิดจากการผลิตมีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่น

หัวกัศตราผลิตภัณฑ์ B มีการกำหนดขนาดแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่น 23 รายการ ได้แก่ ขนาด D71, D72, D81, D82, D84, D85, D86, D87, D88, D89, D90, D91, D92, D93, D94, D95, D96, D97, A19, A33, A35, A36, A37 ซึ่งขนาดเหล่านี้ทำให้หัวกัศตราผลิตภัณฑ์ B มีตำแหน่งในการผลิตแตกต่างจากตราผลิตภัณฑ์อื่น

หัวกัศตราผลิตภัณฑ์ C มีขนาดที่แตกต่างจากตราผลิตภัณฑ์อื่นทั้งหมด 16 ขนาด ได้แก่ ขนาด D98, D99, D101, D102, D103, D104, D105, D106, D107, R13, A12, A14, A38, A39, A40, A41 ซึ่งขนาดเหล่านี้ทำให้หัวกัศตราผลิตภัณฑ์ C มีตำแหน่งในการผลิตแตกต่างจากตราผลิตภัณฑ์อื่น

ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลแล้วพบว่าหัวกัศตราผลิตภัณฑ์ A มีการออกแบบที่แตกต่างจากกัศของตราผลิตภัณฑ์อื่นมากที่สุดคือ 35 ขนาด รองลงมาคือหัวกัศตราผลิตภัณฑ์ B และหัวกัศตราผลิตภัณฑ์ C ซึ่งมี 23 และ 16 ขนาดตามลำดับ

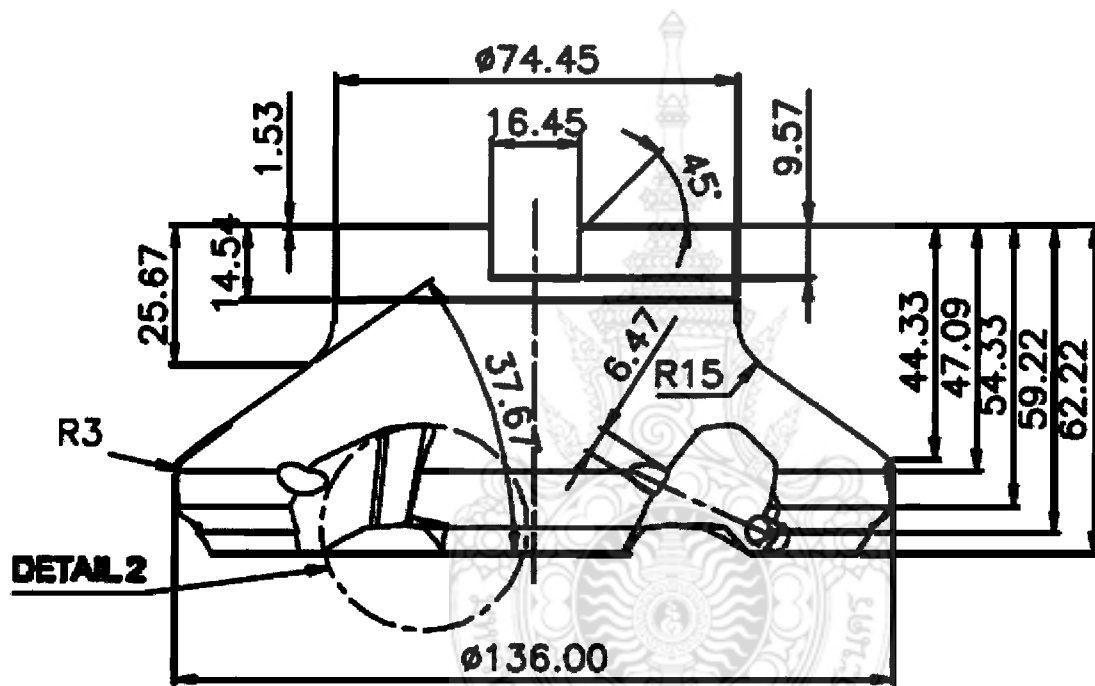
5.3.2 ขนาดในส่วนที่หัวกัศมีเหมือนกันและค่าใกล้เคียงกัน ($\pm < 3$ มม.)

มี 35 ขนาด ได้แก่ ขนาด D2, D3, D4, D5, D10, D12, D13, D28, D35, D36, D37, D38, D39, D40, D41, D43, D46, D47, D48, D50, D51, D56, D59, D60, D65, D66, D70, R1, R4, R6, A5, A15, A16, A17, A20 เป็นขนาดที่หัวกัศทั้ง 3 ตราผลิตภัณฑ์มีขั้นตอนในการผลิตที่เหมือนหรือใกล้เคียงกันมาก ซึ่งถือว่าเป็นขนาดมาตรฐานสำหรับหัวกัศแต่ละตราผลิตภัณฑ์

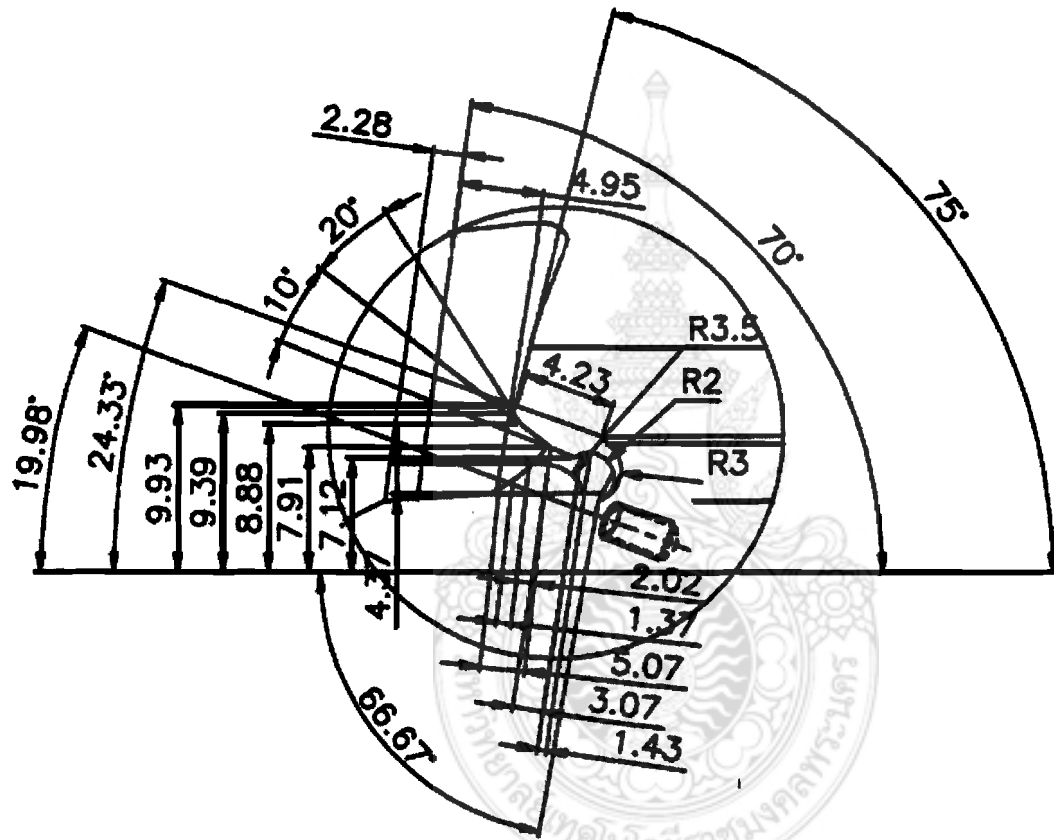
5.3.3 ขนาดในส่วนที่หัวกัศมีเหมือนกันและค่าแตกต่างกัน ($\pm \geq 3$ มม.)

มี 21 ขนาด ได้แก่ ขนาด D1, D6, D7, D8, D9, D11, D15, D31, D44, D54, D61, R2, A1, A2, A7, A9, A10, A24, A25, A26, A29 เป็นขนาดที่หัวกัศทั้ง 3 ตราผลิตภัณฑ์มีเหมือนกันแต่ออกแบบแตกต่างกันคือขนาดแตกต่างกันออกไปซึ่งตรงจุดนี้ทำให้ขั้นตอนการผลิตมีความแตกต่างกันออกไปซึ่งพบว่าหัวกัศตราผลิตภัณฑ์ A แตกต่างจากตราผลิตภัณฑ์อื่นมากที่สุด ได้แก่ ขนาด D1 (A=74.45, B=90.09, C=94.00) ซึ่งแตกต่างกัน 19.35 มิลลิเมตร ขนาด D44 (A=10.1, B=5.23, C=4.12) ซึ่งแตกต่างกัน 5.98 มิลลิเมตร ขนาด R2 (A=15, B=5, C=7) ซึ่งแตกต่างกัน 10 มิลลิเมตร ขนาด A1 (A=19.98, B=15.46, C=15.9) ซึ่งแตกต่างกัน 4.52 องศา ขนาด A5 (A=47, B=45, C=45) ซึ่งแตกต่างกัน 2 องศา ขนาด A10 (A=66.67, B=73, C=73) ซึ่งแตกต่างกัน 6.63 องศา เป็นต้น

เมื่อนำค่าที่ได้จากการตรวจสอบขนาดของแต่ละตราผลิตภัณฑ์ บันทึกและเขียนแบบ (Drawing) แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้



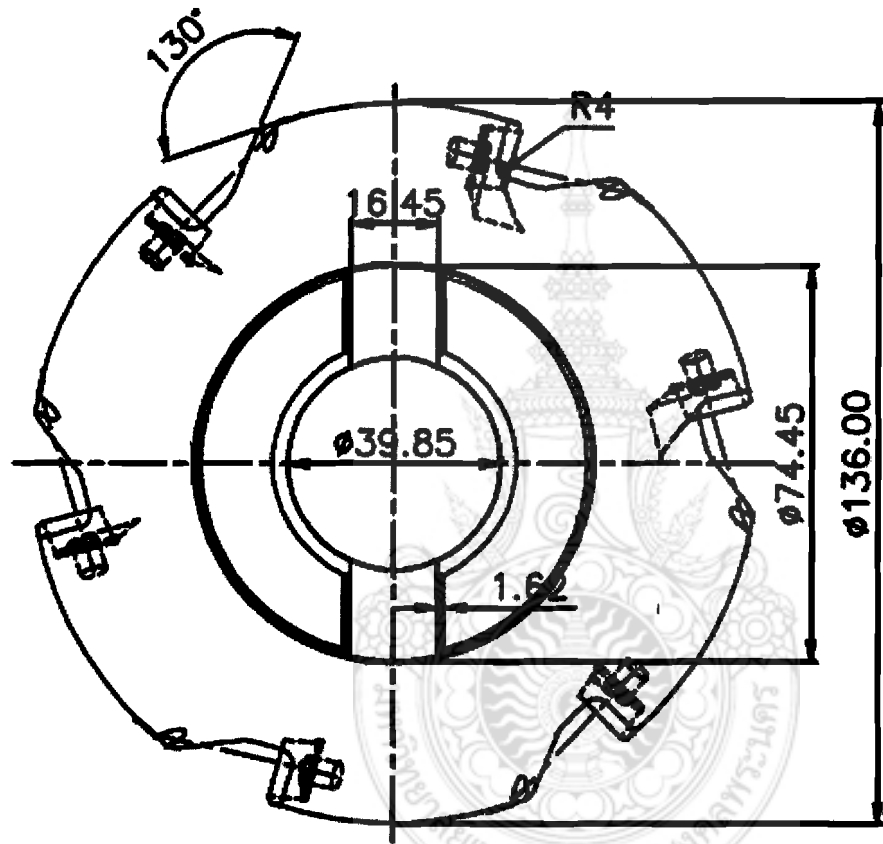
(n) Front View



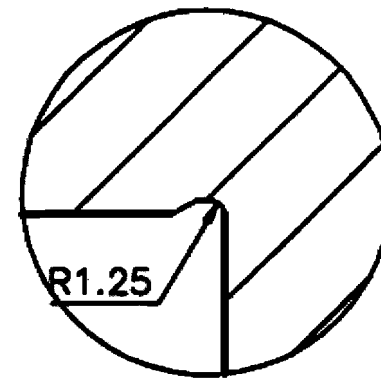
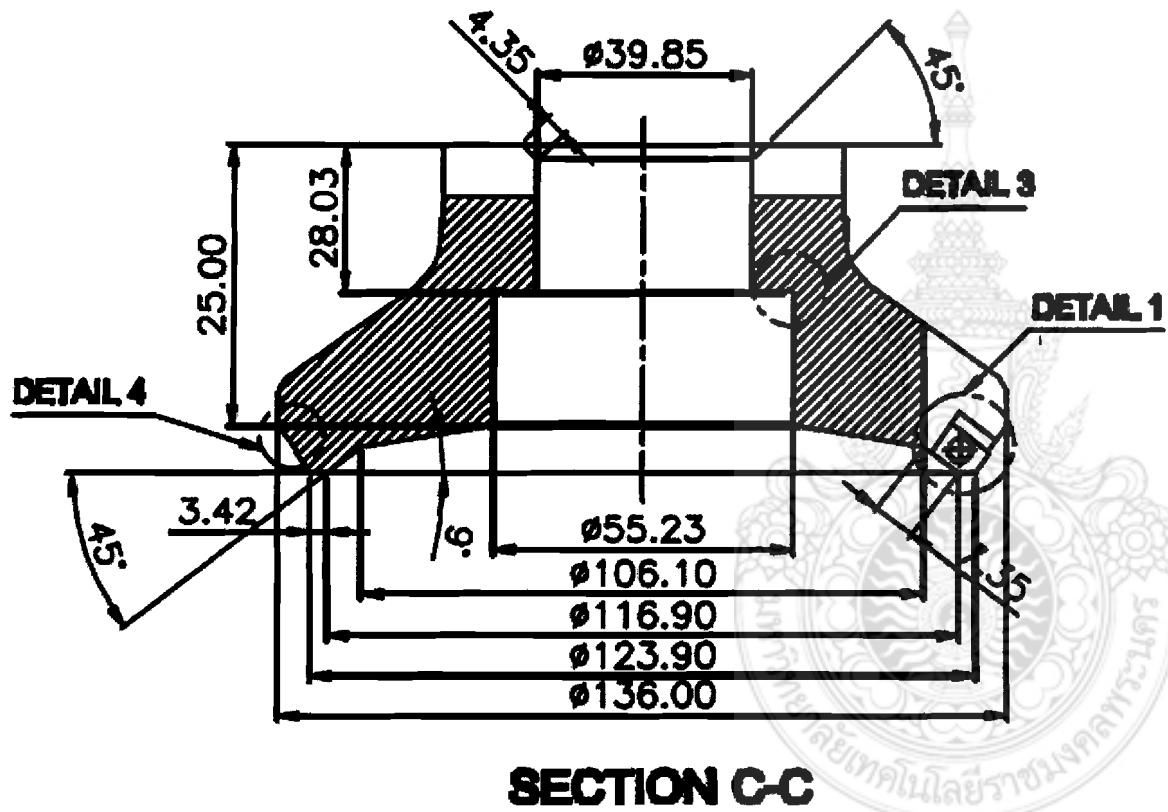
DETAIL 2

SCALE 1:3

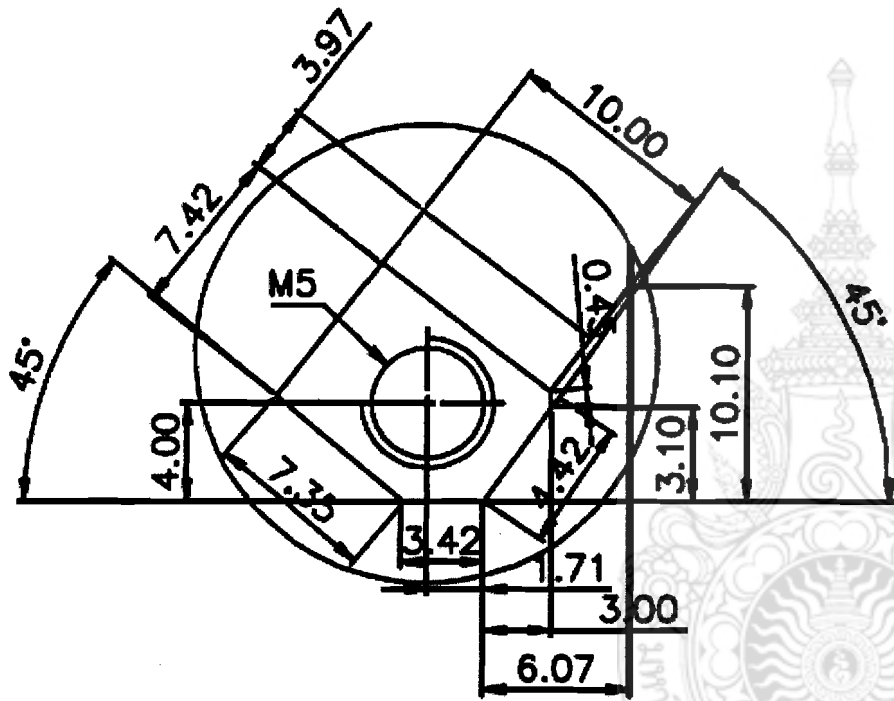
(v) Detail 2



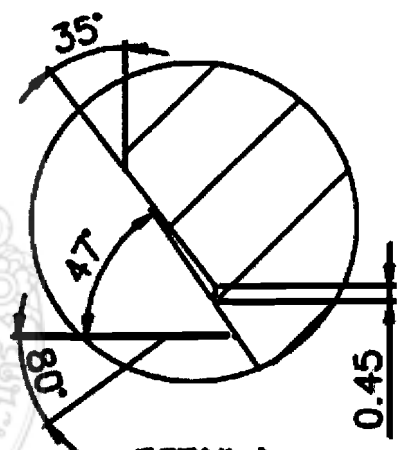
(ก) Top View



(จ) Section C-C และ Detail 3

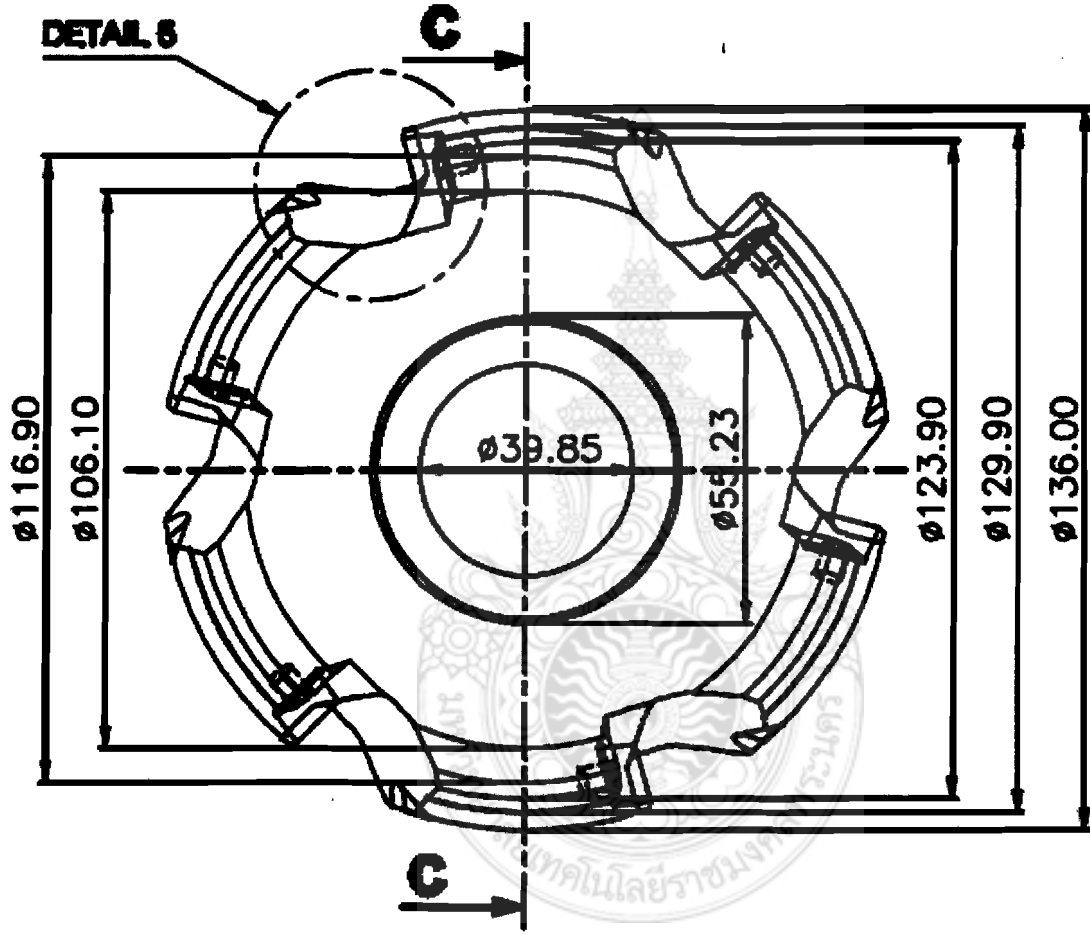


DETAIL 1
SCALE 1:6

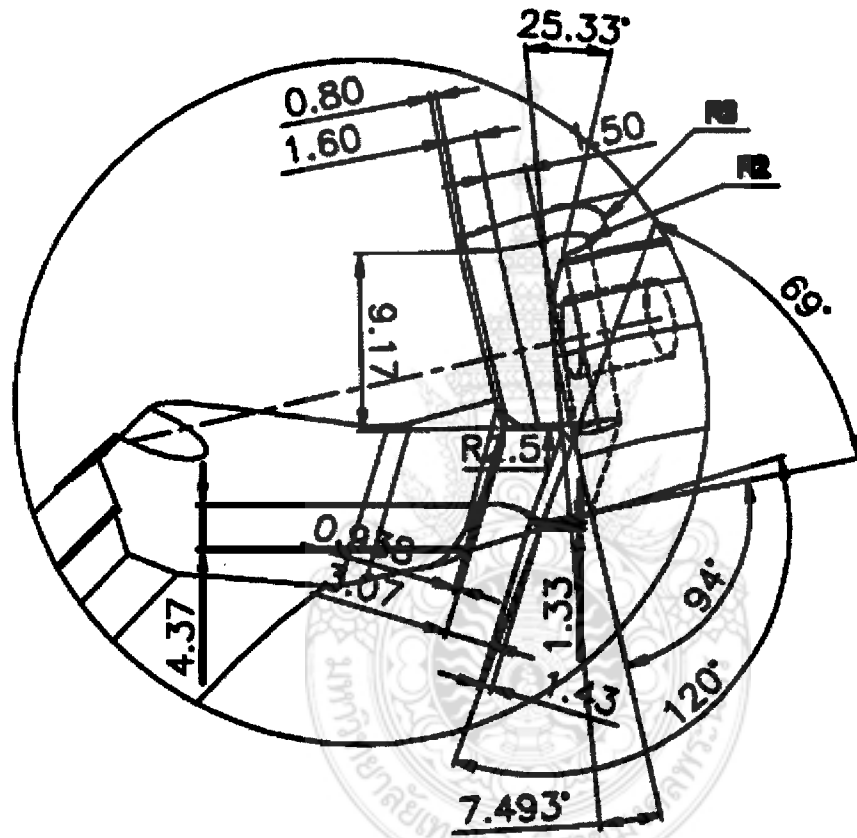


DETAIL 4
SCALE 1:6

(๑) Detail 1 และ Detail 4

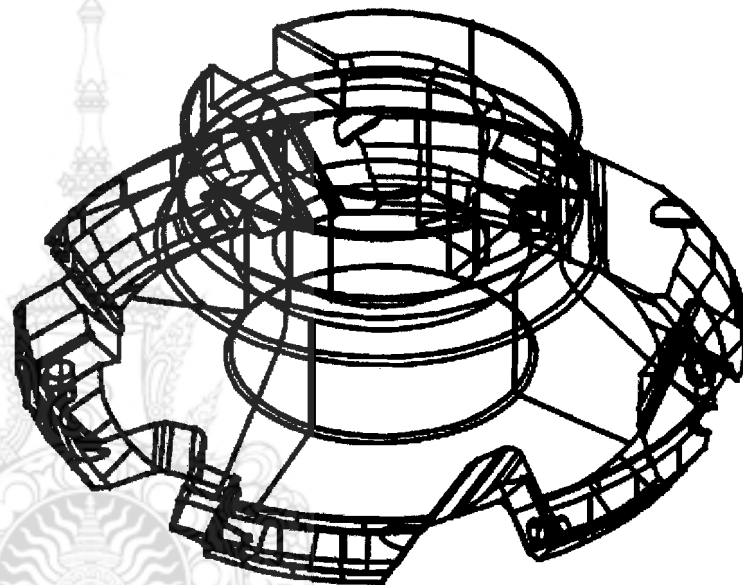
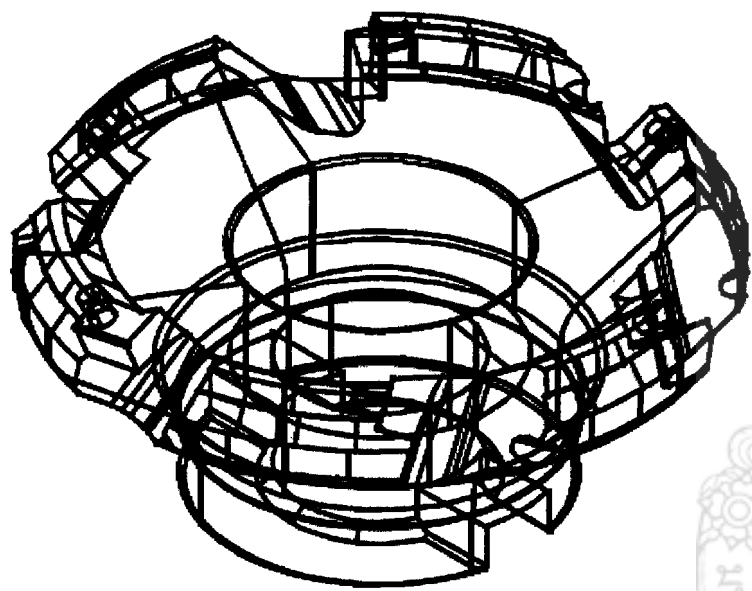


(a) Bottom View



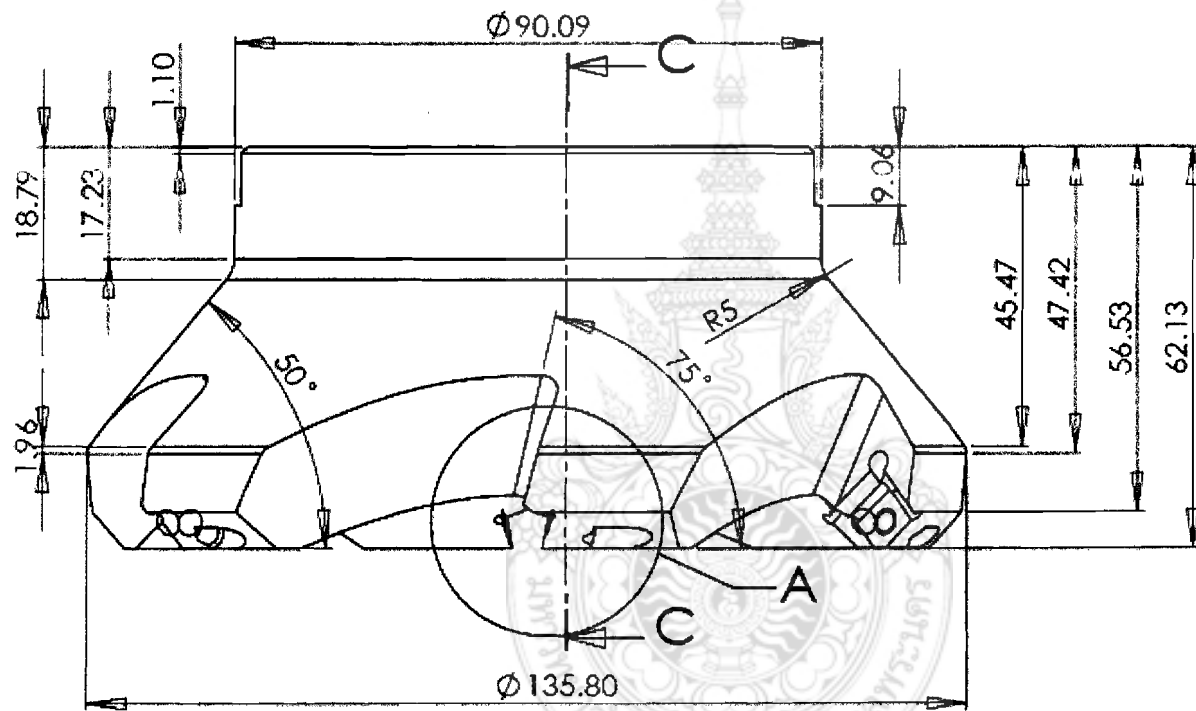
DETAIL 5
SCALE 1:3

(๗) Detail 5

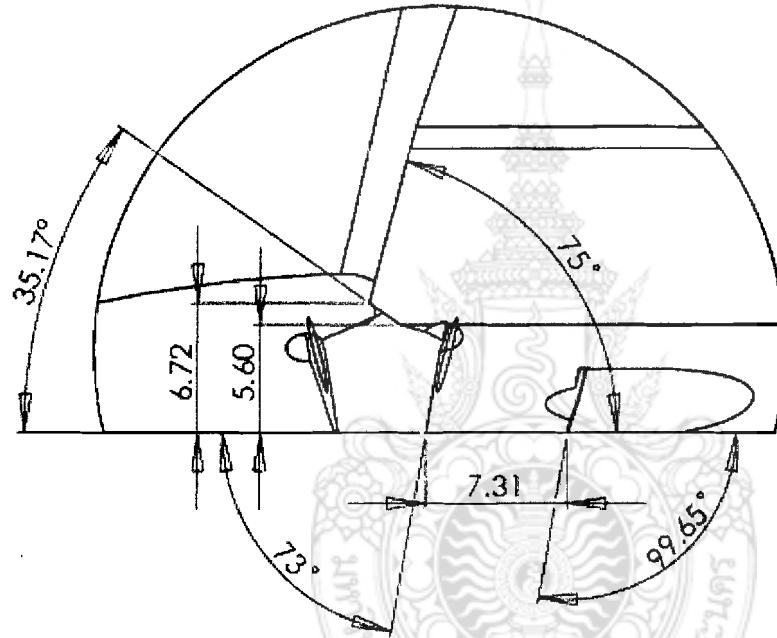


(ข) ภาพ 3D

ภาพที่ 5.3 ขนาดที่ได้จากการตรวจสอบหัวกัศตราผลิตภัณฑ์ A

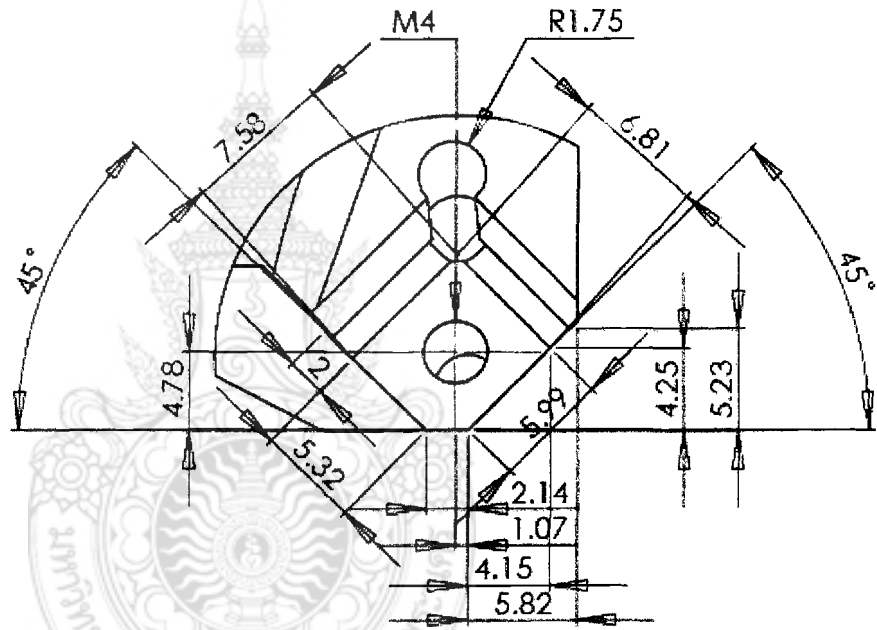
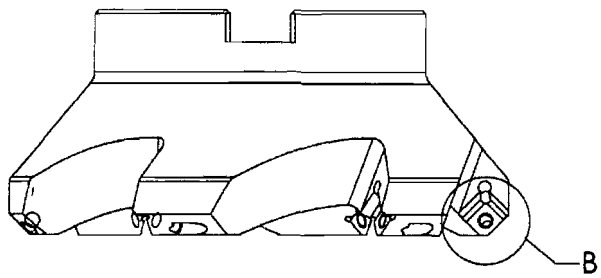


(n) Front View



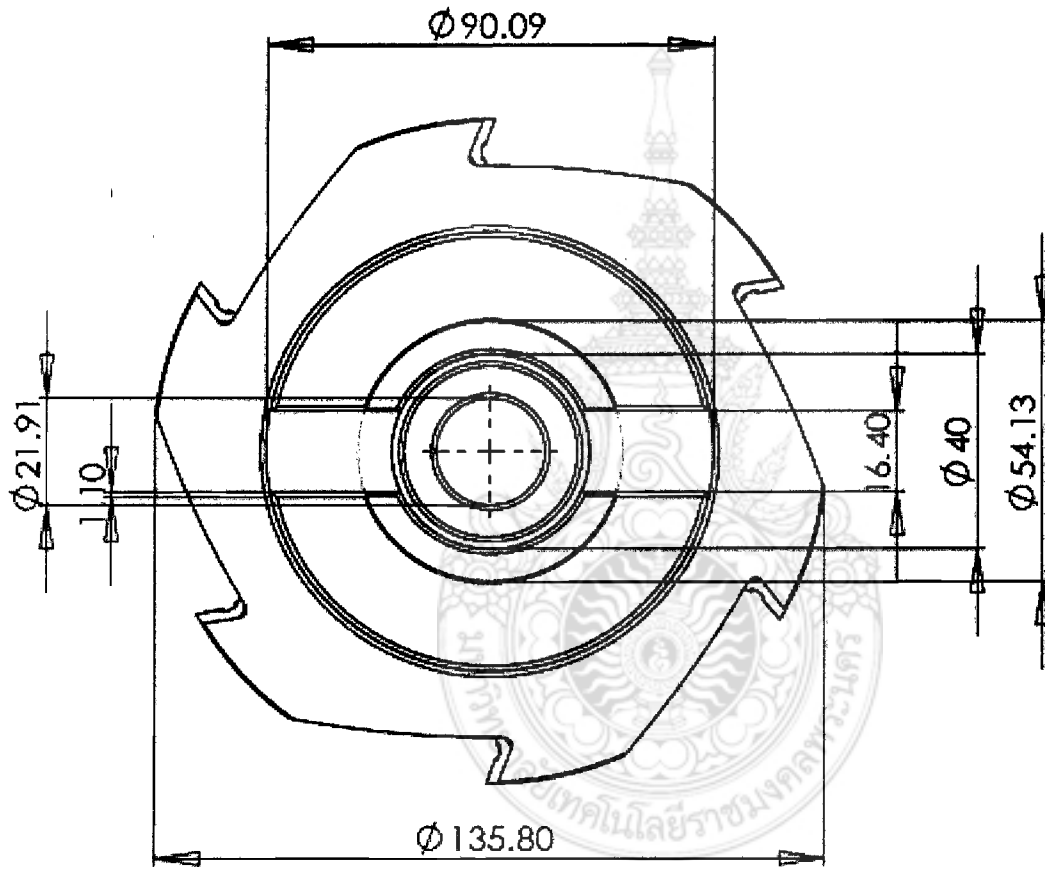
DETAIL A
SCALE 3 : 1

(๑) Detail A

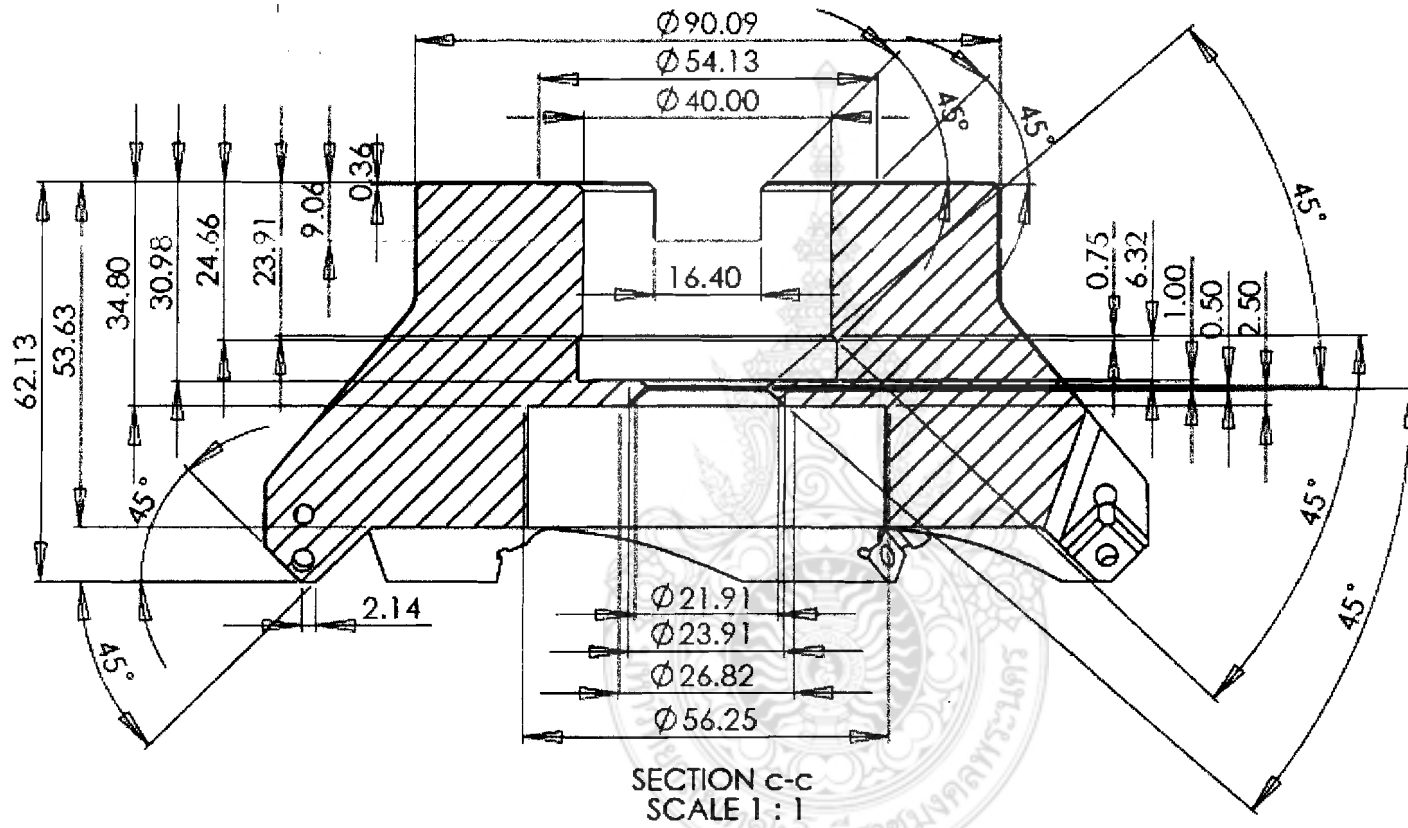


DETAIL B
SCALE 3 : 1

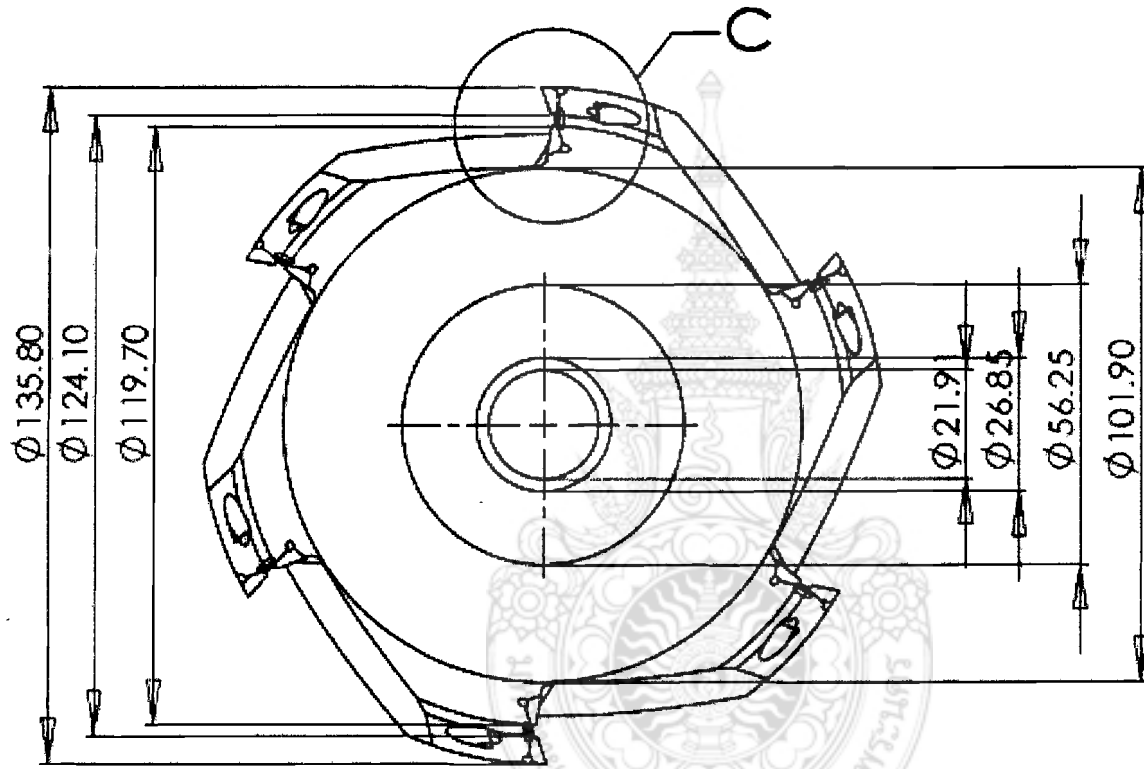
(ค) Detail B



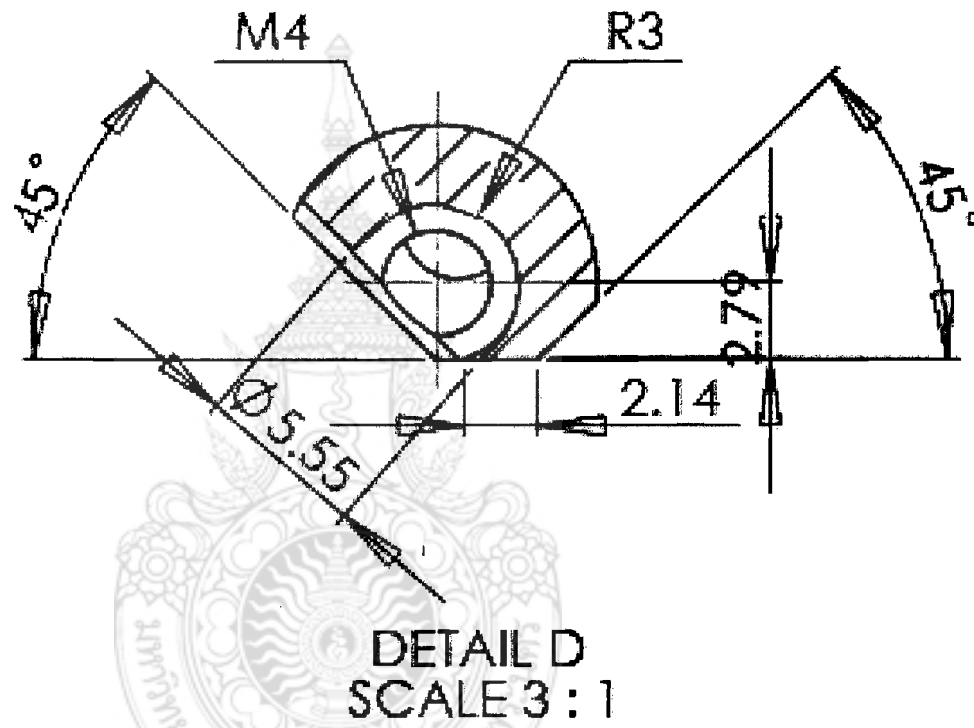
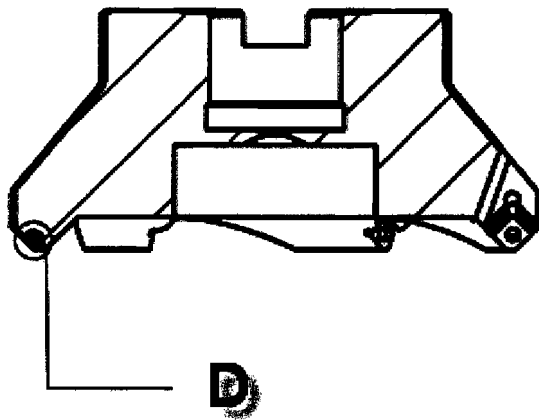
(4) Top View



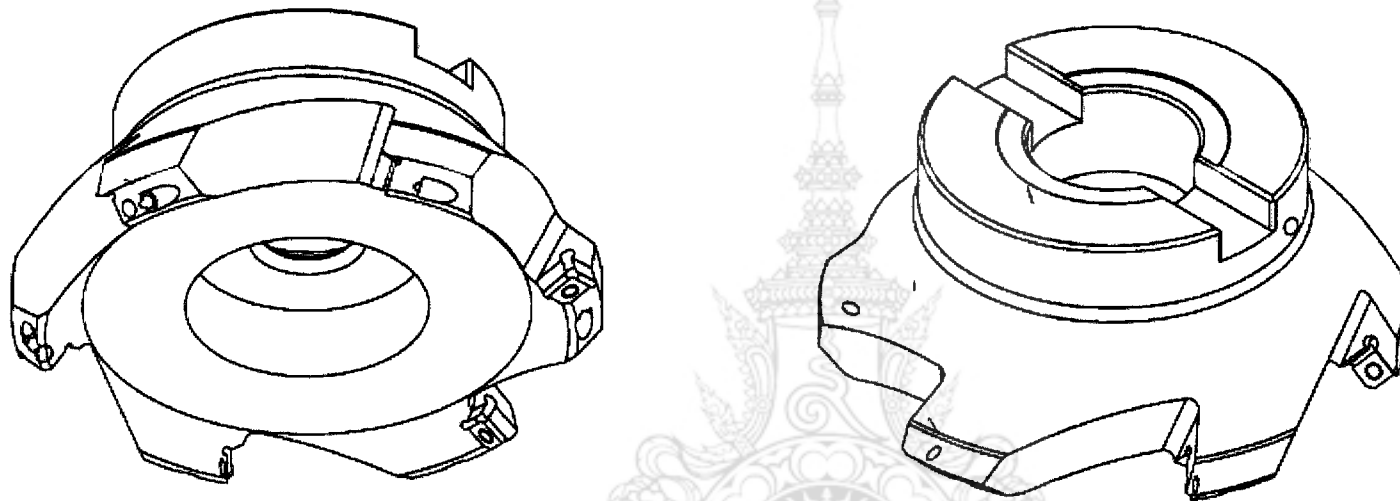
(9) Section C-C



(ก) Bottom View

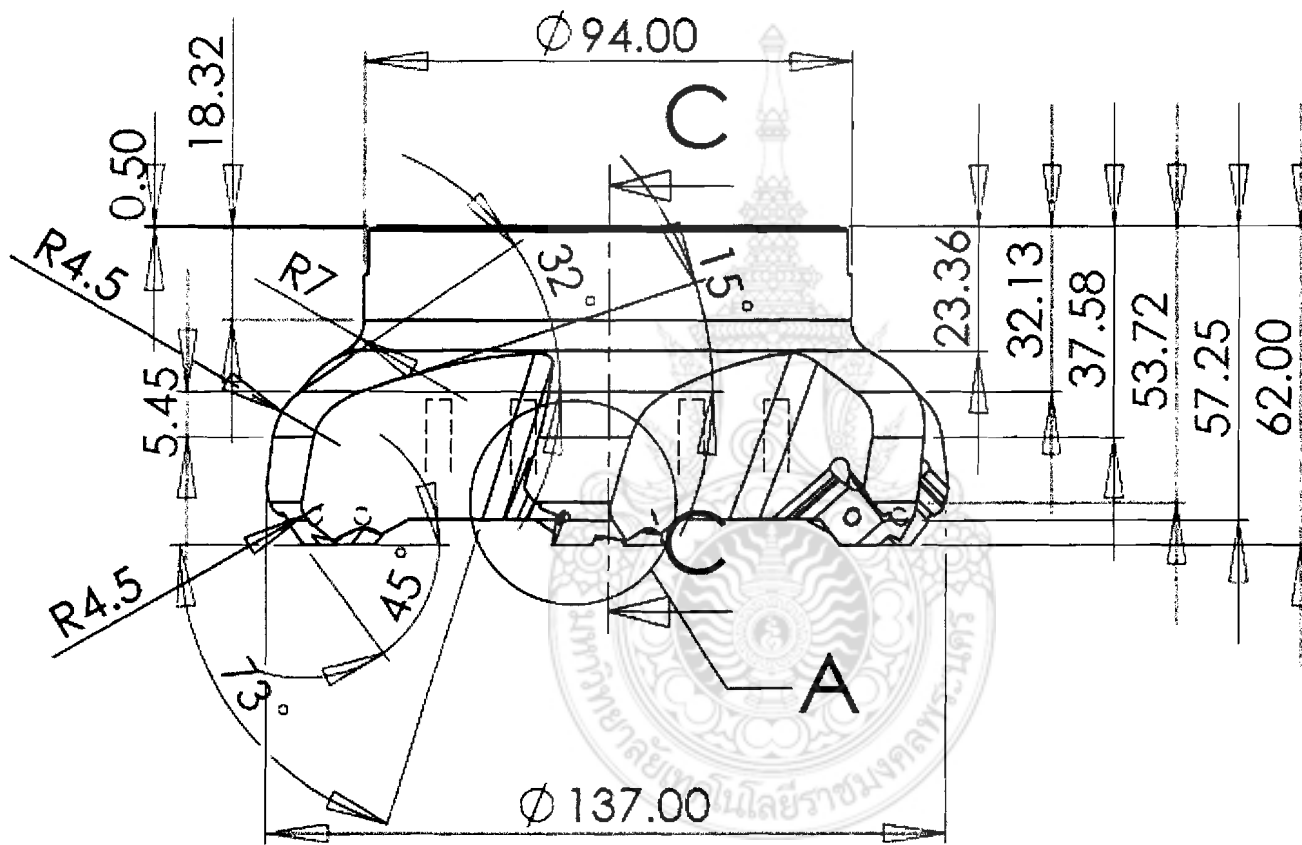


(๓) Detail D

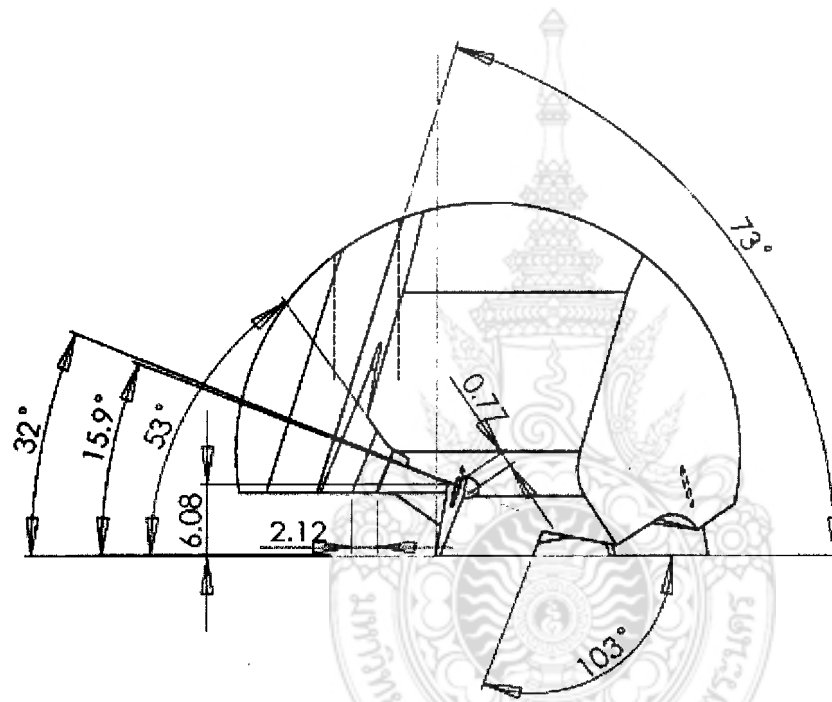


(ณ) ภาพ 3D

ภาพที่ 5.4 ขนาดที่ได้จากการตรวจสอบหัวกัดตราผลิตภัณฑ์ B

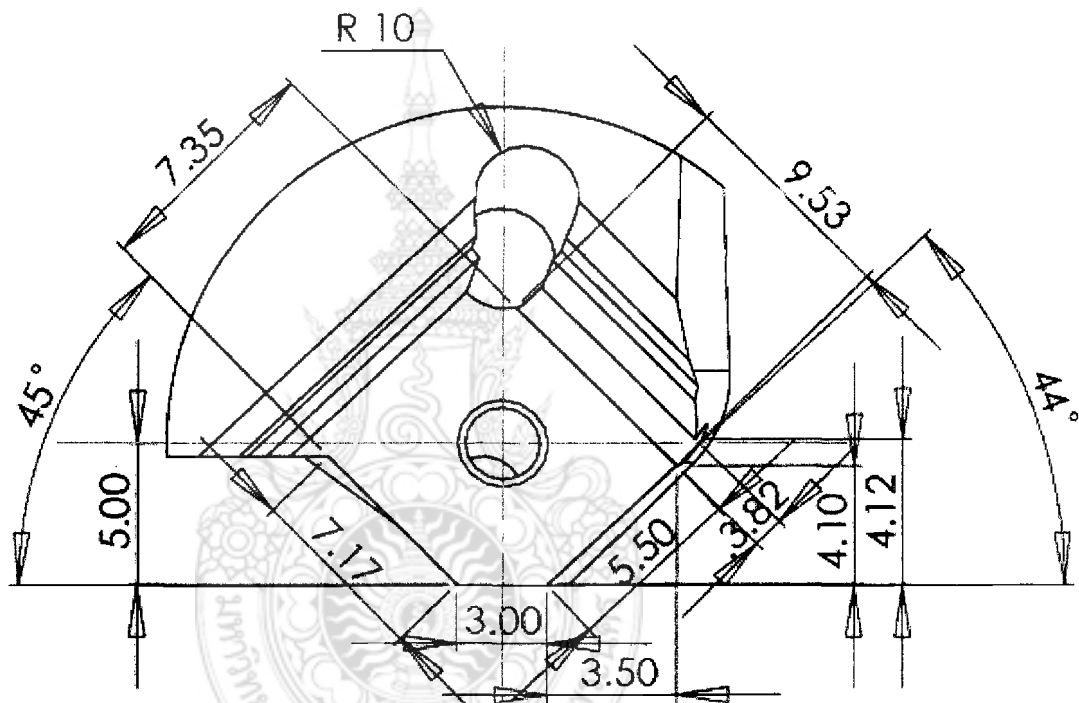
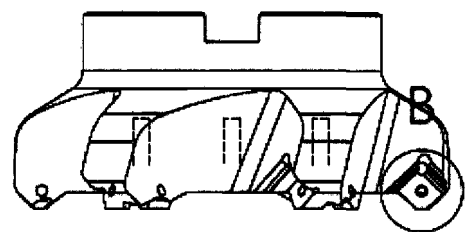


(n) Front View



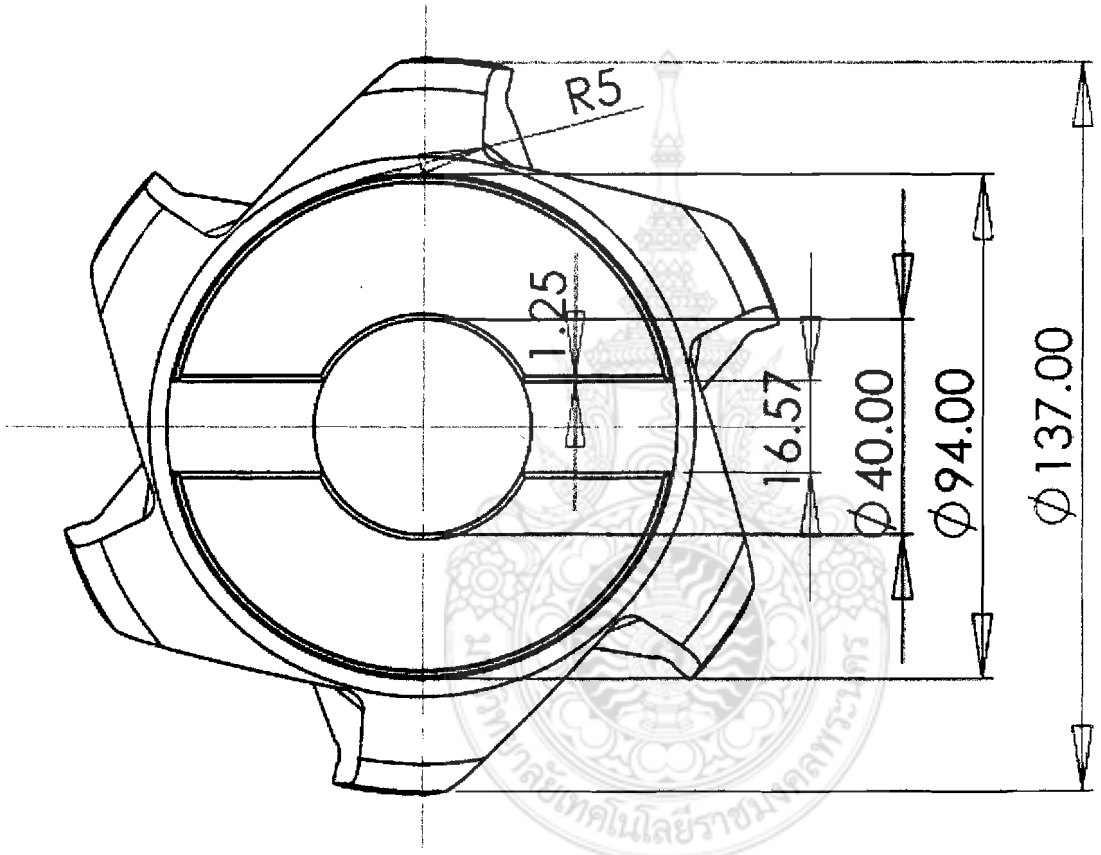
DETAIL A
SCALE 2 : 1

(๗) Detail A

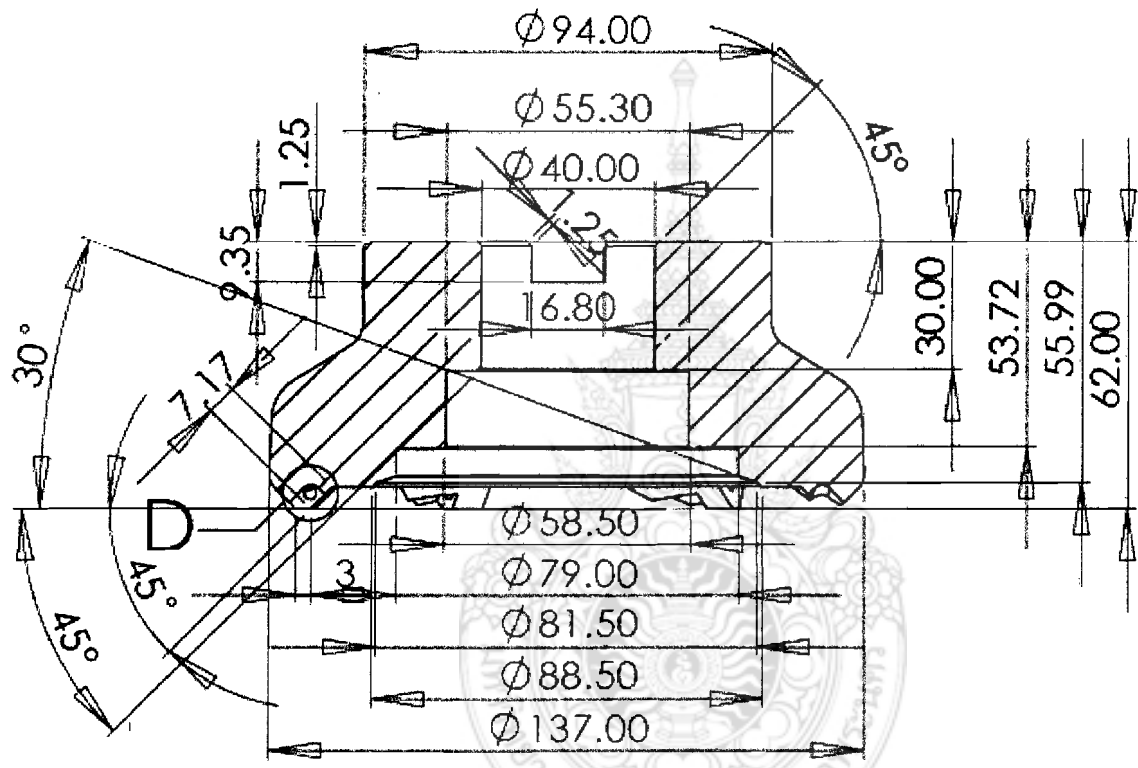


DETAIL B
SCALE 3 : 1

(ค) Detail B

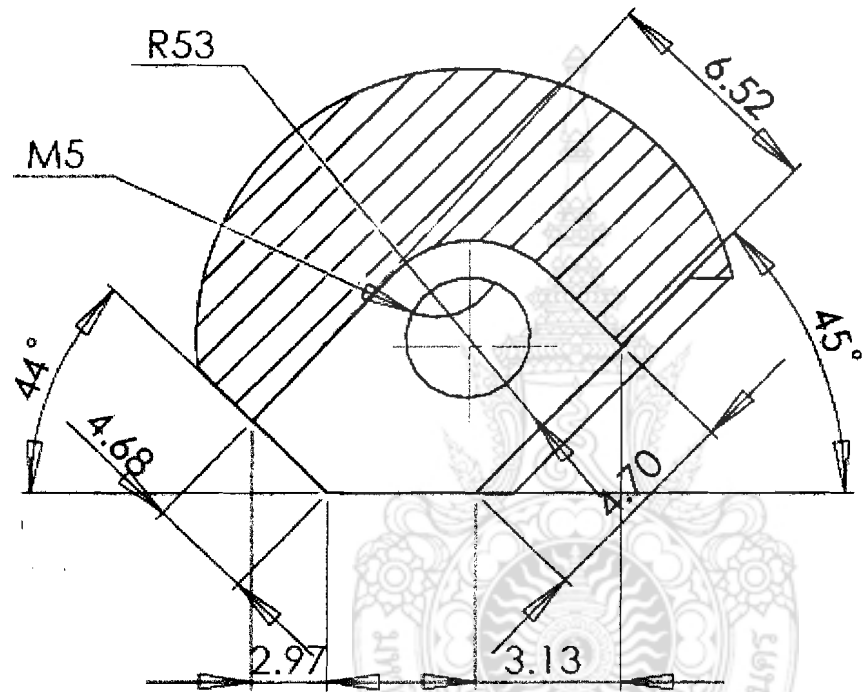


(4) Top View



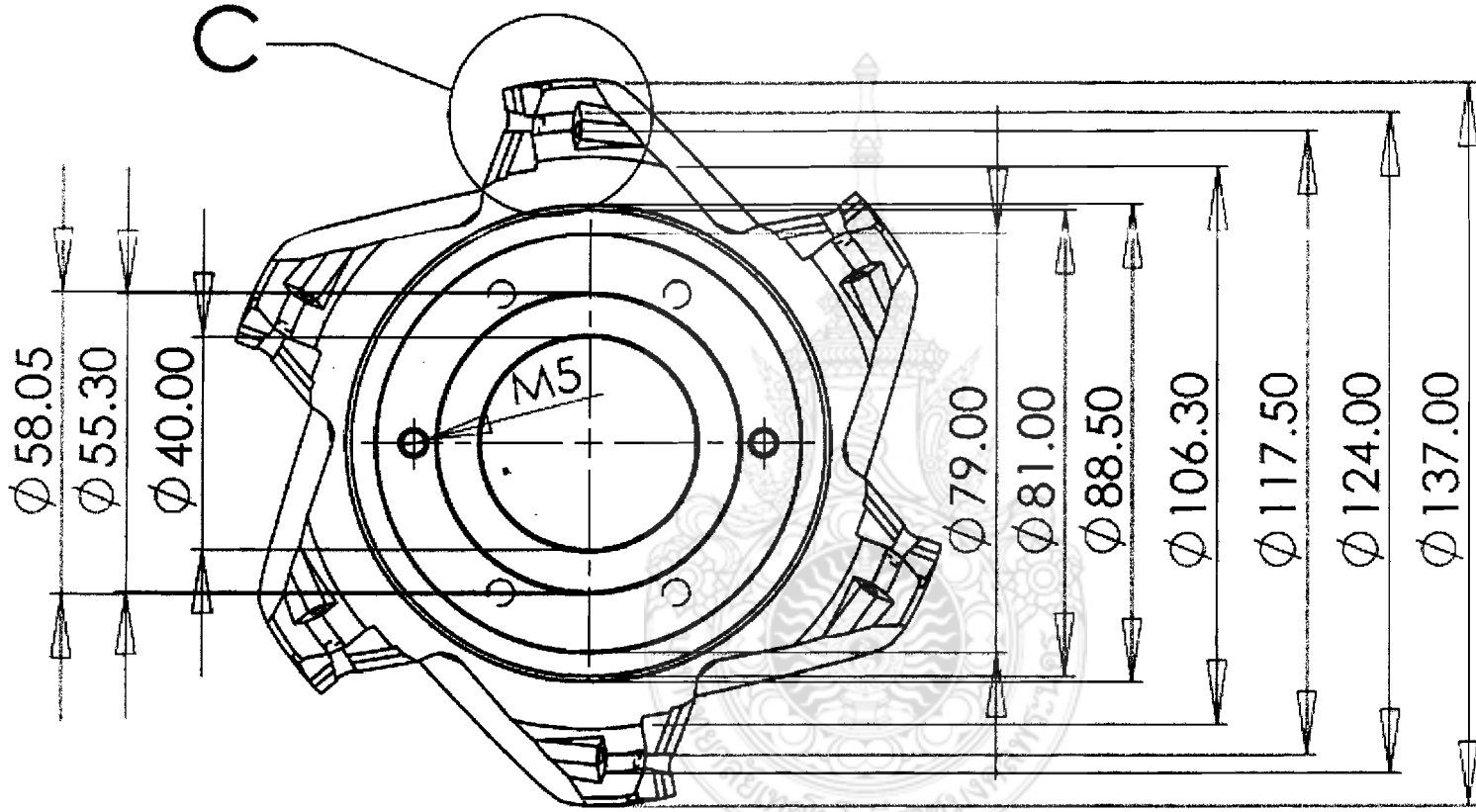
SECTION C-C

(1) Section C-C

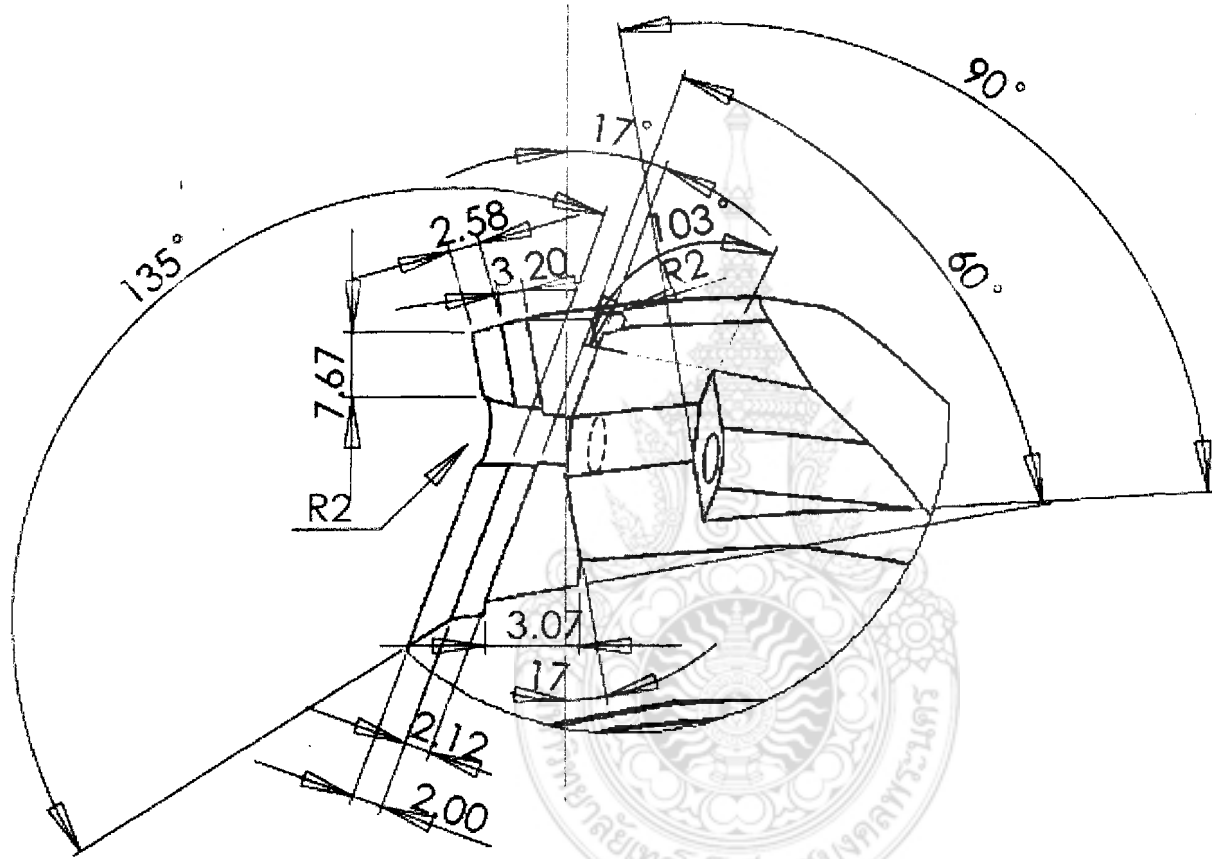


DETAIL D
 SCALE 5 : 1

(ก) Detail D

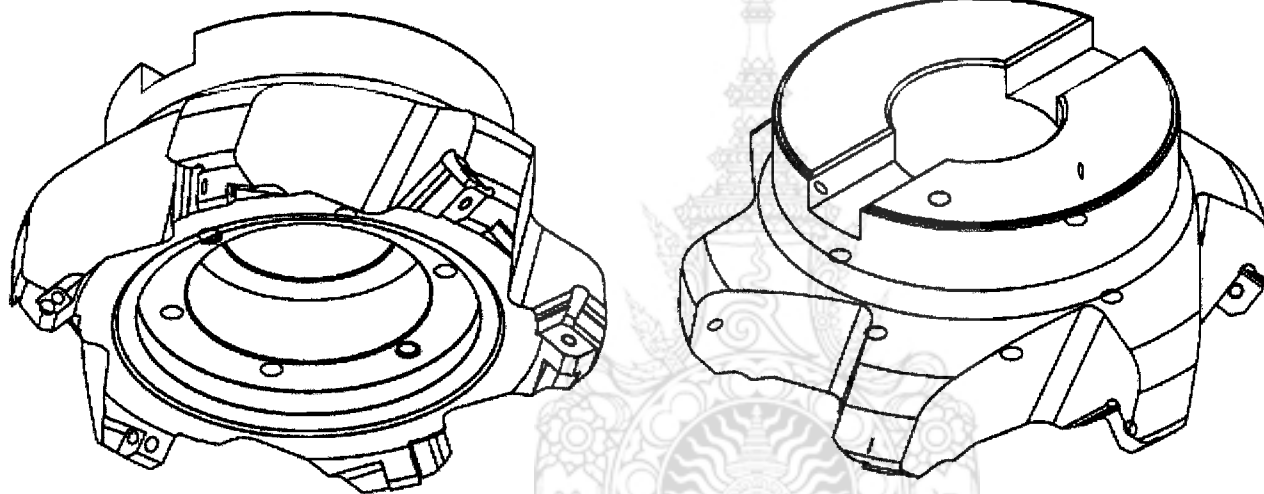


(๗) Bottom View



DETAIL C
SCALE 2 : 1

(๗) Detail C



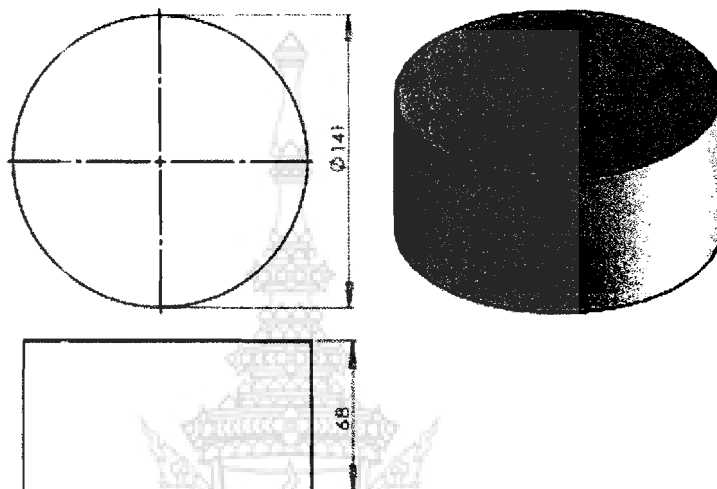
(ณ) ภาพ 3D

ภาพที่ 5.5 ขนาดที่ได้จากการตรวจสอบหัวกัศราผลิตภัณ์ C

5.4 ผลการศึกษากระบวนการผลิตหัวกัด

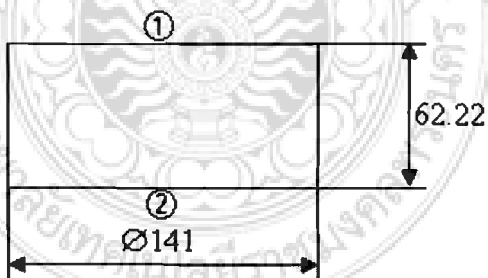
ผลจากการทำวิศวกรรมย้อนรอยกระบวนการผลิตหัวกัดซึ่งมีขั้นตอนในการผลิตดังนี้

5.4.1 เหล็กแท่งเพลากลม SNCM 439 ขนาด $\varnothing 141 \times 68$ มิลลิเมตร (ภาพที่ 5.6)



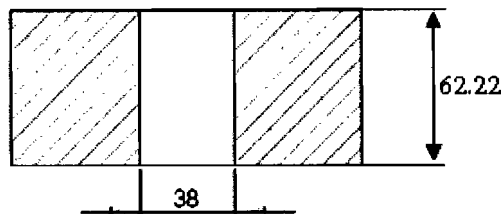
ภาพที่ 5.6 ชิ้นงานเหล็กกล้า SNCM 439

5.4.2 ปาดผิวหน้าชิ้นงานด้านที่ ① และด้านที่ ② ให้ได้ขนาดความยาว 62.22 มิลลิเมตร (ภาพที่ 5.7)



ภาพที่ 5.7 ปาดผิวหน้าชิ้นงาน

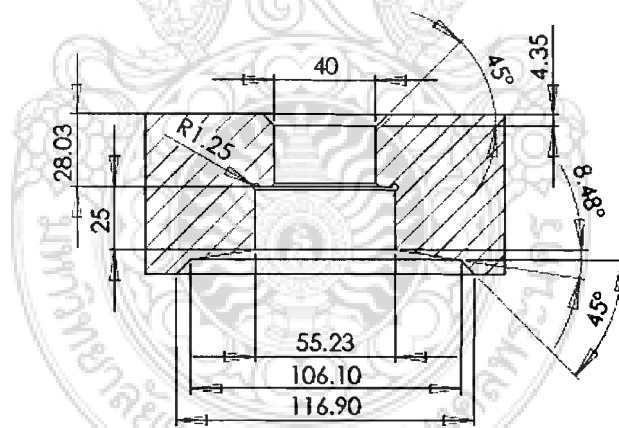
5.4.3 เจาะรูด้านในตลอดชิ้นงานด้วยดอกสว่านขนาด 6,10,13,20,32,38 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 5.8)



ภาพที่ 5.8 เจาะรูและคว้านด้านใน

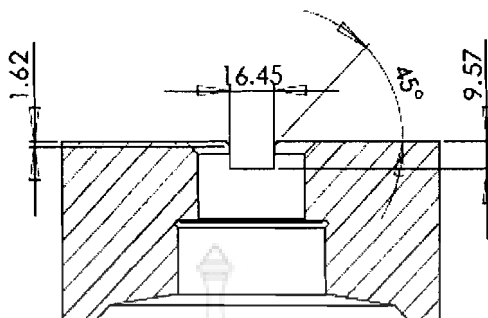
5.4.4 ทำการคว้านรูใน (ภาพที่ 5.9)

- 1) ทำการคว้านรูในให้ได้ขนาด $\varnothing 40$ มิลลิเมตร ตลอดชิ้นงาน และคว้านรูที่ขนาดความโต $\varnothing 55.23$ มิลลิเมตร ลึก 38.19 มิลลิเมตร
- 2) ที่ความโต 116.90 มิลลิเมตร ทำมุม 45° ให้ได้ขนาดแล้ว ทำการคว้านที่ความโต 106.10 มิลลิเมตร ทำมุม $45^\circ, 8.48^\circ$
- 3) ทำร่องที่รูขนาดความโต 55.23 มิลลิเมตร โดยใช้รัศมี 1.25 มิลลิเมตร
- 4) ทำการลบขอบด้านบนขนาด 4.35 มิลลิเมตร ทำมุม 45 องศา



ภาพที่ 5.9 คว้านรู

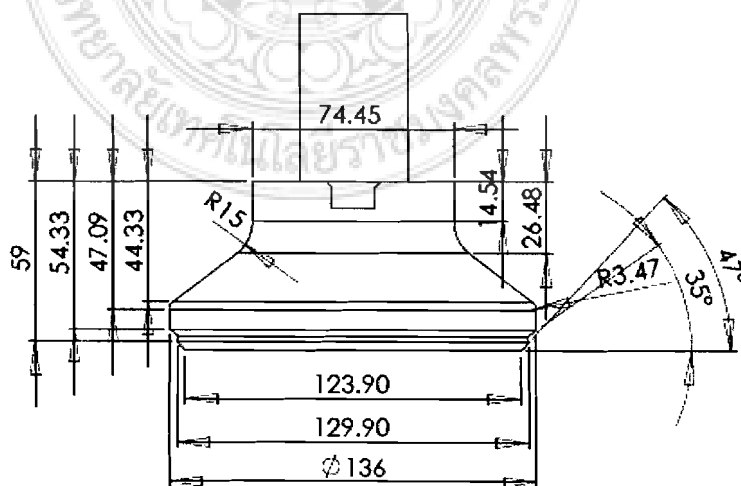
5.4.5 นำดอกกัดเอ็นมิลล์กัดร่องด้านบนชิ้นงานให้ได้ขนาด 16.45 มิลลิเมตร ความลึก 9.57 มิลลิเมตร แล้วทำการลบขอบขนาด 1.62 มิลลิเมตร ทำมุม 45 องศา (ภาพที่ 5.10)



ภาพที่ 5.10 กัดร่องลิ่ม

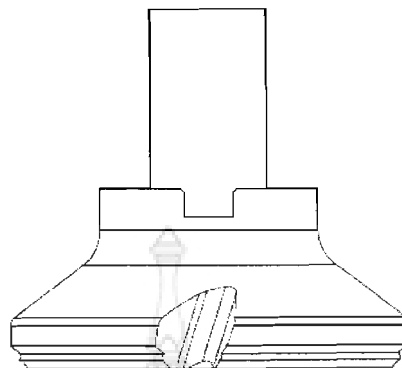
5.4.6 จับยึดเม็นเดล (Maindel) เข้ากับชิ้นงานยึดด้วยสกรูให้แน่นแล้วนำไปจับยึดกับเครื่องกลึง 5 แกน ทำการกลึงขึ้นรูปผิวชิ้นงานด้านนอกให้ได้ขนาดตาม (ภาพที่ 5.11)

- 1) นำเม็นเดล มาสวมเข้ากับชิ้นงานยึดให้แน่นแล้วจับยึดเข้ากับเครื่องกลึง 5 แกน
- 2) ทำการกลึงปอกชิ้นงานให้ได้ขนาด $\varnothing 136$ มิลลิเมตรตลอดชิ้นงานแล้วกลึงปอกชิ้นงานให้ได้ขนาด 74.45 มิลลิเมตร ยาว 14.54 มิลลิเมตร
- 3) ทำการกลึงรัศมีโค้งที่ R15 ความยาว 11.94 มิลลิเมตร
- 4) ทำการกลึงเรียวที่ขนาด 37.67 มิลลิเมตร จนสุดขอบชิ้นงาน
- 5) ทำการลบขอบรัศมี R 3.47 มิลลิเมตร
- 6) ทำการกลึงเรียวทำมุม 35 องศา ยาว 0.50 มิลลิเมตร
- 7) ทำการกลึงเรียวทำมุม 45 องศา ยาว 0.45 มิลลิเมตร
- 8) ทำการกลึงเรียวทำมุม 47 องศา จนสุดขอบชิ้นงาน



ภาพที่ 5.11 กลึงขึ้นรูปผิวงานด้านนอก

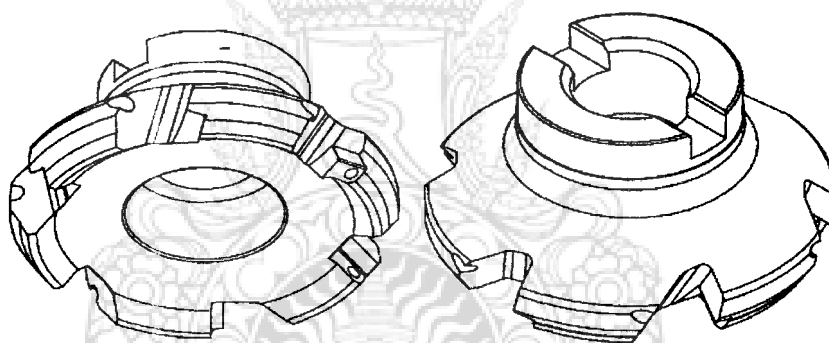
5.4.7 กัดร่องทำพื้นจำนวน 6 พื้นด้วยเครื่องกัด CNC Milling 5 แกน (ภาพที่ 5.12)



ภาพที่ 5.12 กัดร่องทำฟัน

5.4.8 เจาะรูจับยึดแผ่นมีดทำมุมเอียง 20 องศา ขนาดความโต 4.5 มิลลิเมตร ลึก 7 มิลลิเมตร

5.4.9 ตีาบ (Tab) เกลียวขนาด M5 ขึ้นงานสำเร็จ (ภาพที่ 5.13)



ภาพที่ 5.13 ขึ้นงานสำเร็จ

5.5 ผลการคำนวณการตัดเฉือน

ตารางที่ 5.6 แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณการตัดเฉือนของหัวกัดแต่ละตราผลิตภัณฑ์

Brand	α ($^{\circ}$)	a_e (in.)	V_c (ft/min)	L_s (in)	A_s (in ²)	F_s (lb)	f_m (in./min)	R_{vm} (in ³ /min)	Hp (hp)	F_C (lb)
A	20.29	5.1673	820	0.0239	0.005	135	31.6728	38.6572	30.539	1230
B	27.60	5.1574	492	0.0212	0.005	135	22.4616	27.3622	21.616	1450
C	27.62	5.1968	590.4	0.0179	0.004	108	22.8582	28.0581	22.166	1238

5.6 ผลการศึกษาเวลาในการประกอบแผ่นมีดของหัวกัดตราผลิตภัณฑ์

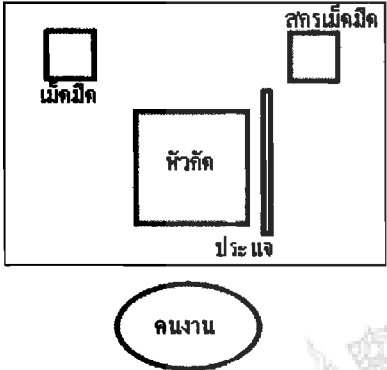
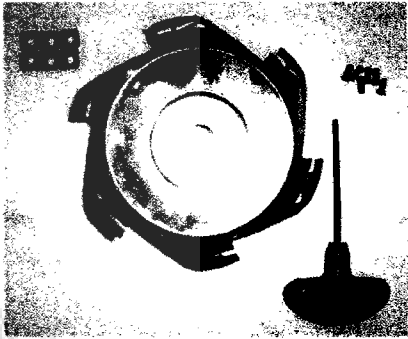
การศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับความสะดวก เวลาในการประกอบ การถอดชิ้นส่วนเครื่องมือตัด โดยใช้เครื่องมือเพื่อศึกษาและค้นหาความแตกต่าง ในการใช้งานด้วยหลักการด้าน Motion and time study

แผนภูมิสองมือ									
งานที่ทำ : การประกอบแผ่นมิดเข้ากับหัวกัด A									
สรุป	○	⇒	D	□	▽	รวม	เวลารวม	ผู้บันทึก:	
มือซ้าย	8	4	-	-	2	14	46.39	วันที่ :	
มือขวา	12	6	-	-	-	18	49.22	คนงาน:	
มือซ้าย	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์		เวลา (วินาที)	มือขวา				
-									
เคลื่อนไปที่แผ่นรองมิด	1.36	⇒	⇒	1.24	เคลื่อนไปที่สกรู 6 เหลี่ยม				
เลือกและหยิบแผ่นรองแผ่นมิด	2.88	○	○	2.84	เลือกและหยิบสกรู 6 เหลี่ยม				
จับแผ่นรองแผ่นมิด	3.73	○	⇒	1.79	เคลื่อนย้ายไปหาแผ่นรองแผ่นมิด				
เคลื่อนย้ายแผ่นรองแผ่นมิดและสกรู 6 เหลี่ยม ไปที่รูยึดแผ่นมิด	1.84	⇒	○	2.19	ประกอบสกรู 6 เหลี่ยมและปล่อยมือ				
จัดสกรูเข้าตำแหน่งรูยึดแผ่นมิด	4.78	○	○	1.74	เคลื่อนไปที่ประแจ L และหยิบประแจ				
จับแผ่นรองแผ่นมิดให้อยู่นิ่ง	14.84	▽	⇒	1.84	เคลื่อนย้ายประแจ L ไปที่สกรู 6 เหลี่ยม				
ปล่อยมือ	1.06	○	○	2.40	จัดประแจ L เข้าตำแหน่งรูสกรู 6 เหลี่ยม				
เคลื่อนไปที่แผ่นมิด	1.53	⇒	○	7.11	ขันสกรู 6 เหลี่ยม				
เลือกและหยิบแผ่นมิด	2.74	○	○	2.16	ดึงประแจไปวางบนโต๊ะ				
จับแผ่นมิด	3.96	○	⇒	1.12	เคลื่อนไปที่สกรู				
เคลื่อนย้ายแผ่นมิดและสกรู ไปที่รูยึดแผ่นมิด	2.03	⇒	○	2.54	เลือกและหยิบสกรู				
จัดสกรูเข้าตำแหน่งรูยึดแผ่นมิด	3.06	○	⇒	1.83	เคลื่อนย้ายไปหาแผ่นมิด				
จับแผ่นมิดให้อยู่นิ่ง	1.50	▽	○	2.88	ประกอบสกรูและปล่อยมือ				
ปล่อยมือ	1.08	○	○	1.43	เคลื่อนไปที่ประแจและหยิบประแจ				
			⇒	1.67	เคลื่อนย้ายประแจไปที่สกรู				
			○	2.53	จัดประแจเข้าตำแหน่งรูสกรู				
			○	9.82	ขันสกรู				
			○	2.09	ดึงประแจไปวางบนโต๊ะ				

ภาพที่ 5.14 แสดงแผนภูมิสองมือของการประกอบหัวกัด A (ค่าเฉลี่ย)

แผนภูมิสองมือ								
งานที่ทำ : การประกอบแผ่นมิดเข้ากับหัวกัศ C								
สรุป	○	⇒	D	□	▽	รวม	เวลารวม	ผู้บันทึก:
มือซ้าย	8	4	-	-	2	14	45.92	วันที่ :
มือขวา	12	6	-	-	-	18	55.56	คนงาน:
มือซ้าย	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์		เวลา (วินาที)	มือขวา			
เคลื่อนไปที่แผ่นรองมิด	1.31	⇒	⇒	1.1	เคลื่อนไปที่สกรู 6 เหลี่ยม			
เลือกและหยิบแผ่นรองแผ่นมิด	2.83	○	○	2.56	เลือกและหยิบสกรู 6 เหลี่ยม			
จับแผ่นรองแผ่นมิด	3.62	○	⇒	1.76	เคลื่อนย้ายไปหาแผ่นรองแผ่นมิด			
เคลื่อนย้ายแผ่นรองแผ่นมิดและสกรู 6 เหลี่ยมไปที่รูยึดแผ่นมิด	1.82	⇒	○	2.97	ประกอบสกรู 6 เหลี่ยมและปล่อยมือ			
จัดสกรูเข้าตำแหน่งรูยึดแผ่นมิด	4.87	○	○	1.79	เคลื่อนไปที่ประแจ L และหยิบประแจ			
จับแผ่นรองแผ่นมิดให้อยู่นิ่ง	14.42	▽	⇒	1.97	เคลื่อนย้ายประแจ L ไปที่สกรู 6 เหลี่ยม			
ปล่อยมือ	1.08	○	○	2.38	จัดประแจ L เข้าตำแหน่งรูสกรู 6 เหลี่ยม			
เคลื่อนไปที่แผ่นมิด	1.52	⇒	○	12.61	ขันสกรู 6 เหลี่ยม			
เลือกและหยิบแผ่นมิด	2.86	○	○	2.21	ดึงประแจไปวางบนโต๊ะ			
จับแผ่นมิด	3.64	○	⇒	1.20	เคลื่อนไปที่สกรู			
เคลื่อนย้ายแผ่นมิดและสกรูไปที่รูยึดแผ่นมิด	1.74	⇒	○	2.58	เลือกและหยิบสกรู			
จัดสกรูเข้าตำแหน่งรูยึดแผ่นมิด	3.78	○	⇒	1.76	เคลื่อนย้ายไปหาแผ่นมิด			
จับแผ่นมิดให้อยู่นิ่ง	1.32	▽	○	3.05	ประกอบสกรูและปล่อยมือ			
ปล่อยมือ	1.11	○	○	1.27	เคลื่อนไปที่ประแจและหยิบประแจ			
			⇒	1.79	เคลื่อนย้ายประแจไปที่สกรู			
			○	2.47	จัดประแจเข้าตำแหน่งรูสกรู			
			○	9.98	ขันสกรู			
			○	2.11	ดึงประแจไปวางบนโต๊ะ			

ภาพที่ 5.15 แสดงแผนภูมิสองมือของการประกอบหัวกัศ C (ค่าเฉลี่ย)

แผนภูมิสองมือ								
งานที่ทำ : การประกอบแผ่นมิดเข้ากับหัวกั๊ด B								
สรุป	○	⇒	D	□	▽	รวม	เวลารวม	ผู้บันทึก:
มือซ้าย	4	2	-	-	1	7	14.78	วันที่ :
มือขวา	6	3	-	-	-	9	29.33	คนงาน:
								
มือซ้าย	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์	เวลา (วินาที)	มือขวา				
เคลื่อนไปที่แผ่นมิด	1.55	⇒ ⇒	1.23	เคลื่อนไปที่สกรู				
เลือกและหยิบแผ่นมิด	2.84	○ ○	2.61	เลือกและหยิบสกรู				
จับแผ่นมิด	1.88	○ ⇒	1.72	เคลื่อนย้ายไปหาแผ่นมิด				
เคลื่อนย้ายแผ่นมิดและสกรูไปที่รูยึดแผ่นมิด	1.87	⇒ ○	3.09	ประกอบสกรูและปล่อยมือ				
จัดสกรูเข้าตำแหน่งรูยึดแผ่นมิด	4.09	○ ○	1.45	เคลื่อนไปที่ประแจและหยิบประแจ				
จับแผ่นมิดให้อยู่นิ่ง	1.42	▽ ⇒	1.70	เคลื่อนย้ายประแจไปที่สกรู				
ปล่อยมือ	1.13	○ ○	2.47	จัดประแจเข้าตำแหน่งรูสกรู				
			○	ขันสกรู				
			○	ดึงประแจไปวางบนโต๊ะ				

ภาพที่ 5.16 แสดงแผนภูมิสองมือของการประกอบหัวกั๊ด B (ค่าเฉลี่ย)

จากการศึกษาเวลาในการประกอบแผ่นมิดของแต่ละตราผลิตภัณฑ์ ซึ่งเมื่อคิดเป็น % ของเวลา ได้ผลที่ต่างกัน โดยกำหนดให้ตราผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวลามากที่สุดเป็น 100 %

$$\text{หัวกั๊ด A} = \frac{49.22 \times 100}{55.56} = 88.59\%$$

$$\text{หัวกั๊ด B} = \frac{29.33 \times 100}{55.56} = 52.79\%$$

$$\text{หัวกั๊ด C} = \frac{55.56 \times 100}{55.56} = 100\%$$

หัวกัศ C ใช้เวลาในการประกอบนานที่สุดคือ 55.56 วินาที คิดเป็นเวลาที่แตกต่าง ใช้เวลามากกว่าหัวกัศ A เท่ากับ 11.41% และมากกว่าหัวกัศ B เท่ากับ 47.21% ตามลำดับ

5.7 ศึกษาเปรียบเทียบราคาของผลิตภัณฑ์หัวกัศปาดผิว

ราคาจำหน่ายของสินค้าประเภทหัวกัศ ของตราผลิตภัณฑ์จากผู้ผลิต แสดงได้ตามตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ราคาหัวกัศแต่ละตราผลิตภัณฑ์

ตราผลิตภัณฑ์	A	B	C
ราคา/หน่วย (บาท)	22,350	17,856	14,200

ราคาขายมีความแตกต่างกันสูงสุด 8,150 บาท



บทที่ 6

ผลการทดลอง

ในบทนี้ จะเป็นการแสดงผลการดำเนินการที่กระทำตามขั้นตอนดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 หัวข้อ 3.3 โดยแบ่งการดำเนินการออกเป็นส่วนๆ ประกอบกับการอธิบายพร้อมภาพประกอบ ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมวัสดุ ขั้นตอนเตรียมอุปกรณ์ ขั้นตอนการทดลอง และ ผลการทดสอบการใช้งานของผลิตภัณฑ์นำเข้าและผลิตภัณฑ์ต้นแบบ โดยเปรียบเทียบในส่วนต่างๆ ได้แก่ ความแข็งแรง ส่วนผสมทางเคมี ความเรียบผิว เป็นต้น

6.1 ผลของการวิจัย

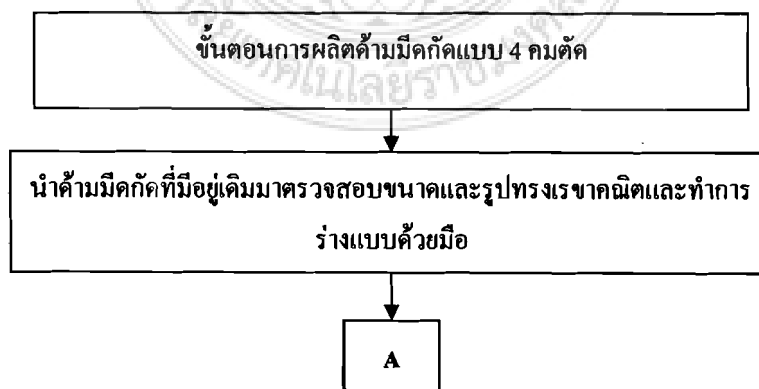
ในแต่ขั้นตอนการปฏิบัติงานนั้นได้มีการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ตั้งแต่เริ่มต้นการเตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง การทำการทดลอง จนถึงกระบวนการทดลอง นำผลมาอภิปรายต่อไป

6.1.1 ผลทดสอบความแข็งแรง เป็นการทดสอบสินค้านำเข้าแต่ละตราผลิตภัณฑ์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการผลิตชิ้นงานต้นแบบต่อไป

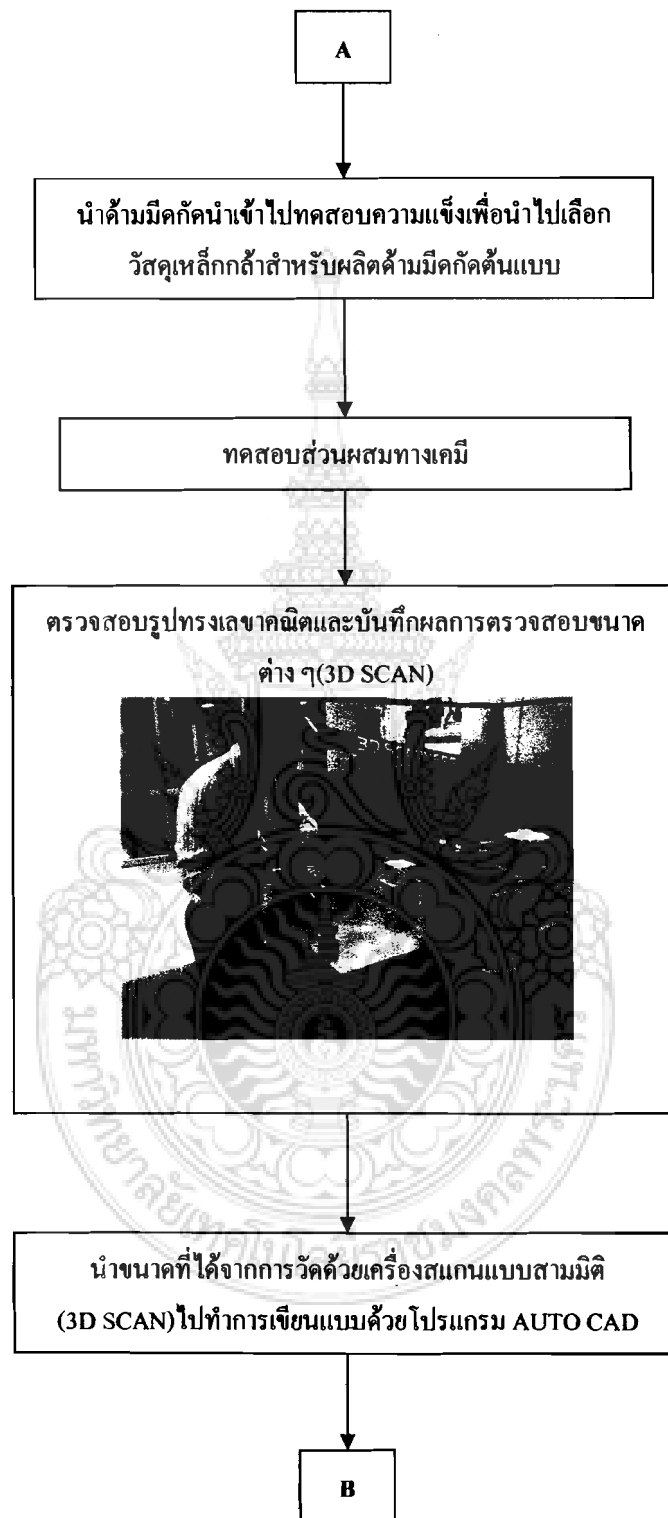
6.1.2 ผลการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมี เพื่อการจัดหาและเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีที่ใกล้เคียงกันหรือเหมาะสมต่อการนำไปผลิตด้ามมีดกัดต้นแบบ

6.1.3 ผลการทดสอบความเรียบผิว ของสินค้านำเข้าแต่ละตราผลิตภัณฑ์

6.2 ขั้นตอนการผลิตด้ามมีดกัดแบบ 4 คมตัด



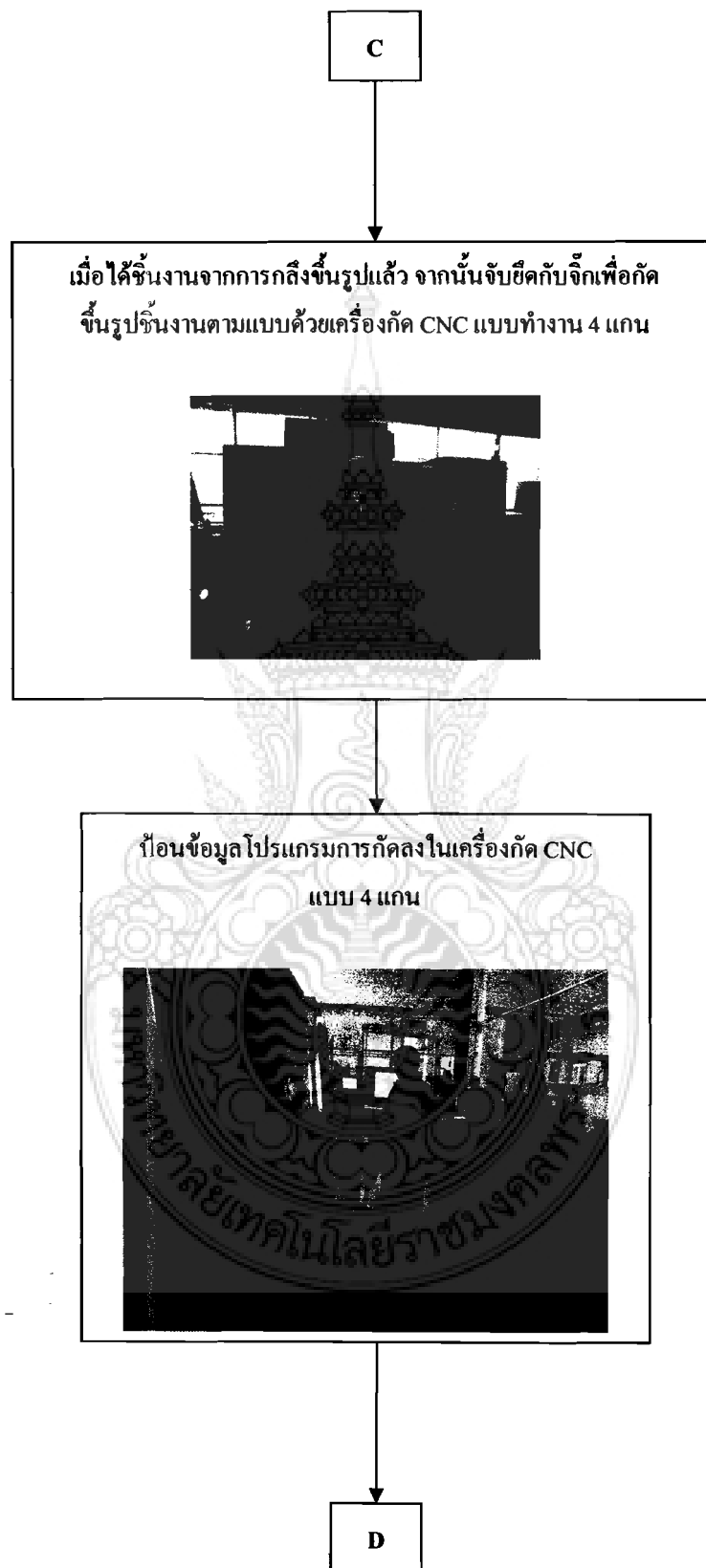
ภาพที่ 6.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตด้ามมีดกัดแบบ 4 คมตัด



ภาพที่ 6.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตด้ามมีดกัดแบบ 4 คมตัด (ต่อ)



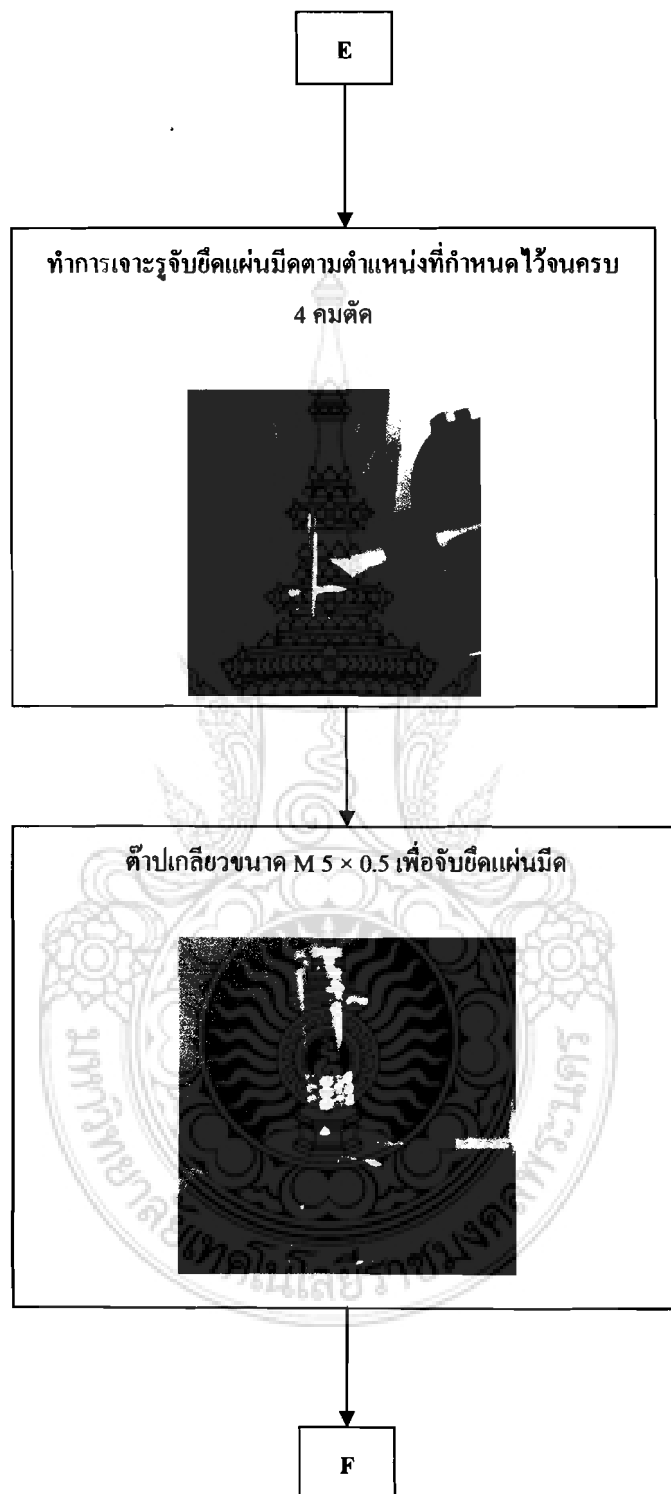
ภาพที่ 6.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตด้ามมีดกัดแบบ 4 คมตัด (ต่อ)



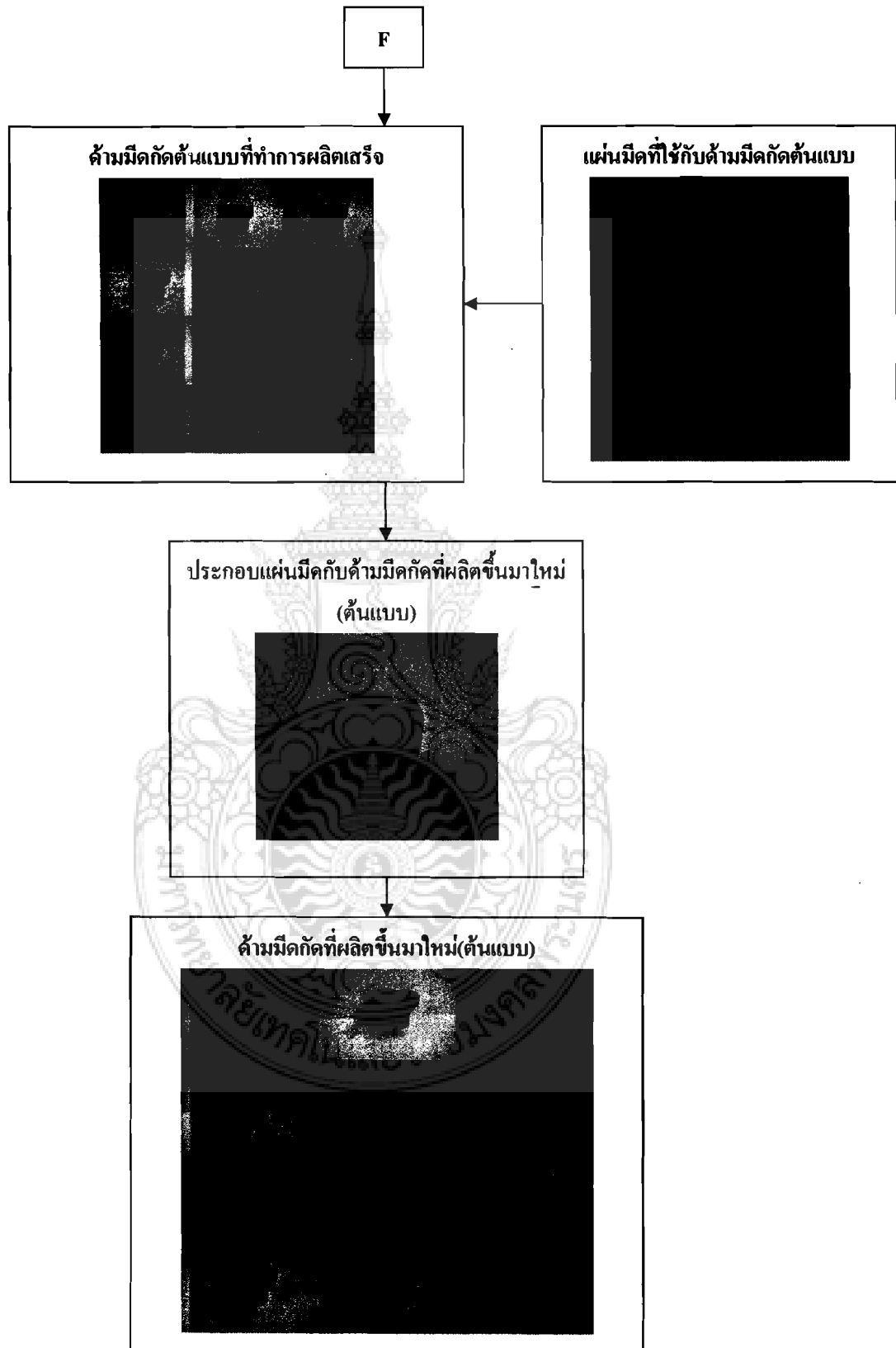
ภาพที่ 6.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตค้ำมมิดกัดแบบ 4 ทมตัด (ต่อ)



ภาพที่ 6.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตค้ำมีดกัดแบบ 4 คมตัด (ต่อ)



ภาพที่ 6.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตค้ำมิดกัดแบบ 4 คมตัด (ต่อ)



ภาพที่ 6.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตด้ามมีดกัดแบบ 4 ซม.ตัด (ต่อ)

6.3 ผลของการทดสอบความแข็ง

ตารางที่ 6.1 ผลการวัดความแข็งของด้ามมีดกัดแบบ 4 คมตัด

ตราผลิตภัณฑ์		ผลการทดสอบความแข็ง (HRC)			
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ค่าเฉลี่ย
SANDVIK	ส่วนของผิวราบ	44.8	44.1	40.9	43.26
	ส่วนของผิวโค้ง	45	47.6	38.4	43.66
MITSUBISHI	ส่วนของผิวราบ	40	43.8	43.3	42.36
	ส่วนของผิวโค้ง	42.9	44.4	42.2	43.16

จากการทดสอบความแข็งของด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดทั้ง 2 ตราผลิตภัณฑ์ ในการทดสอบในส่วนของผิวโค้ง ตราผลิตภัณฑ์ ยี่ห้อ SANDVIK โดยมีค่าความแข็งอยู่ที่ 43.66 HRC ส่วนของผิวเรียบมีความแข็งอยู่ที่ 43.26 HRC ตราผลิตภัณฑ์ ยี่ห้อ MITSUBISHI โดยมีค่าความแข็ง ส่วนผิวโค้งอยู่ที่ 43.16 HRC ส่วนของผิวเรียบความแข็งอยู่ที่ 42.36 HRC

6.4 ผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมี

ผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีของด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดทั้ง 2 ยี่ห้อ ได้ ส่วนผสมทางเคมีดังตารางที่ 6.2 ดังนี้

ตารางที่ 6.2 ผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีของด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด

ตราผลิตภัณฑ์	ส่วนผสมทางเคมี									
	C2	Si1	P1	Mn3	Ni	Cr	Mo1	V3	Cu	W7
SANDVIK	0.49035	0.22618	0.01296	0.70821	0.44559	0.90197	0.89074	0.11494	0.01550	0.00500
MITSUBISHI	0.37577	0.29010	0.03327	0.01678	1.35130	1.28861	0.17678	0.00433	0.24907	0.00661

ตารางที่ 6.2 ผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีของด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด (ต่อ)

ตราผลิตภัณฑ์	ส่วนผสมทางเคมี								
	Ti4	Sn2	Co1	Al7	Pb6	Nb1	Bi4	Zn5	Fe%
SANDVIK	0.01060	0.00151	0.00782	0.02295	-0.00027	0.00181	-0.01458	0.00107	96.1403
MITSUBISHI	0.00292	0.01362	0.01630	0.01164	-0.00071	0.00209	-0.00277	0.00115	95.4222

จากตารางที่ 6.2 ซึ่งเป็นตารางที่บอกส่วนผสมทางเคมีของ ตราผลิตภัณฑ์ทั้งสองตรา ผลิตภัณฑ์ มีผลสรุปว่า ผลิตภัณฑ์ของ Sandvik มีปริมาณ C2 , Mo1 สูงกว่า ผลิตภัณฑ์ ของ Mitsubishi ส่วน ด้ามมีดกัดของ Mitsubishi มีปริมาณ Cr , Cu สูงกว่า ผลิตภัณฑ์ของยี่ห้อ Sandvik มีส่วนผสมอื่นที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

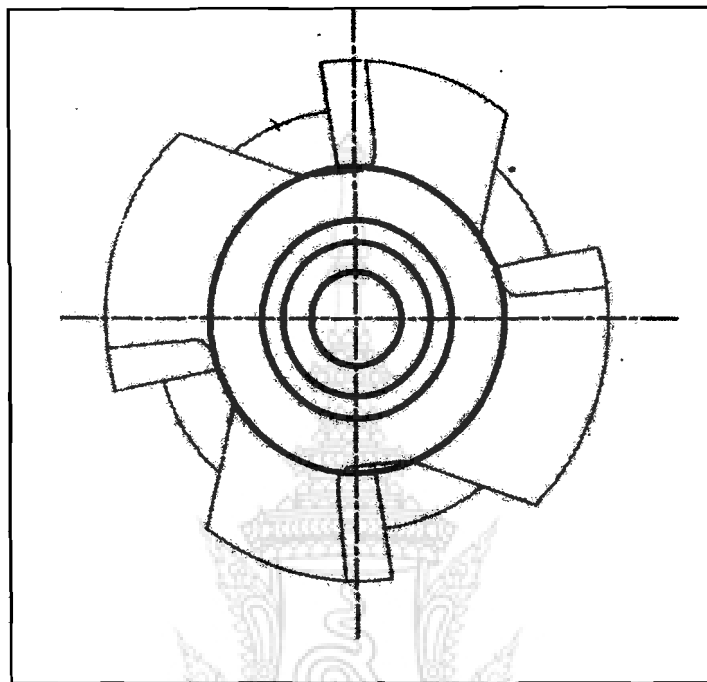
6.5 ผลจากการทดสอบความเรียบผิว

จากการทดสอบความเรียบผิวของด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดผลการทดสอบความเรียบผิวแสดงตามตารางที่ 6.3

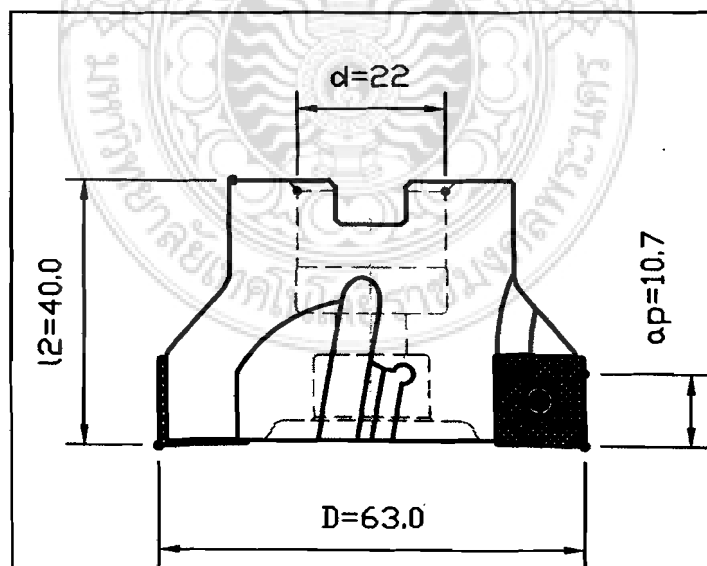
ตารางที่ 6.3 ผลการทดสอบความเรียบผิวด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด Ra (μm)

ชิ้นงาน		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5	เฉลี่ย
ผลิตภัณฑ์ นำเข้า	ร่องกัดที่1	1.1	1.1	0.8	0.9	0.9	0.96
	ร่องกัดที่2	1.1	0.9	0.8	0.8	1.0	0.92
	ร่องกัดที่3	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.74
ผลิตภัณฑ์แบบ	ร่องกัดที่1	1.4	1.1	1.0	1.1	1.3	1.18
	ร่องกัดที่2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	ร่องกัดที่3	0.9	1.3	1.2	1.4	1.1	1.18

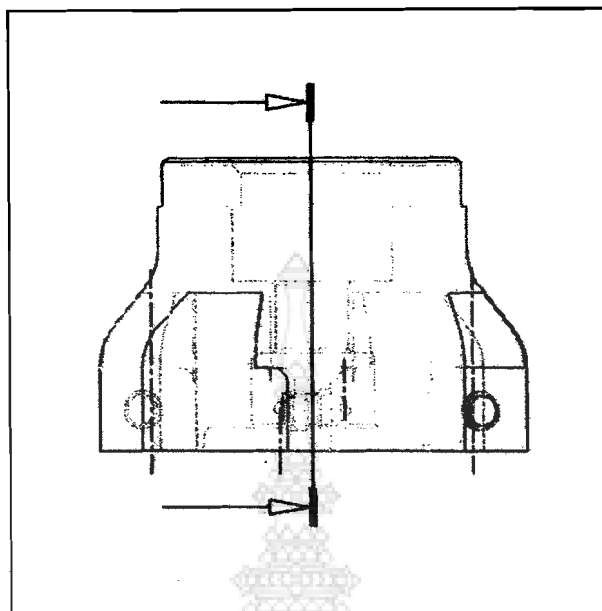
6.6 แบบของค้ำมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด



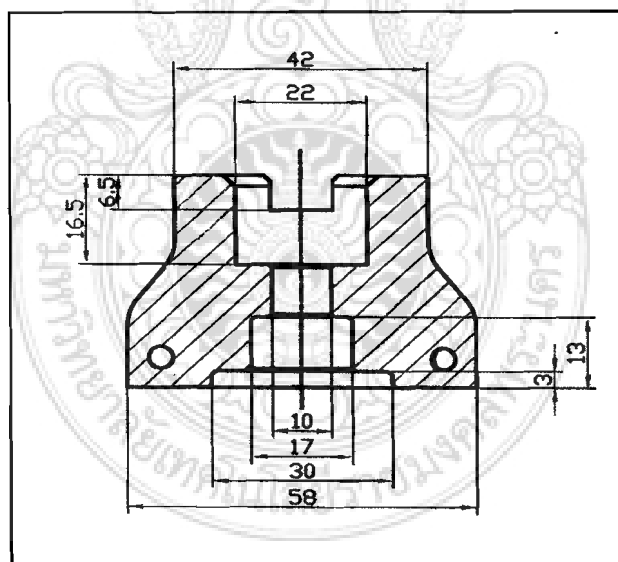
ภาพที่ 6.2 แสดงภาพด้านล่างของค้ำมีดกัดแบบ 4 กมตัด



ภาพที่ 6.3 แสดงภาพด้านหน้าของค้ำมีดกัดแบบ 4 กมตัด



ภาพที่ 6.4 แสดงค้ำมีดกัดแบบ 4 คมตัดจากด้านข้าง



ภาพที่ 6.5 แสดงแบบของค้ำมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดจากด้านข้าง

6.7 ทดสอบการใช้งาน

ออกแบบการทดสอบงานกัด โดยกำหนดขนาดและชนิดวัสดุ ที่ความหนาเท่ากับ 20 มม. ความกว้าง เท่ากับ 300 มม. ความยาว เท่ากับ 300 มม. กัดชิ้นงานด้วยค้ำมีดกัดแบบ 4 คมตัดที่ผลิต

ชิ้นมาใหม่ เป็นระยะทาง 900 มม. ความลึก 2 มม. และตัวอย่างค้ำมีค้ำแบบ 4 คมตัด ระยะทางการกัดเท่ากันและเหมือนกัน ดังนี้

6.6.1 ความลึกในการกัด 2 มม.

6.6.2 ความยาวในการกัด 900 มม.

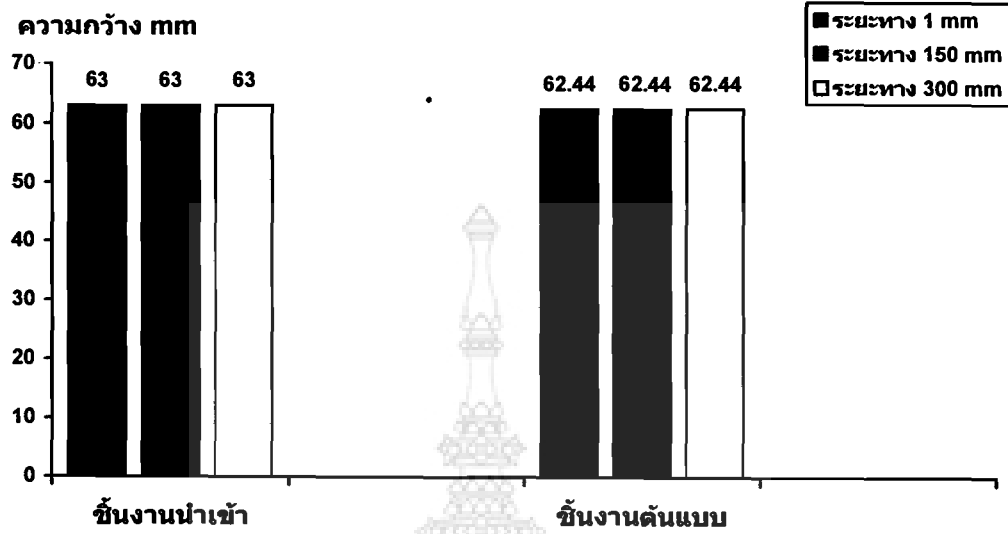
6.6.3 กว้าง 63 มม.

6.6.4 ใช้ความเร็วรอบในการกัด 900 รอบ/นาที

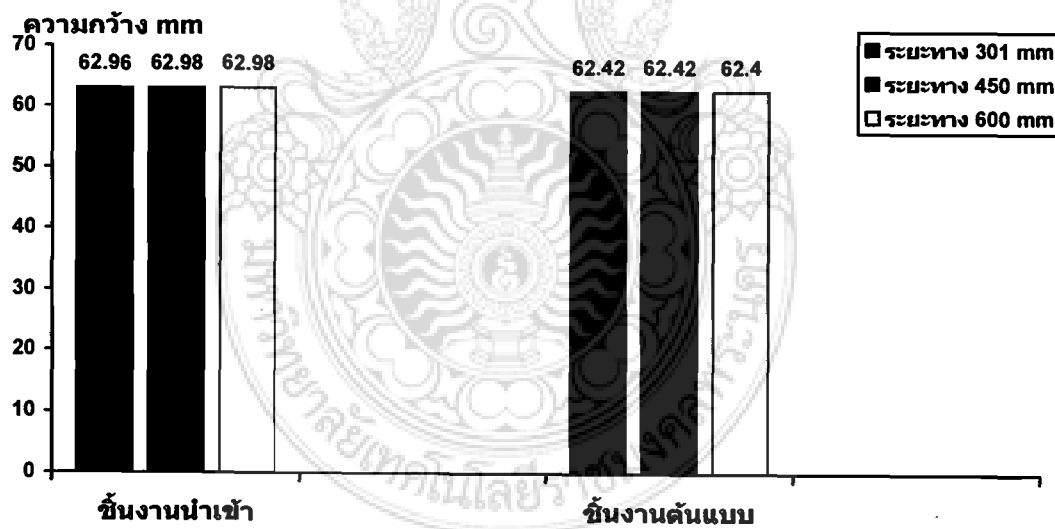
ตารางที่ 6.4 ตารางบันทึกผลการทดสอบการกัดชิ้นงานของทั้งสองผลิตภัณฑ์

การทดสอบ		ผลิตภัณฑ์นำเข้า		ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมาใหม่(ต้นแบบ)	
		กว้าง (mm)	เรียบRa(μm)	กว้าง(mm)	เรียบ Ra(μm)
ครั้งที่ 1	หัว	63.00	1.1	62.44	1.0
	กลาง	63.00	0.8	62.44	1.4
	ท้าย	63.00	0.9	62.44	1.3
	เฉลี่ย	63.00	0.93	62.44	1.23
ครั้งที่ 2	หัว	62.96	1.1	62.42	0.9
	กลาง	62.98	0.8	62.42	0.8
	ท้าย	62.98	1.0	62.40	0.8
	เฉลี่ย	62.97	0.96	62.41	0.83
ครั้งที่ 3	หัว	62.98	0.8	62.40	0.9
	กลาง	62.98	0.7	62.40	1.2
	ท้าย	62.98	0.7	62.38	1.2
	เฉลี่ย	62.98	0.73	62.39	1.1
ค่าเฉลี่ยรวม		62.98	0.87	62.41	1.05

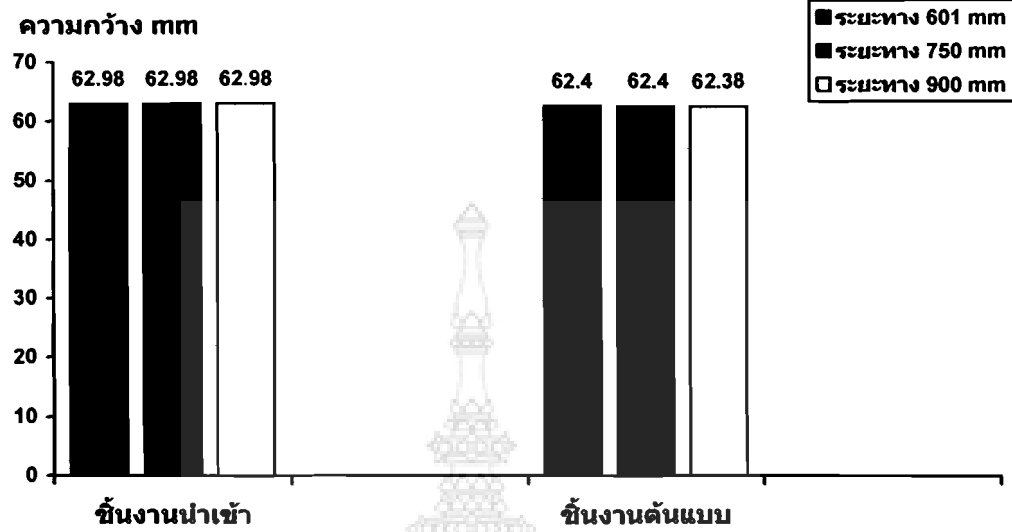
จากตารางที่ 6.4 แสดงให้เห็นข้อมูลในการกัดชิ้นงานซึ่งจะแสดงค่าของความกว้างร่องกัดและความเรียบผิวของงานกัดเปรียบเทียบกับกราฟแท่งเพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างด้านผลการใช้งานของค้ำมีค้ำของแต่ละตราผลิตภัณฑ์และค้ำมีค้ำที่ผลิตขึ้นมาใหม่(ต้นแบบ)



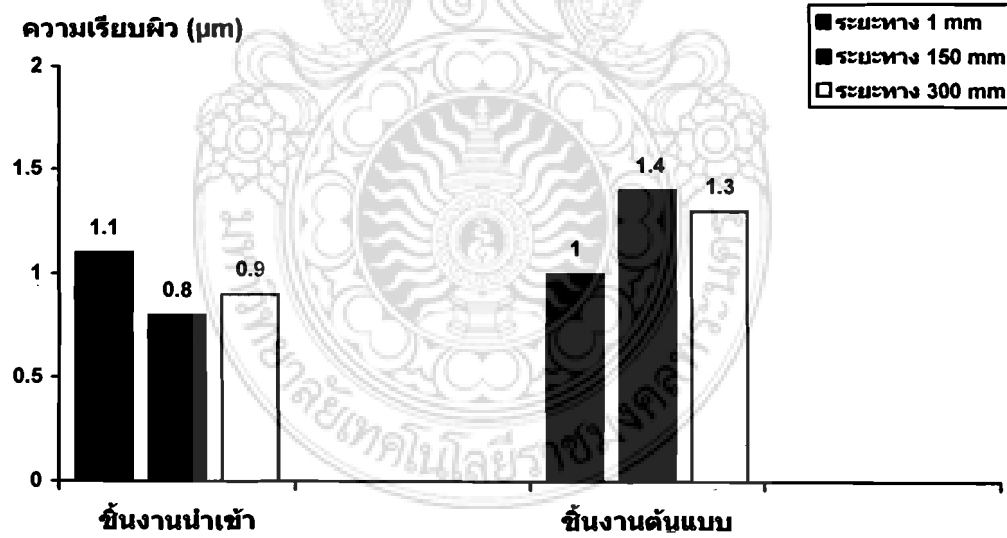
ภาพที่ 6.6 แผนภูมิแสดงการทดสอบงานกัณฑ์ความยาว 300 mm



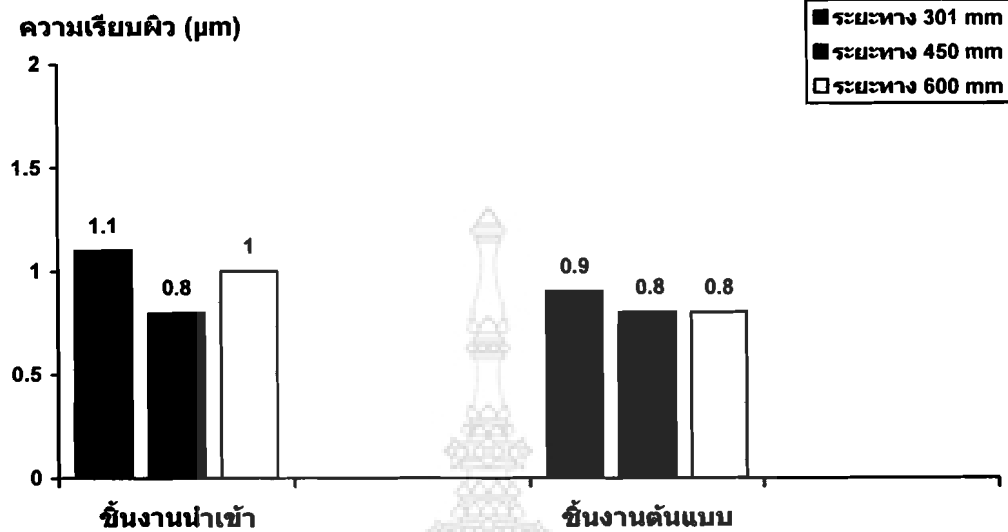
ภาพที่ 6.7 แผนภูมิแสดงการทดสอบงานกัณฑ์ความยาว 600 mm



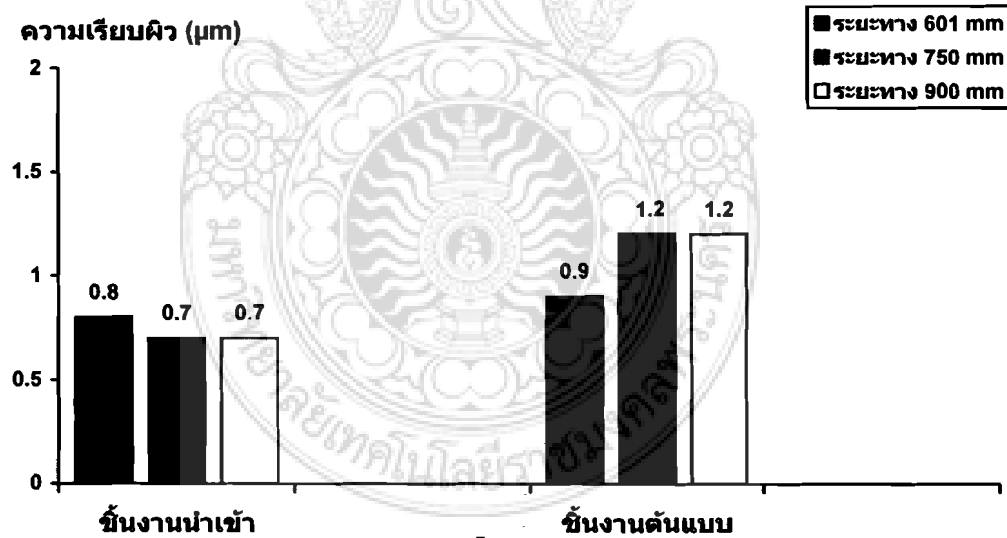
ภาพที่ 6.8 แผนภูมิแสดงการทดสอบงานกัดที่ความยาว 900 mm



ภาพที่ 6.9 แผนภูมิแสดงผลค่าความเรียบผิวของชิ้นงานจากร่องกัดที่ความยาว 300 mm



ภาพที่ 6.10 แผนภูมิแสดงผลค่าความเรียบผิวของชิ้นงานจากรองกั้วที่ความยาว 600 mm



ภาพที่ 6.11 แผนภูมิแสดงผลค่าความเรียบผิวของชิ้นงานจากรองกั้วที่ความยาว 900 mm

บทที่ 7

ผลการทดลอง

จากการศึกษาเพื่อการออกแบบและผลิตด้ามมีดเจาะขนาด 20 มม. แบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด ทำการผลิตชิ้นงานต้นแบบและนำไปทดสอบการใช้งานเปรียบเทียบด้ามมีดนำเข้ามีข้อมูลผลการดำเนินการในด้านต่าง ๆ

7.1 ทดสอบการใช้งานส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด

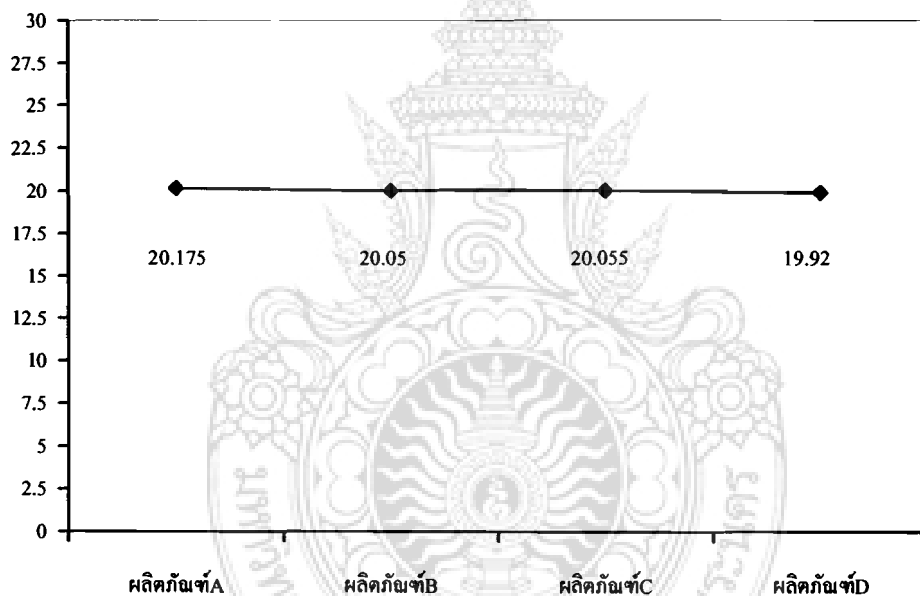
ตารางที่ 7.1 ตารางเปรียบเทียบการเจาะรูด้วยส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด

ตราผลิตภัณฑ์ รูเจาะ	ชิ้นงานตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ A		ชิ้นงานตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ B		ชิ้นงานตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ C		ชิ้นงานตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ที่ผลิต ขึ้นใหม่(D)	
	Ø	depth	Ø	depth	Ø	depth	Ø	depth
1	20.10	4.9	20.00	4.7	20.05	4.7	19.9	4.8
2	20.15	5.1	20.05	4.8	20.05	4.7	19.8	4.95
3	20.20	4.85	20.00	4.8	20.05	4.5	19.8	4.9
4	20.20	4.7	20.05	4.7	20.10	4.5	19.7	4.9
5	20.25	4.4	20.05	4.6	20.00	4.5	19.8	4.8
6	20.15	4.4	20.10	4.7	20.00	4.4	19.8	4.8
7	20.20	5.2	20.10	4.8	20.10	4.5	19.7	4.9
8	20.20	4.9	20.05	4.9	20.10	4.5	20.5	4.7
9	20.20	4.8	20.10	4.9	20.10	4.5	20.20	4.7
10	20.10	4.8	20.00	4.5	20.00	4.5	20.00	4.9
ค่าเฉลี่ย	20.175	4.806	20.05	4.74	20.055	4.53	19.92	4.835

จากตารางที่ 7.1 แสดงผลการใช้งาน โดยการเจาะชิ้นงานเหล็กกล้า S50C (AISI 1050) ของ ส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเจาะและความลึกของรูเจาะปรากฏว่าขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางมากที่สุดคือ 20.175 มม. ซึ่งเป็นของผลิตภัณฑ์ A ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก ที่สุดมีค่าเท่ากับ 19.92 มม. ซึ่งเป็นผลการเจาะด้วยผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ขณะที่ผลิตภัณฑ์ B และ C อยู่ ที่ 20.05 และ 20.055 ตามลำดับ

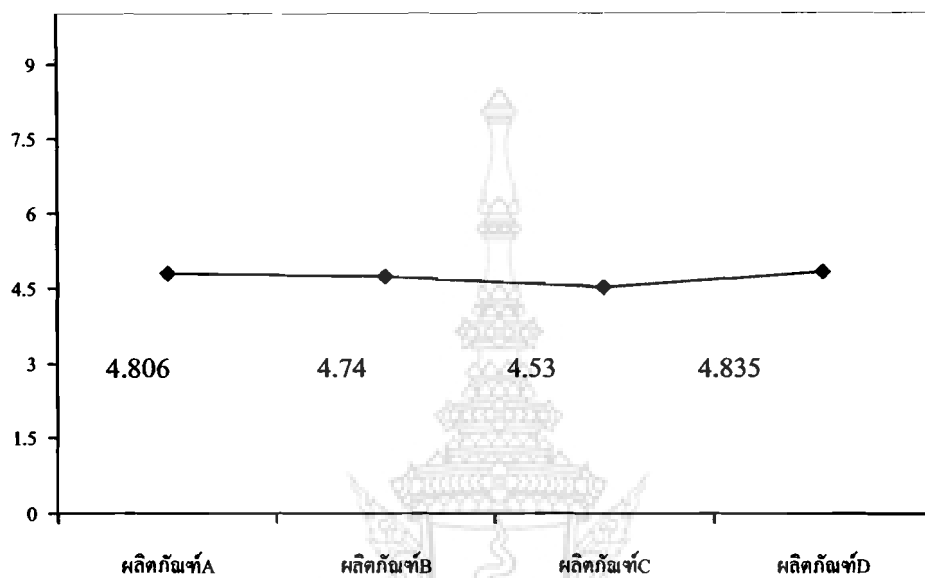
7.2 ผลการทดสอบการใช้งานของด้ามมีดเจาะ

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะ (mm.)



ภาพที่ 7.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะชิ้นงานด้วยด้ามมีดเจาะนำเข้าและด้ามมีดเจาะต้นแบบ

ขนาดความลึกของรูเจาะ (mm.)



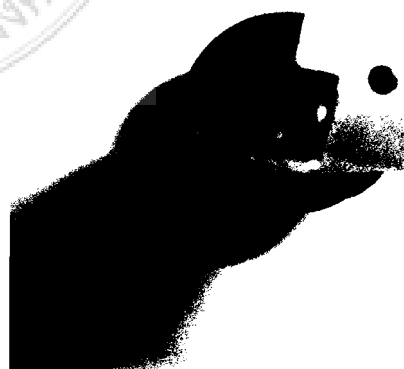
ภาพที่ 7.2 ขนาดความลึก (depth of cut) ของการเจาะชิ้นงาน AISI 1050

7.3 ผลการทดสอบและลักษณะของด้ามมีดเจาะ

7.3.1 ส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดหลังการใช้งาน



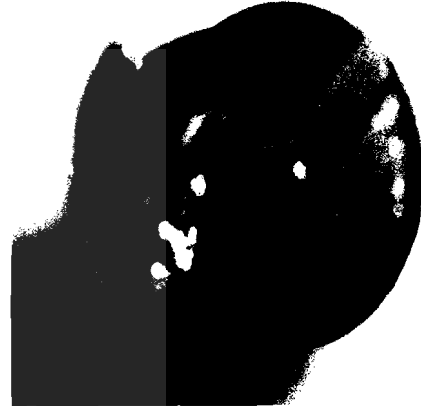
ภาพที่ 7.3 ชิ้นงานตัวอย่างผลึกภัณฑ์ A
ด้านปลายเจาะ



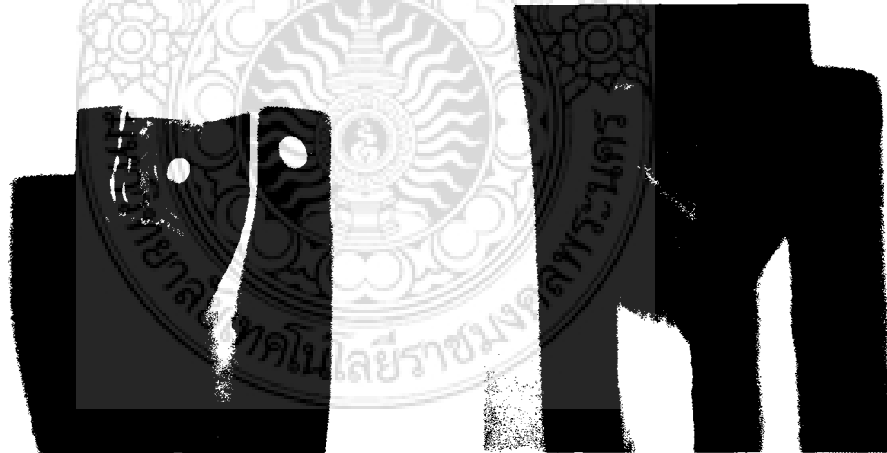
ภาพที่ 7.4 ชิ้นงานตัวอย่างผลึกภัณฑ์ B
ด้านปลายเจาะ



ภาพที่ 7.5 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C
ด้านปลายเจาะ

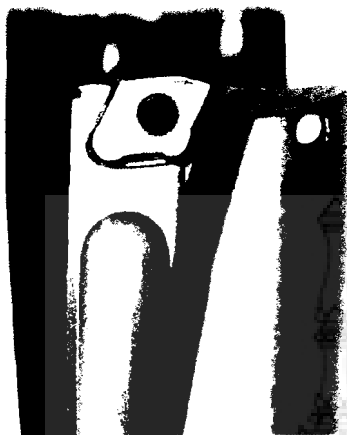


ภาพที่ 7.6 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่
ผลิตขึ้นใหม่ด้านปลายเจาะ

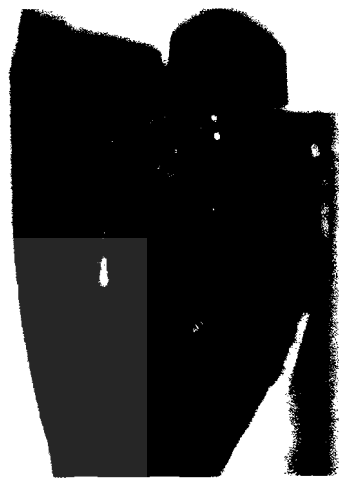


ภาพที่ 7.7 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A
ด้านจับยึดแผ่นมีคาน้ำเจาะ

ภาพที่ 7.8 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ B
ด้านจับยึดแผ่นมีคาน้ำเจาะ



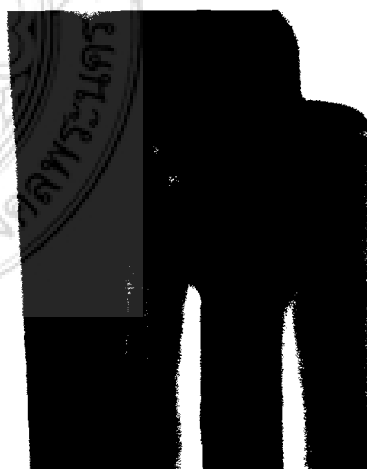
ภาพที่ 7.9 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C
ด้านจับยึดแผ่นมีดน้ำเจาะ



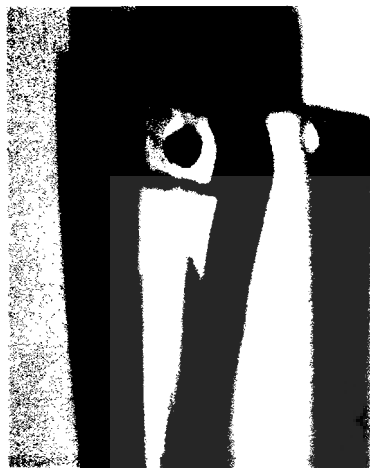
ภาพที่ 7.10 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่
ผลิตขึ้นใหม่(D)ด้านจับยึดแผ่นมีดน้ำเจาะ



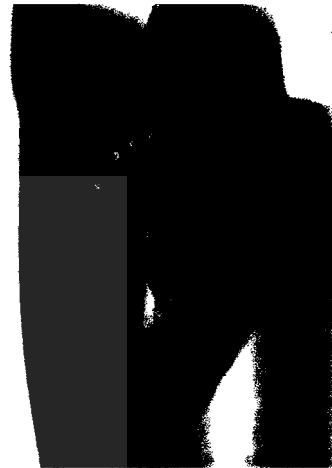
ภาพที่ 7.11 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A
แสดงแผ่นเจาะด้านขนาด
เส้นผ่านศูนย์กลาง



ภาพที่ 7.12 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ B
แสดงแผ่นเจาะด้านขนาด
เส้นผ่านศูนย์กลาง



ภาพที่ 7.13 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C
แสดงแผ่นเจาะด้านขนาด
เส้นผ่านศูนย์กลาง

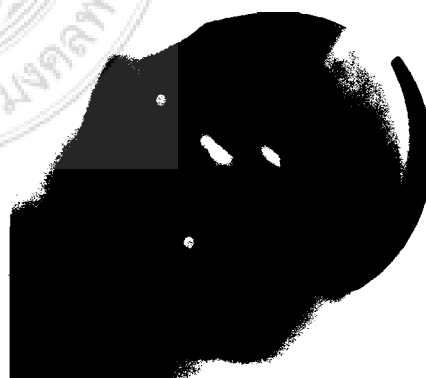


ภาพที่ 7.14 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่
ผลิตขึ้นใหม่ (D)แสดงแผ่นเจาะด้านขนาด
เส้นผ่านศูนย์กลาง

7.3.2 สว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดหลังการใช้งานประกอบแผ่นมีด



ภาพที่ 7.15 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A
ด้านปลายเจาะ



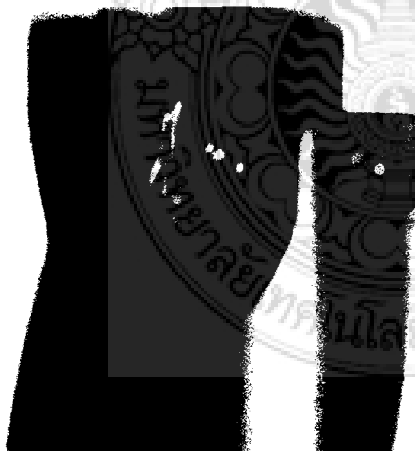
ภาพที่ 7.16 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ B
ด้านปลายเจาะ



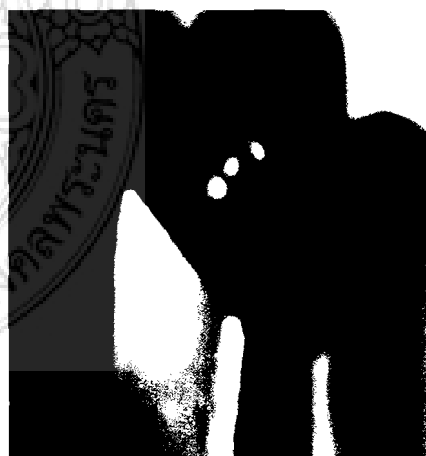
ภาพที่ 7.17 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C
ด้านปลายเจาะ



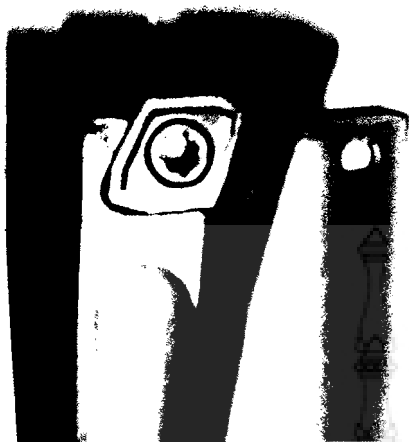
ภาพที่ 7.18 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่
ผลิตขึ้นใหม่(D) ด้านปลายเจาะ



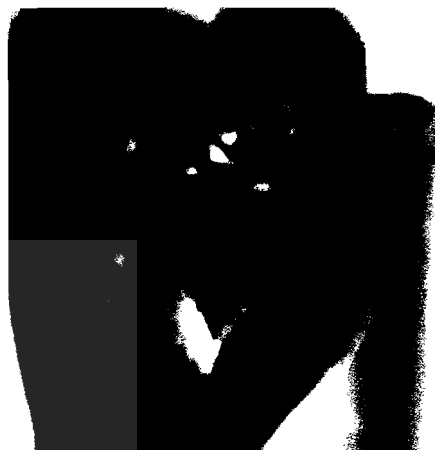
ภาพที่ 7.19 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A
ด้านจับยึดแผ่นมีค่น้ำเจาะ



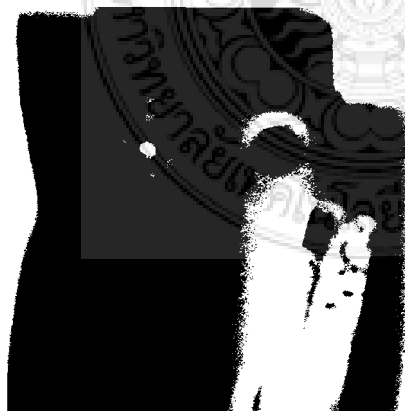
ภาพที่ 7.20 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ B
ด้านจับยึดแผ่นมีค่น้ำเจาะ



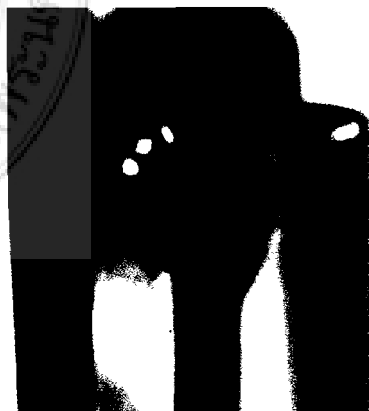
ภาพที่ 7.21 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C
ด้านจับยึดแผ่นมีคาน้ำเจาะ



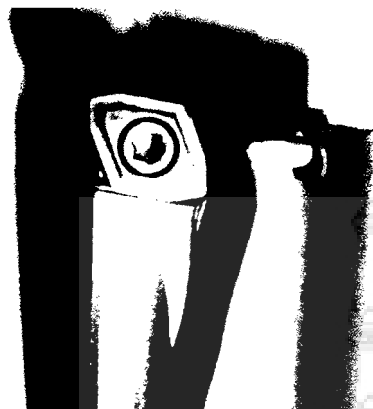
ภาพที่ 7.22 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่
ผลิตขึ้นใหม่ (D) ด้านจับยึดแผ่นมีคาน้ำเจาะ



ภาพที่ 7.23 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A
แสดงแผ่นเจาะด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง



ภาพที่ 7.24 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ B
แสดงแผ่นเจาะด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง



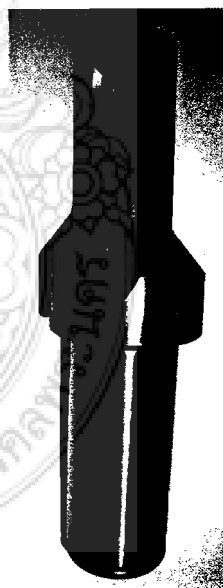
ภาพที่ 7.25 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C
แสดงแผ่นเจาะด้านขนาด
เส้นผ่านศูนย์กลาง



ภาพที่ 7.26 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่
ผลิตขึ้นใหม่(D) แสดงแผ่นเจาะ
ด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง



ภาพที่ 7.27 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A



ภาพที่ 7.28 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ B



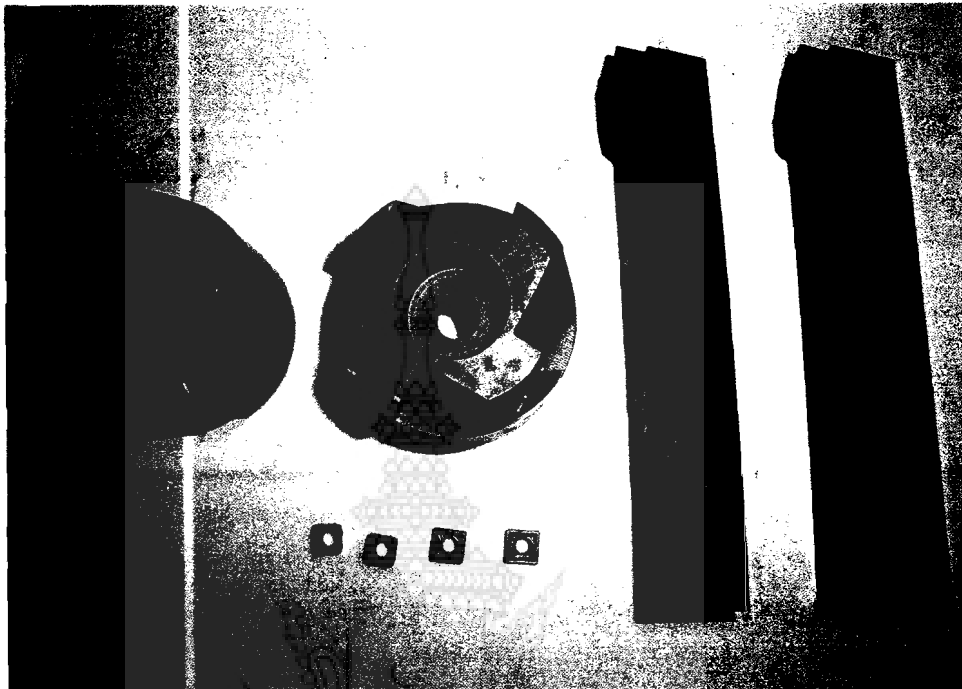
ภาพที่ 7.29 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C



ภาพที่ 7.30 ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่
ผลิตขึ้นใหม่(D)



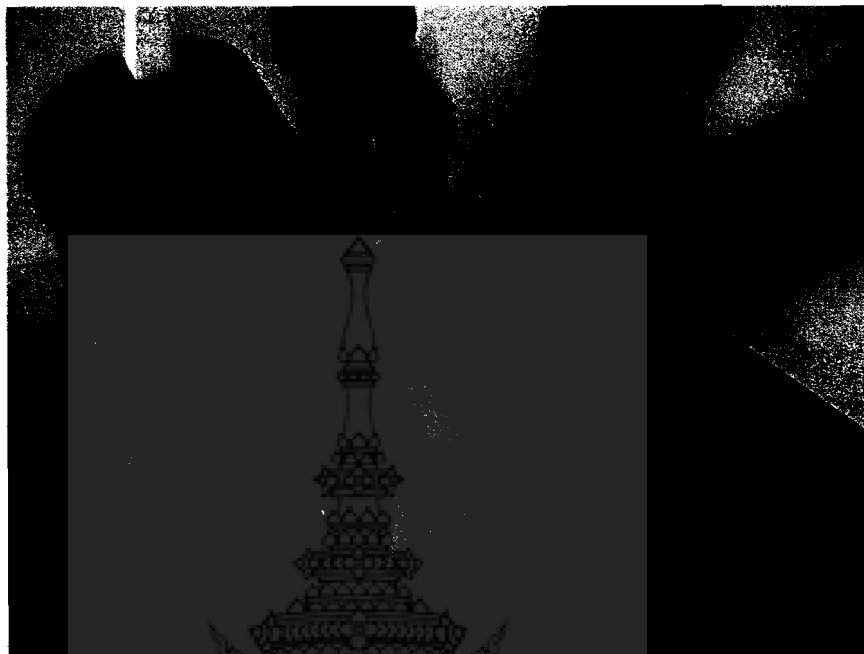
ภาพที่ 7.31 รูปแสดงส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีคของแต่ละผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์
ต้นแบบ(D)



ภาพที่ 7.32 ผลิตภัณฑ์ด้ามมีดกัดและด้ามมีดกลึงที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานกับแผ่นมีดชนิดเดียวกัน
ขนาด 6.74 x 6.74 x 2.8 mm



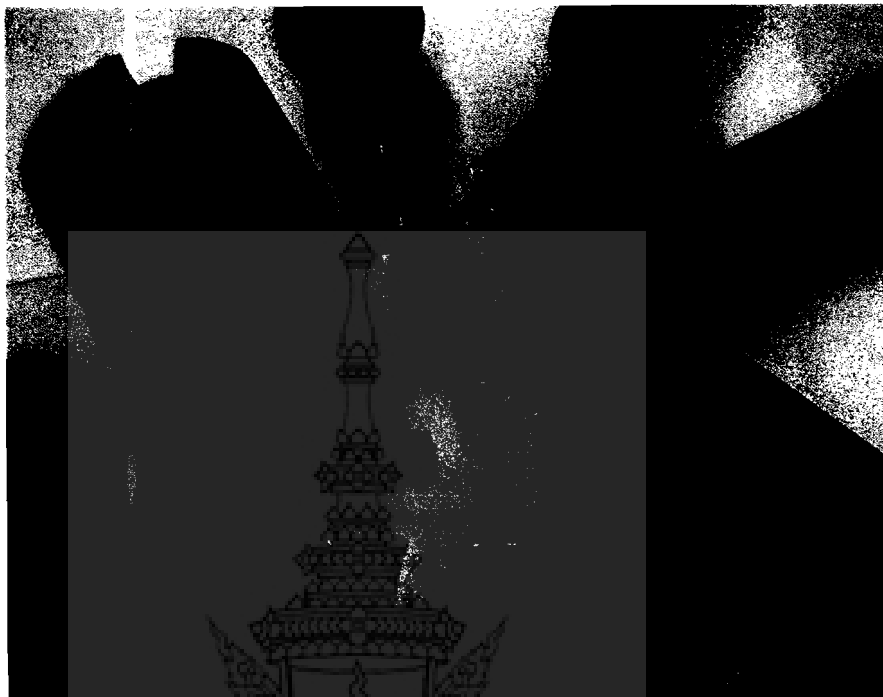
ภาพที่ 7.33 แผ่นมีดขนาด 6.74 x 6.74 x 2.8 mm. ใช้สำหรับด้ามมีดกลึงกัดและเจาะ



ภาพที่ 7.34 ค้ามืดที่ผลิตขึ้นใหม่เป็นชุดเครื่องมือตัดราคาประหยัดสามารถใช้ แผ่นมืดขนาดเดียวกันสำหรับใช้ในการทำงานกลึง กัดและเจาะ



ภาพที่ 7.35 แสดงเครื่องมือตัดที่ใช้แผ่นมืดร่วมกัน เป็นชุดเครื่องมือตัดราคาประหยัดเนื่องจากใช้แผ่นมืดร่วมกันได้ทั้ง 3 ลักษณะงาน ประกอบด้วย กลึง กัด และเจาะ

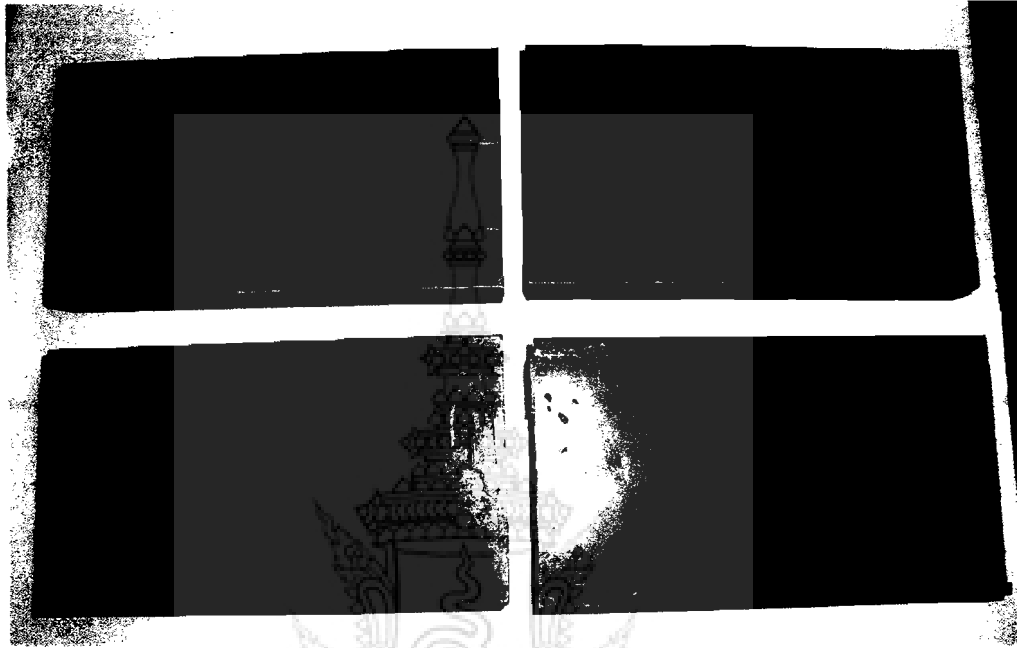


ภาพที่ 7.36 แสดงแผ่นม็ดขนาด 6.74 x 6.74 x 2.8 mm. และด้ามม็ดถึง กัด และเจาะ



ภาพที่ 7.37 แสดงด้ามม็ดสำหรับงานเจาะ (Drilling) ด้ามม็ดสำหรับงานกลึง (Turning) และด้ามม็ดสำหรับงานกัด (Milling) ที่สามารถใช้แผ่นม็ด (Insert tools) ขนาดระรูปทรงเดียวกันได้ ตามลักษณะการจับยึดด้วยกสรูยึด

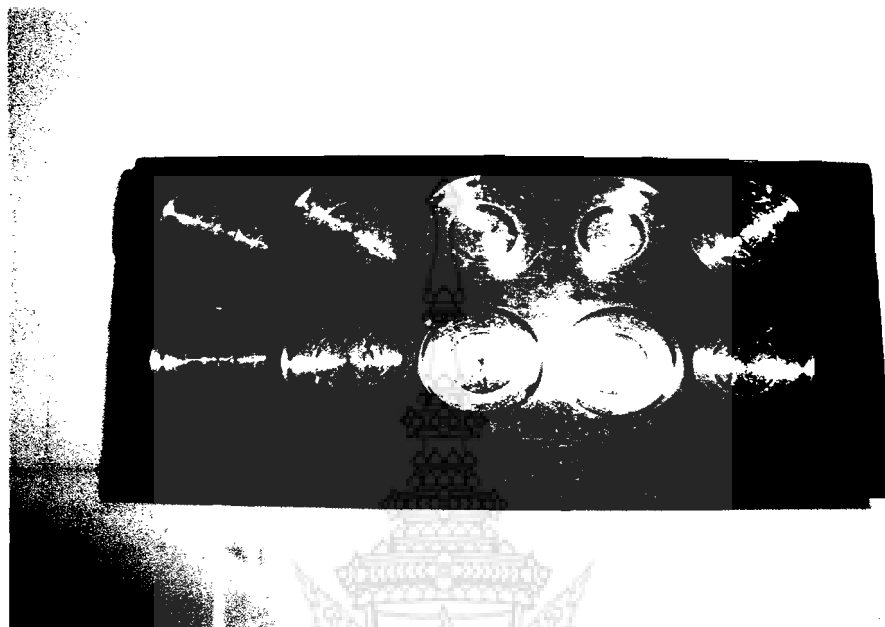
7.4 ชิ้นงานทดสอบของส่วงานแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมิด



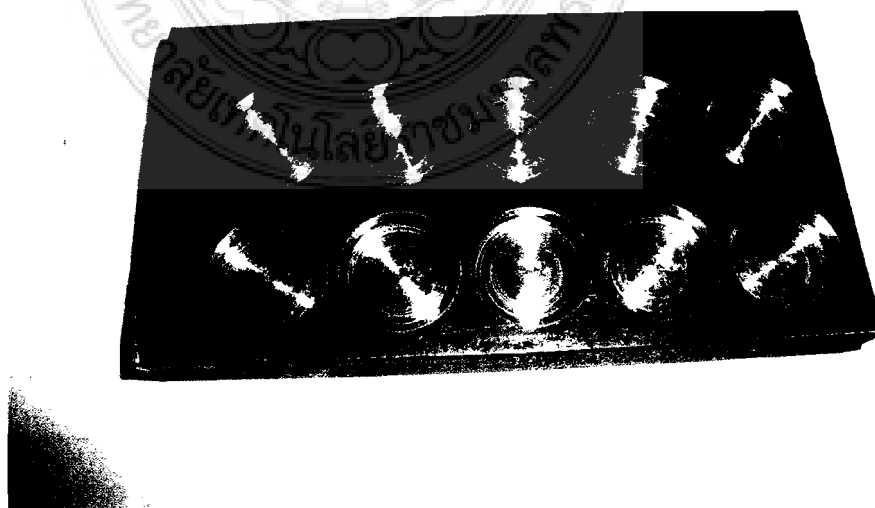
ภาพที่ 7.38 แผ่นชิ้นงานที่ใช้ทดสอบการใช้งานกับด้านมิดแต่ละตราผลิตภัณฑ์ รวมถึงด้านมิดที่ผลิตขึ้นใหม่ (D)



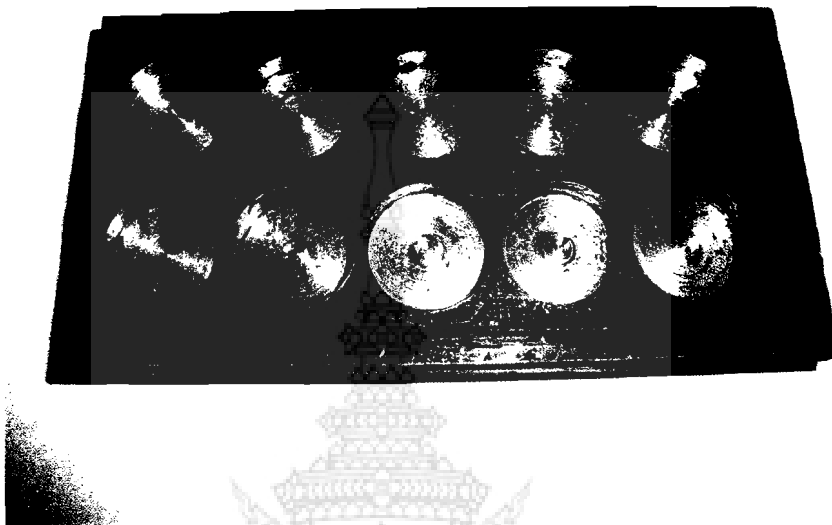
ภาพที่ 7.39 แผ่นชิ้นงานหลังการทดสอบด้วยชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A



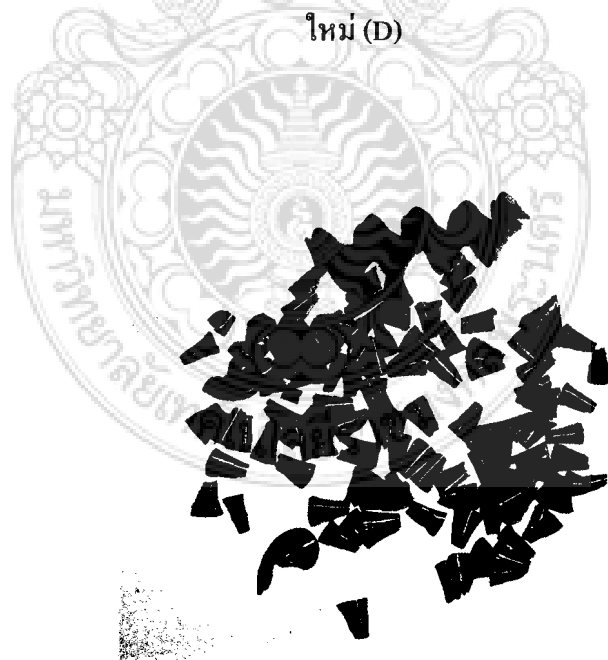
ภาพที่ 7.40 แผ่นชิ้นงานหลังการทดสอบด้วยชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ B



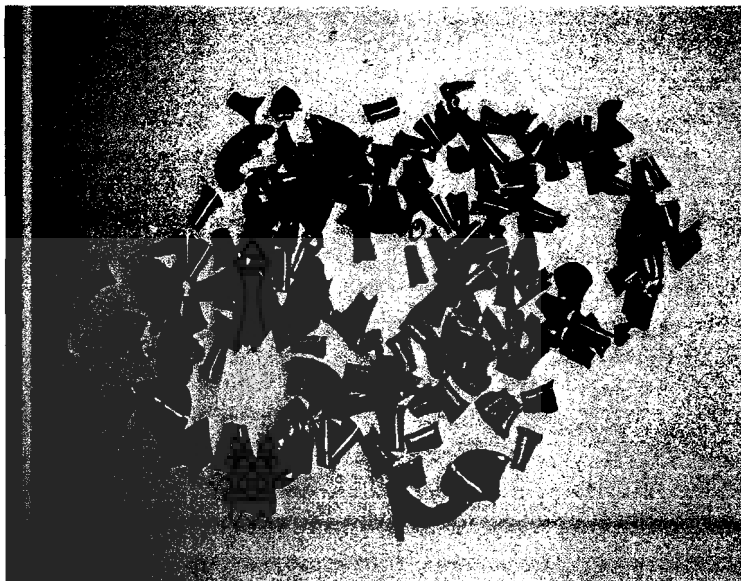
ภาพที่ 7.41 แผ่นชิ้นงานหลังการทดสอบด้วยชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C



ภาพที่ 7.42 แผ่นชิ้นงานหลังการทดสอบด้วยชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นใหม่ (D)



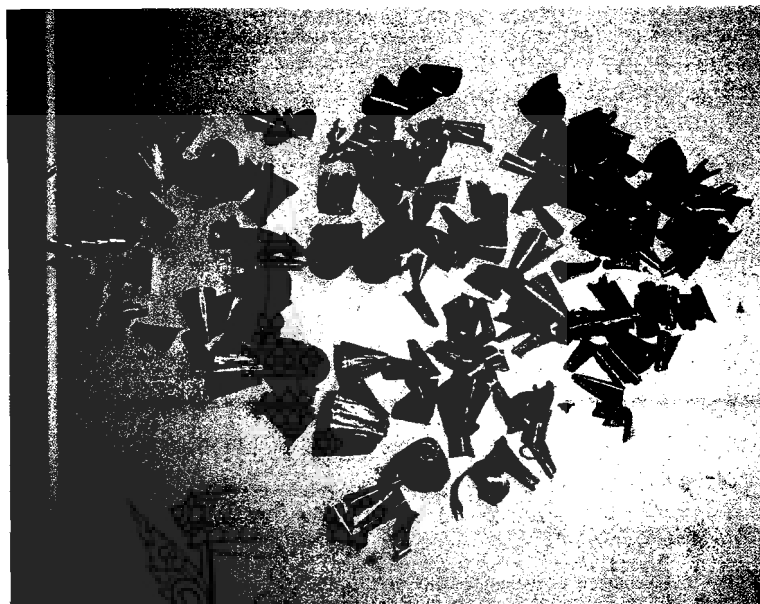
ภาพที่ 7.43 เศษเจาะที่ได้จากการทดสอบด้วยชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A



ภาพที่ 7.44 เศษเงาที่ได้จากการทดสอบด้วยชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ B



ภาพที่ 7.45 เศษเงาที่ได้จากการทดสอบด้วยชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C



ภาพที่ 7.46 เศษโลหะจากการเจาะ ด้วยทดสอบชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นใหม่ (D)

7.5 วิเคราะห์ข้อมูลการออกแบบและผลิตด้ามมีด

ผลการศึกษาและการผลิตด้ามมีดเจาะ ขนาด $\varnothing 20$ mm. ด้วยเหล็ก SNCM 439 ขนาด $\varnothing 35 \times 125$ mm สามารถสรุปผล ได้ดังนี้

7.5.1 ศึกษาเชิงวิศวกรรมย้อนรอย

7.5.1.1 ส่วนผสมทางเคมี จากการทดสอบส่วนผสมทางเคมีเปรียบเทียบในปริมาณคาร์บอน (C) ตราผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณคาร์บอนมากที่สุดคือ ตราผลิตภัณฑ์ C ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนที่ 0.53435 ตราผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณคาร์บอนน้อยที่สุดคือ ตราผลิตภัณฑ์ B ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนที่ 0.36229

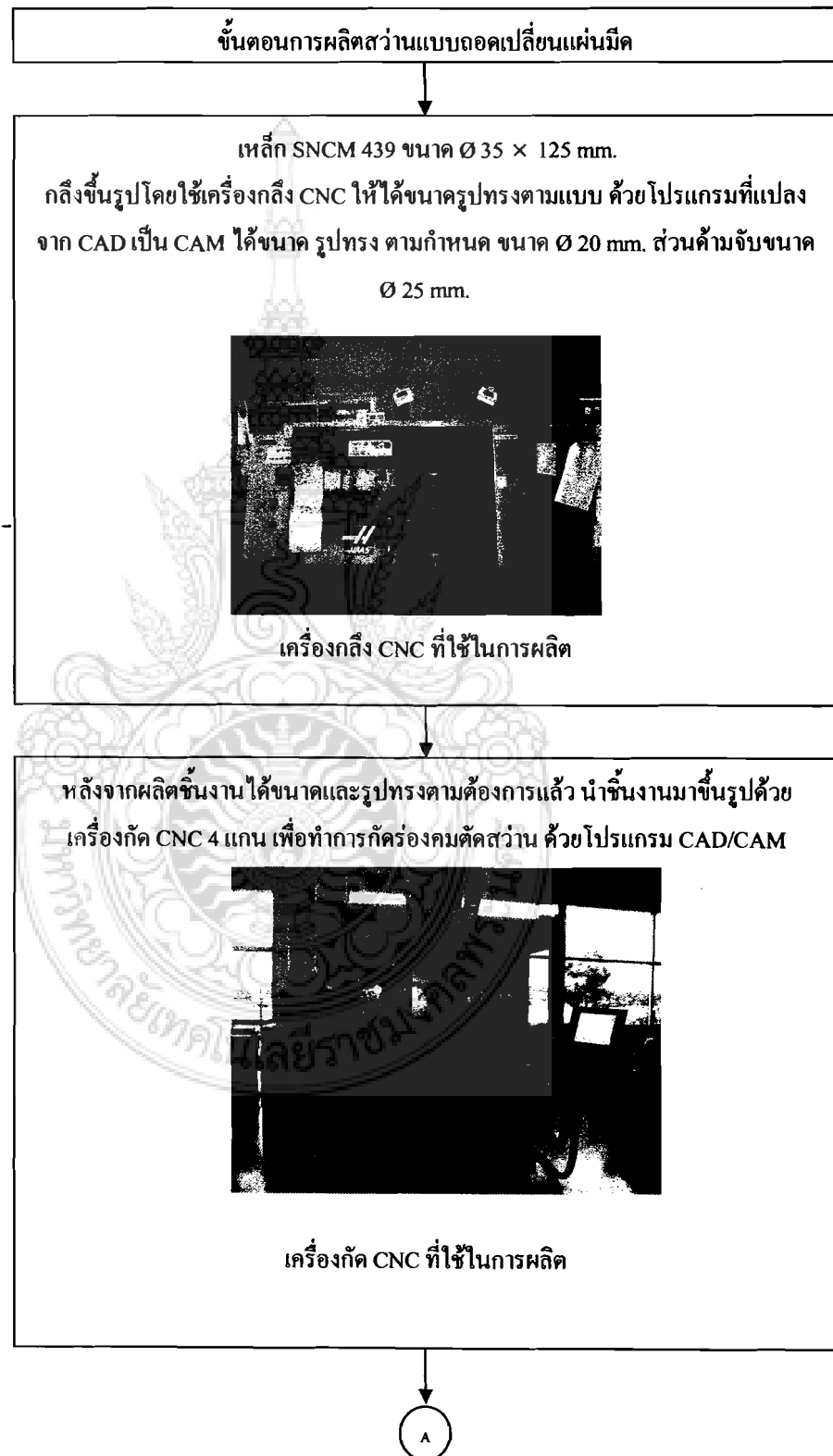
7.5.1.2 ความแข็ง จากการทดสอบความแข็งของสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด ทั้ง 3 ตราผลิตภัณฑ์ ในการทดสอบในส่วนของผิวเรียบ ตราผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งของวัสดุมากที่สุดคือ ตราผลิตภัณฑ์ B โดยมีค่าความแข็งอยู่ที่ 53.93 HRC ตราผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งน้อยที่สุดคือ ตราผลิตภัณฑ์ A โดยมีค่าความแข็งอยู่ที่ 44.06 HRC และในส่วนที่เป็นผิวโค้ง และในส่วนที่เป็นผิวโค้ง ตราผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งมากที่สุดคือ ตราผลิตภัณฑ์ B โดยมีค่าความแข็งอยู่ที่ 51.3 HRC ตราผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความแข็งน้อยที่สุดคือ ตราผลิตภัณฑ์ C โดยมีค่าความแข็งอยู่ที่ 45.16 HRC

7.5.2 การศึกษารูปทรงเลขาคณิตของด้ามมีดเจาะ

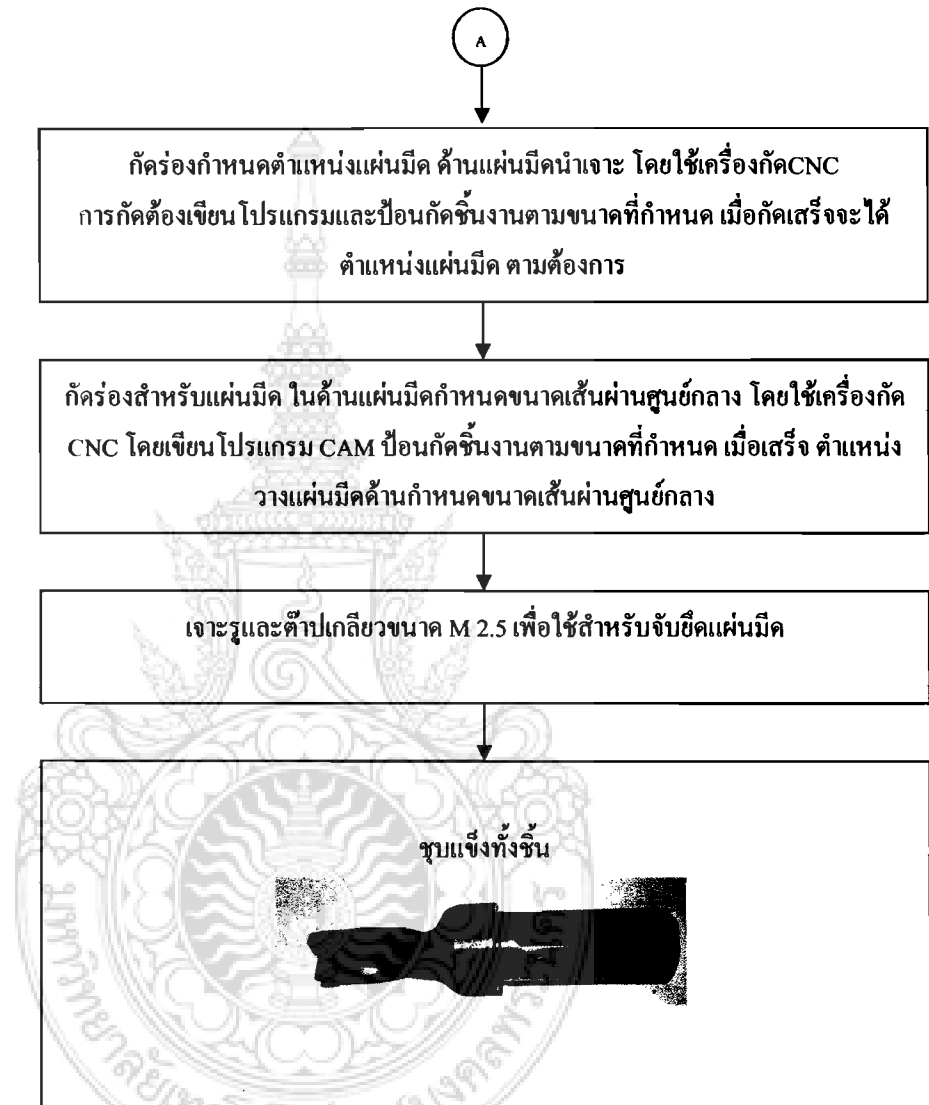
จากการศึกษาขนาดของแต่ละตราผลิตภัณฑ์ จะมีขนาดเท่ากันที่ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางคมตัดที่ 20 mm. ค้ำจับที่ขนาด 25 mm. และความยาวจะมีขนาดที่ใกล้เคียงกัน จะแตกต่างกันในส่วนของการวางแผ่นมีด ซึ่งแต่ละตราผลิตภัณฑ์จะมีรูปทรงการวางมีดมีดที่แตกต่างกันไป



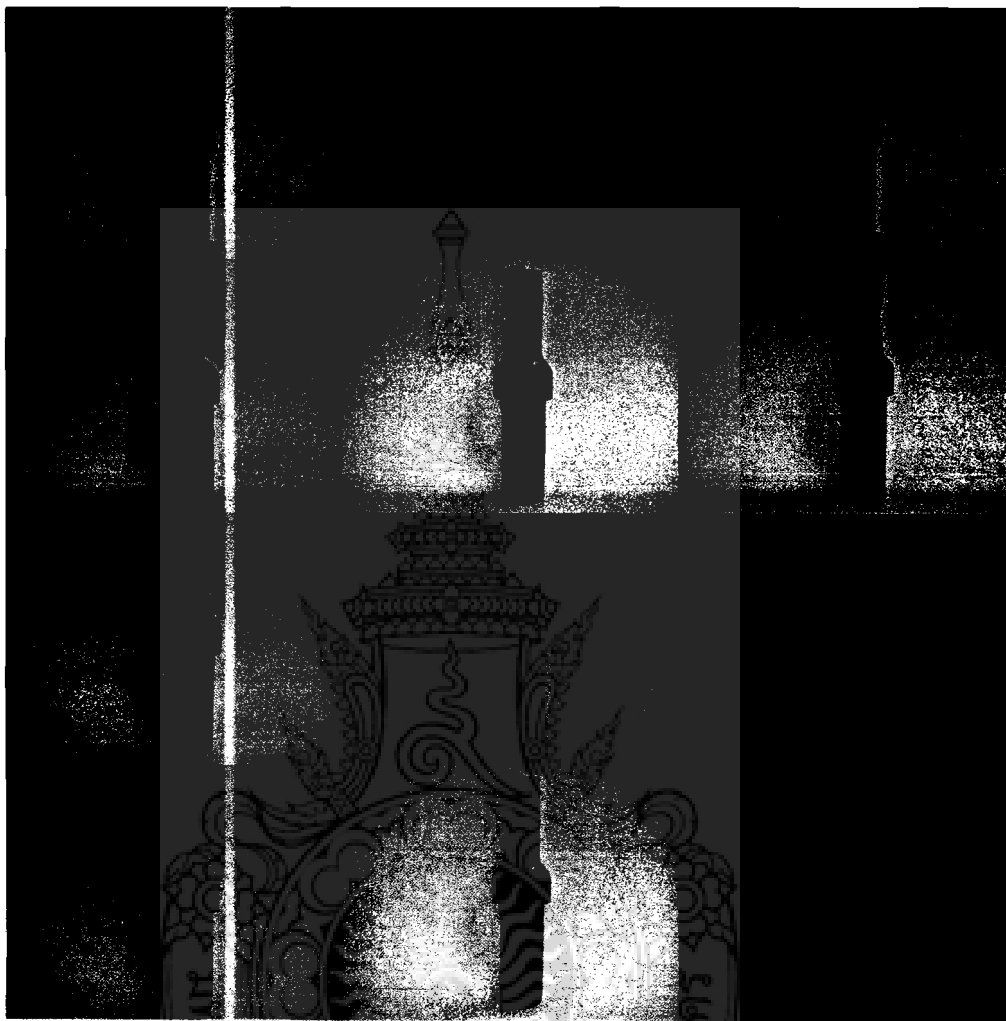
7.5.3 การผลิตด้ามมีดเจาะดินแบบ



ภาพที่ 7.47 ขั้นตอนการผลิตส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด



ภาพที่ 7.47 ขั้นตอนการผลิตสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด (ต่อ)



ภาพที่ 7.48 ค้ามมีคเจาะที่ผลิตขึ้นใหม่ (ต้นแบบ)

7.5.4 ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี

8/7/2008 4:10:42 PM Sample: 4
Program: FELAST Task: FECOLAST

Run	C2	Si1	S1	P1	Mn3	Ni	Cr	Mo1	V3	Cu	W7	Ti4
1>	0.43284	1.06475	0.02811	0.01624	0.35285	0.11154	4.95526	1.28499	0.93559	0.08903	0.00656	0.00263
2>	0.38585	1.06101	0.02089	0.01500	0.35221	0.11143	4.95028	1.24602	0.92201	0.08847	0.00668	0.00263
3>	0.42822	1.05752	0.02252	0.01447	0.35506	0.11232	4.99021	1.23637	0.91663	0.09025	0.00803	0.00275
Avg	0.41564	1.06109	0.02384	0.01524	0.35337	0.11177	4.96525	1.25579	0.92474	0.08925	0.00709	0.00267
Sd	0.02590	0.00362	0.00379	0.00091	0.00150	0.00049	0.02176	0.02574	0.00977	0.00091	0.00082	0.00007
Sdt	6.23090	0.34098	15.89409	5.97409	0.42333	0.43498	0.43816	2.04945	1.05667	1.01956	11.54716	2.56468

	Sn2	Co1	Al7	Pb6	Nb1	Bi4	Zn5	FEt
1>	0.01440	0.03534	0.01691	0.00059	0.00107	-0.01008	0.02644	90.6350
2>	0.01517	0.03541	0.01691	0.00100	0.00156	-0.00825	0.02596	90.7498
3>	0.01550	0.03571	0.01721	0.00151	0.00221	-0.00683	0.02779	90.6726
Avg	0.01502	0.03548	0.01701	0.00103	0.00162	-0.00839	0.02673	90.6858
Sd	0.00056	0.00020	0.00018	0.00046	0.00058	0.00163	0.00095	0.0585
Sdt	3.75675	0.55698	1.03156	44.35637	35.61075	-19.41500	3.54124	0.0645

ภาพที่ 7.50 ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของผลิตภัณฑ์ A

จากผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของตราผลิตภัณฑ์ A มีปริมาณคาร์บอน (C) 0.41564 ซิลิกอน (Si) 1.06109 แมงกานีส (Mn) 0.35337 นิกเกิล (Ni) 0.11177 โครเมียม (Cr) 4.96525 โมลิบดีนัม (Mo) 1.25579 วานาเดียม (V) 0.92474 เหล็ก (Fe) 90.6858

8/7/2008 4:18:04 PM Sample: 5
Program: FECRNI Task: FECCRNI

Run	C2	Si1	S1	P1	Mn	Ni3	Cr3	Mo1	V3	Cu5	W7
1>	0.53935	1.00625	0.01161	0.04602	0.38561	0.13168	3.67849	1.09801	0.36921	0.00957	-0.03247
2>	0.52934	1.01237	0.01230	0.01882	0.38856	0.01155	3.71683	1.09575	0.37541	0.00977	-0.03251
3x	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Avg	0.53435	1.00931	0.01196	0.03242	0.38708	0.13168	3.69766	1.09688	0.37231	0.00967	-0.03249
Sd	0.00707	0.00433	0.00049	0.01923	0.00208	0.16989	0.02711	0.00160	0.00438	0.00015	0.00003
Sdt	1.32370	0.42865	4.09031	59.32583	0.53851	129.01375	0.73313	0.14614	1.17724	1.51972	-0.09422

	Ti4	Sn2	Co1	Al7	Nb1	FEt
1>	0.00265	0.00656	0.00518	0.00434	0.00505	92.6128
2>	0.00442	0.00602	0.00520	0.00489	0.00561	92.8357
3x	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000
Avg	0.00353	0.00629	0.00519	0.00462	0.00533	92.7242
Sd	0.00126	0.00038	0.00002	0.00039	0.00039	0.1576
Sdt	35.54861	6.05441	0.33926	8.39045	7.37828	0.1700

ภาพที่ 7.51 ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของผลิตภัณฑ์ B

จากผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของตราผลิตภัณฑ์ B มีปริมาณคาร์บอน (C) 0.53435 ซิลิกอน (Si) 1.00931 แมงกานีส (Mn) 0.38708 นิกเกิล (Ni) 0.13168 โครเมียม (Cr) 3.69766 โมลิบดีนัม (Mo) 1.09688 วานาเดียม (V) 0.37231 เหล็ก (Fe) 92.7242

8/7/2008 4:06:38 PM Recalculated Result Sample: 3
 Program: FELAST Task: FECOLAST

Run	C2	Si1	S1	P1	Mn3	Ni	Cr	Mol	V3	Cu	W7	T14
1	0.41721	1.01876	0.00460	0.02242	0.38476	0.17174	4.96229	1.07620	0.28761	0.16777	0.02260	0.00246
2>	0.35449	1.00625	0.00308	0.02305	0.38331	0.17196	4.95896	1.07160	0.28430	0.16915	0.02305	0.00232
3>	0.36571	1.02759	0.00205	0.02354	0.38786	0.17244	4.97828	1.08219	0.29040	0.16847	0.02290	0.00246
4>	0.36666	1.02264	0.00170	0.02181	0.38262	0.16991	4.90683	1.07520	0.28950	0.16276	0.02096	0.00227
Avg	0.36229	1.01883	0.00228	0.02280	0.38459	0.17144	4.94802	1.07633	0.28807	0.16679	0.02230	0.00235
Sd	0.06677	0.01117	0.00072	0.00090	0.00285	0.00135	0.03696	0.00538	0.00329	0.00351	0.00116	0.00009
Sdt	1.86798	1.09629	31.47936	3.92650	0.74019	0.78566	0.74691	0.50007	1.14230	2.10223	5.21438	3.96872

	Sn2	Co1	Al7	Pb6	Mo1	Bi4	Zn5	FE4
1	0.01782	0.01384	0.02439	0.00030	0.00418	-0.00886	0.00318	91.4067
2>	0.01844	0.01371	0.02368	-0.00029	0.00388	-0.00929	0.00249	91.4958
3>	0.01842	0.01382	0.02262	0.00017	0.00406	-0.00901	0.00308	91.4230
4>	0.01817	0.01354	0.02371	-0.00027	0.00350	-0.00995	0.00253	91.5259
Avg	0.01834	0.01369	0.02334	-0.00013	0.00381	-0.00942	0.00270	91.4816
Sd	0.00015	0.00014	0.00062	0.00026	0.00028	0.00048	0.00033	0.0529
Sdt	0.83043	1.05100	2.66090	-196.49580	7.46054	-5.11520	12.12419	0.0579

ภาพที่ 7.52 ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของผลิตภัณฑ์ C

จากผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของตราผลิตภัณฑ์ C มีปริมาณคาร์บอน (C) 0.36229 ซิลิกอน (Si) 1.01883 แมงกานีส (Mn) 0.38459 นิกเกิล (Ni) 0.17144 โครเมียม (Cr) 4.94802 โมลิบดีนัม (Mo) 1.07633 วานาเดียม (V) 0.28807 เหล็ก (Fe) 91.4816

7.5.5 ผลการทดสอบเจาะชิ้นงาน

ผลการทดสอบการใช้งานพบว่า ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A ขนาดรูเจาะเท่ากับ 20.175 มม. เป็นขนาดที่มีความโตมากกว่า และ ค้ำมีคั่นแบบเจาะได้ขนาด 19.92 มม. เป็นขนาดความโตที่เล็กกว่า สาเหตุอาจเกิดจากกระบวนการขึ้นรูปมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ว ค้ำมีคั่นที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพเทียบเท่ากับค้ำมีคั่นนำเข้า และที่สำคัญสามารถใช้แผ่นมีคั่นขนาดเดียวกันคือ 6.74 x 6.74 x 2.8 มม. ได้ทั้งค้ำมีคั่นเจาะ ค้ำมีคั่นกลึง และค้ำมีคั่นกัด

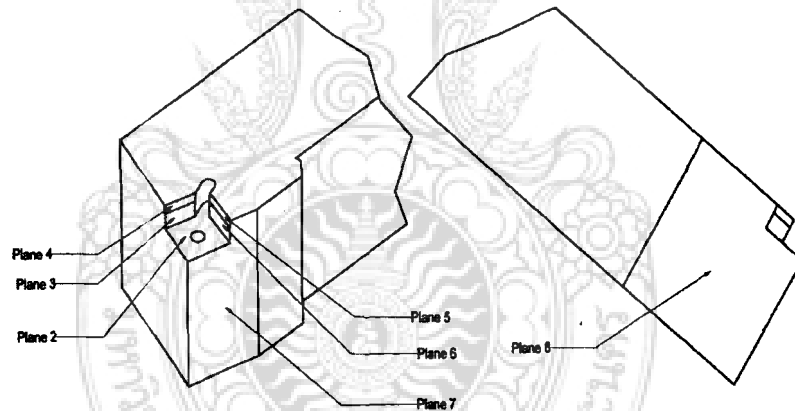
สำหรับการทดลองใช้งานในอุตสาหกรรม กับผู้ประกอบการ โดยการทดลองรายละเอียด 1 ชุด รวมจำนวน 5 ราย ผลปรากฏว่า ค้ำมีคั่นกลึง ค้ำมีคั่นกัด และค้ำมีคั่นเจาะงาน ส่งผลในทางที่ดี ต่อสถานประกอบการในด้าน ต่าง ๆ ได้แก่ ลดต้นทุนการสั่งซื้อแผ่นมีคั่นมากกว่าร้อยละ 30 ต่อครั้ง เนื่องจากว่าเดิม ต้องสั่งซื้อ 3 ชุด เมื่อใช้ชุดเครื่องมือคั่นแบบแล้ว ซื้อมีคั่นเพียง 1 หรือ 2 ชุด และเมื่อมีการใช้งานกับแผ่นมีคั่นเป็นชนิดเดียว ผู้ปฏิบัติเกิดความสะดวกในการจัดเก็บ และเมื่อพิจารณาความสามารถในการปาดผิวระหว่าง แผ่นมีคั่นแต่ละตราผลิตภัณฑ์แล้ว ผลการใช้งาน ขนาดชิ้นงานที่ผ่านการตัดเฉือนไม่ต่างกัน

บทที่ 8

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากกรณีศึกษาการออกแบบและผลิตเชิงวิศวกรรมชิ้นรอยอุปกรณ์จับยึดแผ่นมีดกลิ้งปอก Arbor สำหรับงานกัด และ ค้ำมีดสำหรับงานเจาะ สามารถทำการออกแบบผลิตชุดเครื่องมือตัด เอนกประสงค์ เปรียบเทียบกับอุปกรณ์จับยึดแผ่นมีดแต่ละประเภท สรุปผล ดังนี้

8.1 ค้ำมีดกลิ้งปอกต้นแบบ



รูปภาพที่ 8.1 กำหนดระนาบเพียงที่ต้องการวัด

ตารางที่ 8.1 เปรียบผลการตรวจสอบขนาดค้ำนำเข้า(เดิม) กับค้ำที่ผลิตขึ้นใหม่

แบบค้ำ Plane	1	2	3	4	5	6	7	8
แบบเดิม	0:00:07	0:09:01	89:47:04	95:33:58	95:43:31	90:11:49	89:56:46	90:18:07
ผลิตใหม่	0:00:04	0:39:14	89:21:06	101:51:31	101:51:00	90:15:48	88:33:10	89:58:41

ตารางที่ 8.2 จากการศึกษาส่วนผสมทางเคมี

ส่วนผสม	ส่วนผสม													
	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Ti	Cu	Al	Co
ค่าต้นแบบ	97.18	0.435	0.258	0.710	0.030	0.021	0.967	0.098	0.008	0.001	0.009	0.217	0.048	0.033
ค่าที่ผลิตขึ้น	97.๘๘	1.026	0.240	0.738	0.053	0.012	0.205	0.052	0.000	0.005	0.000	0.045	0.014	0.023

ตารางที่ 8.3 จากการศึกษาองค์ประกอบผิวชิ้นงาน

ส่วนผสม	Ra (μm)				Ry (μm)				Rz (μm)			
	$\bar{Ra}1$	$\bar{Ra}2$	$\bar{Ra}3$	\bar{Ra}	$\bar{Ry}1$	$\bar{Ry}2$	$\bar{Ry}3$	\bar{Ry}	$\bar{Rz}1$	$\bar{Rz}2$	$\bar{Rz}3$	\bar{Rz}
ค่าต้นแบบ	97.18	0.435	0.258	0.710	0.030	0.021	0.967	0.098	0.008	0.001	0.009	0.217
ค่าที่ผลิตขึ้น	97.๘๘	1.026	0.240	0.738	0.053	0.012	0.205	0.052	0.000	0.005	0.000	0.045

8.2 มัดกัดต้นแบบ (Arbor) 6 คมตัด

จากผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของด้ามมัดกัด 6 คมตัด 3 ตรีผลิตรหัสที่สรุปได้ว่าส่วนผสมทางเคมีใกล้เคียงกัน ซึ่งประกอบด้วยธาตุคาร์บอน(Carbon) ซิลิคอน(Silicon) โมลิบดีนัม(Molybdenum) มีความแตกต่างไม่เกิน 0.053% และธาตุแมงกานีส (Manganese) โครเมียม (Chromium) นิกเกิล (Nickel) ทองแดง (Copper) และธาตุเหล็กมีความแตกต่างกันไม่เกิน 0.667% เมื่อเทียบมาตรฐานเหล็กแล้วสามารถสรุปได้ว่า ด้ามมัดกัด A และ B ผลิตจากเหล็กกล้า SNCM 439 ตามมาตรฐาน JIS ส่วนด้ามมัดกัด C ผลิตจากเหล็กกล้า 4340 ตามมาตรฐาน AISI ซึ่งเหล็กกล้าทั้ง 2 ชนิดนี้ จัดอยู่ในกลุ่มเหล็กกล้าชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (Machinery Steels) โดยมีความแข็งอยู่ในช่วง 271-314 HB เป็นเหล็กกล้าที่ผ่านการชุบแข็งแล้ว มีความแข็งสูง ทนต่อการกระแทกได้ดีแม้ อุณหภูมิต่ำ ซึ่งสมบัติดังกล่าว มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ทนต่อการ ล้า เช่น เพลาและเพลาข้อเหวี่ยง รวมไปถึงการนำไปใช้ผลิตด้ามมัดในงานตัดแปดผิวเช่นกัน

การทดสอบความแข็งแรงแบบรอกเวลล์สเกลซี (HRC) ค้ำมมีดกัด A มีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 38-40.1 HRC ค้ำมมีดกัด B มีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 41.1-41.9 HRC ค้ำมมีดกัด C มีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 38.5-40.1 HRC จะเห็นได้ว่าค้ำมมีดกัด B มีค่าความแข็งมากที่สุดคือ 41.9 HRC ส่วนค้ำมมีดกัด A มีค่าความแข็งน้อยที่สุดคือ 38 HRC ซึ่งโดยปกติแล้วเหล็กกล้า SNCM439 หรือ 4340 จะมีความแข็งอยู่ในช่วง 271-314 HB (27.8-33.3 HRC) ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าค้ำมมีดกัด ทั้ง 3 แบบได้ผ่านกรรมวิธีการชุบผิวแข็ง ทั้งชิ้นงาน จึงทำให้ค่าความแข็งของหัวกัดเพิ่มขึ้น

การตรวจสอบขนาดรูปทรงเรขาคณิตสามารถสรุปได้ว่าค้ำมมีดกัด A ค้ำมมีดกัด B และค้ำมมีดกัด C มีขนาด D_{12} เท่ากับ 62.22, 62.13 และ 62 มม. ขนาด D_{51} เท่ากับ 39.85, 40 และ 40 มม. ขนาด D_{50} เท่ากับ 16.45, 16.40 และ 16.57 มม. ความลึกลับ ส่วนมุม A_{16} และ A_{17} มีขนาด 45 องศา เท่ากันทั้ง 3 ซึ่งมุมดังกล่าวมีขนาดเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมาก แสดงว่าเป็นส่วนสำคัญในการผลิต มีความสำคัญและเป็นมาตรฐานของค้ำมมีดกัด จึงมีการออกแบบให้มีขนาดเท่ากัน ในส่วนของความต่างกันของค้ำมมีดกัด A ค้ำมมีดกัด B และค้ำมมีดกัด C ได้แก่ ขนาด D_1 เท่ากับ 74.45, 90.09 และ 94 มม. ขนาด D_{41} เท่ากับ 4.42, 6.35 และ 5.5 มม. รัศมี R_1 เท่ากับ 3, 1.75 และ 4.5 มม. มุม A_2 มีขนาด 37.67, 50 และ 32 องศา ตามลำดับ ซึ่งการกำหนดสัดส่วนดังกล่าวมีขนาดที่ต่างกันอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าเป็นการออกแบบของแต่ละผลิตภัณฑ์

ลักษณะรูปทรงของค้ำมมีดกัด A มีรายละเอียดที่ค่อนข้างซับซ้อนทำให้เป็นลักษณะที่เด่นด้านการออกแบบในส่วนขนาดรูปทรงที่มากกว่าค้ำมมีดกัด B และค้ำมมีดกัด C ขนาดดังกล่าวแปรผันตามราคาซึ่งค้ำมมีดกัด ทรายผลิตภัณฑ์ A มีราคาสูงกว่า รองลงมาคือ ทรายผลิตภัณฑ์ B และ ทรายผลิตภัณฑ์ C เนื่องจากมีการออกแบบที่ซับซ้อน มีความละเอียดในกาผลิตผลิดมากกว่าและความแตกต่างด้านขนาดรูปทรง ทำให้ค้ำมมีดกัด ทรายผลิตภัณฑ์ A สามารถใช้ความเร็วตัดในการตัดเฉือนได้สูงกว่าทรายผลิตภัณฑ์อื่น และหากใช้เงื่อนไขการตัดเฉือนเดียวกัน ค้ำมมีดกัด ทรายผลิตภัณฑ์ A ใช้แรงในการตัดน้อยที่สุด ดังนั้น ค้ำมมีดกัด ทรายผลิตภัณฑ์ A จึงเป็นตัวเลือกที่สำคัญเพื่อการออกแบบเป็นชิ้นงานต้นแบบต่อไป

การย้อนรอยวิธีการผลิตหัวกัดพบว่าขั้นตอนที่ใช้ในการผลิตประกอบด้วยกระบวนการกัด และการเจาะรูทำเกลียว ซึ่งขั้นตอนต่างๆ จะใช้เครื่องจักรกลอัตโนมัติ CNC ช่วยในการผลิต เนื่องจากค้ำมมีดกัด มีลักษณะรูปทรง ขนาด และมุมต่างๆ ซับซ้อน อีกทั้งยังต้องการความแม่นยำสูง ซึ่งในขั้นตอนการผลิตนั้นบริเวณคมตัดเป็นบริเวณที่ทำการผลิตได้ค่อนข้างยากที่สุด เนื่องจากบางตำแหน่งมีขนาดเล็ก มุมเอียงหลายระนาบแกน ทำให้ต้องใช้เครื่องจักร CNC ชนิด 4-5 แกน เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการผลิต

8.3 ด้ามมีดกัดต้นแบบ 4 คมตัด

เพื่อวิเคราะห์หาข้อมูลประกอบการออกแบบด้ามมีดกัดโดยตรวจสอบรูปทรงเรขาคณิตและเปรียบเทียบขนาดของด้ามมีดกัดแต่ละชุดเพื่อให้รู้ถึง ขนาด รูปแบบ ของผลิตภัณฑ์ในแต่ละตราผลิตภัณฑ์นำมาประกอบการออกแบบและผลิตด้ามมีดกัดด้วยเทคโนโลยีในประเทศผลิตและใช้งานได้เทียบเท่าสินค้านำเข้าโดยสรุปดังนี้

ตารางที่ 8.4 ผลการวัดความแข็งของด้ามมีดกัดแบบ 4 คมตัด

ตราผลิตภัณฑ์		ผลการทดสอบความแข็ง (HRC)			
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ค่าเฉลี่ย
SANDVIK	ส่วนของผิวราบ	44.8	44.1	40.9	43.26
	ส่วนของผิวโค้ง	45	47.6	38.4	43.66
MITSUBISHI	ส่วนของผิวราบ	40	43.8	43.3	42.36
	ส่วนของผิวโค้ง	42.9	44.4	42.2	43.16

จากการทดสอบความแข็งด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดทั้ง 2 ตราผลิตภัณฑ์ การทดสอบที่ผิวโค้ง ตราผลิตภัณฑ์ SANDVIK มีค่าความแข็งอยู่ที่ 43.66 HRC ส่วนของผิวราบ ความแข็ง อยู่ที่ 43.26 HRC สำหรับตราผลิตภัณฑ์ MITSUBISHI ความแข็งส่วนผิวโค้งอยู่ที่ 43.16 HRC และส่วนของผิวราบความแข็งอยู่ที่ 42.36 HRC

8.4.1 สรุปผลจากการทดสอบความเรียบผิว

จากการทดสอบความเรียบผิวของด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดผลการทดสอบความเรียบผิวแสดงตามตารางที่ 8.5

ตารางที่ 8.5 ผลการทดสอบความเรียบผิวด้ามมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด Ra (μm)

ชิ้นงาน		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5	เฉลี่ย
ผลิตภัณฑ์ นำเข้า	ร่องกัดที่1	1.1	1.1	0.8	0.9	0.9	0.96
	ร่องกัดที่2	1.1	0.9	0.8	0.8	1.0	0.92
	ร่องกัดที่3	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.74
ผลิตภัณฑ์ ต้นแบบ	ร่องกัดที่1	1.4	1.1	1.0	1.1	1.3	1.18
	ร่องกัดที่2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	ร่องกัดที่3	0.9	1.3	1.2	1.4	1.1	1.18

8.4.2 สรุปผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมี

ผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีของค้ำมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดทั้ง 2 ตรา
ผลิตภัณฑ์ ได้ส่วนผสมทางเคมีดังแสดงตารางที่ 8.6 ดังนี้

ตารางที่ 8.6 ผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีของค้ำมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด

ตราผลิตภัณฑ์	ส่วนผสมทางเคมี (% โดยน้ำหนัก)									
	C2	Si1	P1	Mn3	Ni	Cr	Mo1	V3	Cu	W7
SANDVIK	0.49035	0.22618	0.01296	0.70821	0.44559	0.90197	0.89074	0.11494	0.01550	0.00500
MITSUBISHI	0.37577	0.29010	0.03327	0.01678	1.35130	1.28861	0.17678	0.00433	0.24907	0.00661

ตารางที่ 8.7 ผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีของค้ำมีดกัดแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด(ต่อ)

ตราผลิตภัณฑ์	ส่วนผสมทางเคมี (% โดยน้ำหนัก)								
	Ti4	Sn2	Co1	Al7	Pb6	Nb1	Bi4	Zn5	Fe%
SANDVIK	0.01060	0.00151	0.00782	0.02295	-0.00027	0.00181	-0.01458	0.00107	96.1403
MITSUBISHI	0.00292	0.01362	0.01630	0.01164	-0.00071	0.00209	-0.00277	0.00115	95.4222

จากตารางที่ 8.7 เป็นส่วนผสมทางเคมีของ ตัวอย่างชิ้นงานนำเข้าผลิตภัณฑ์ Sandvik มีปริมาณ C2 , Mo1 สูงกว่า ตราผลิตภัณฑ์ Mitsubishi ส่วน ค้ำมีดกัดของ Mitsubishi มีปริมาณ Cr , Cu สูงกว่า ผลิตภัณฑ์ของ Sandvik มีส่วนผสมอื่นที่แตกต่างกัน เช่น C2 ของ Sandvik มากกว่า Mitsubishi อยู่ที่ 0.11458 เปอร์เซ็นต์ , Mo1 ของ Sandvik มากกว่า Mitsubishi อยู่ที่ 0.71396 เปอร์เซ็นต์ , Cr ของ Sandvik น้อยกว่า Mitsubishi อยู่ที่ 0.38664 เปอร์เซ็นต์ , Cu ของ Sandvik น้อยกว่า Mitsubishi อยู่ที่ 0.223357 เปอร์เซ็นต์

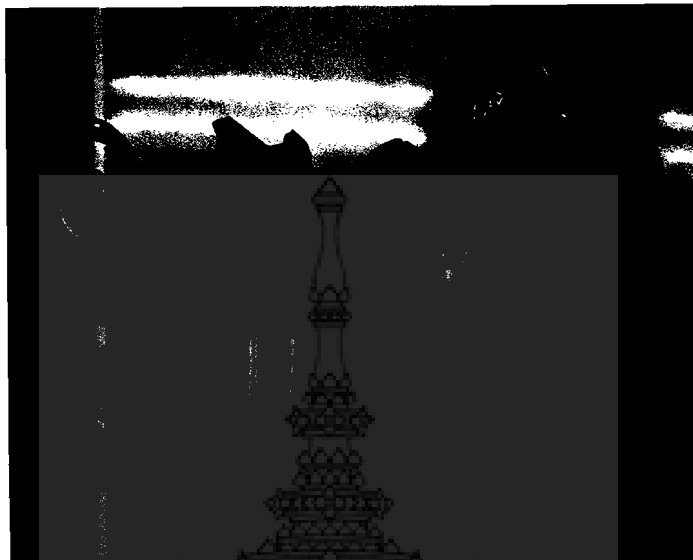
8.4 ค้ำมีดเจาะต้นแบบ

จากการศึกษาส่วนแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีดทั้ง 3 ตราผลิตภัณฑ์ จะมีขนาดเท่ากันที่เส้นผ่านศูนย์กลางคมตัด \varnothing 20 mm. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของค้ำจับ \varnothing 25 mm ความแข็งของชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C จะมีความแข็งอยู่ที่ 53.93 HRC เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A ที่มีความแข็งที่ 44.06 HRC ซึ่งมีค่าความแข็งน้อยที่สุด และในการทดสอบส่วนผสมทางเคมี ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C จะมีปริมาณคาร์บอน 0.53435 % ซึ่งมากกว่าชิ้นงานตัวอย่าง

ผลิตภัณฑ์ A ซึ่งมีปริมาณคาร์บอน 0.41564 และชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ B จะมีปริมาณคาร์บอนที่น้อยที่สุดเท่ากับ 0.36229% เปรียบเทียบในด้านราคาขายพบว่า ชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A ราคาสูงกว่าชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C เนื่องจากชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A มีประสิทธิภาพในการทำงานที่สูงกว่าชิ้นงานตัวอย่างผลิตภัณฑ์ C จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทดสอบ เป็นข้อมูลสำคัญในการออกแบบสว่านแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมีด โดยใช้วัสดุ SNCM 439 ขนาด $\varnothing 35 \times 125$ mm สำหรับผลิต และผลการใช้งานโดยการเจาะรูชิ้นงานทดสอบ เปรียบเทียบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตสุดที่ 20.175 mm. คือ ผลิตภัณฑ์ A และ ทรายผลิตภัณฑ์ที่เจาะแล้วได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดที่ 19.92 mm. ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นใหม่



ภาพที่ 8.2 ตัวอย่างชุดเครื่องมือตัดค้นแบบราคาประหยัด



ภาพที่ 8.3 ชุดเครื่องมือสำหรับงานกลึง กัด เจาะ



ภาพที่ 8.4 ดัชนีแบบของเครื่องมือตัดสำหรับงานกลึง กัด เจาะ

8.5 สรุปผลการวิจัย

ผลจากการวิจัย สรุปได้ว่า ชุดเครื่องมือตัดที่ผลิตเป็นดัชนีแบบ ประกอบด้วย ชุดเครื่องมือสำหรับงานกลึง งานกัดและงานเจาะ สามารถประกอบและใช้แผ่นมีดขนาดเดียวกันได้ เป็นแผ่น

มีมาตรฐาน 880-0403W05H-P-GM ขนาดความกว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 6.74 x 6.74 x 2.80 มิลลิเมตร สำหรับค้ำมิดกึ่ง ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าค้ำมิดนำเข้า ประมาณร้อยละ 20-35 ค้ำมิดกึ่ง ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าสินค้านำเข้า ในช่วง ร้อยละ 20- 45 และค้ำมิดเจาะ ต้นทุนการผลิตต่ำกว่านำเข้า ประมาณ ร้อยละ 40 ชุดเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น เป็นต้นแบบของการประหยัดเนื่องจากการใช้แผ่นมิดร่วมกันของการทำงานกลึงปอกผิว งานกัดผิวราบขนาดความกว้าง 63 มิลลิเมตร และงานเจาะที่ขนาดรูเจาะ 20.00 มิลลิเมตร เป็นการพัฒนาขั้นพื้นฐานสำหรับการผลิตชุดเครื่องมือตัด แบบเอนกประสงค์ ใช้กับงานกลึง กัด และงานเจาะ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งสำหรับการลดต้นทุนการใช้วัสดุสิ้นเปลือง และลดเวลาในการทำงาน การจัดเก็บ การดูแล การบำรุงรักษา ง่ายขึ้นเนื่องจากสามารถใช้แผ่นมิดร่วมกันได้ การใช้งานให้ทดแทนกันได้ เนื่องจากผู้ผลิตเครื่องมือตัดในปัจจุบันแยกชุดเครื่องมือแต่ละชนิดไม่สามารถใช้ร่วมกันได้ แผ่นมิดกึ่งไม่สามารถใช้กับค้ำมิดกึ่ง ไม่สามารถใช้กับค้ำมิดเจาะ เป็นต้น ชุดเครื่องมือดังกล่าวจึงเป็นแนวทางสำคัญช่วยให้ผู้ประกอบการที่จำเป็นต้องซื้อแผ่นมิดแต่ละครั้ง เป็นชุด(กล่องละ 10 ชิ้น) นำไปใช้งานตัดปาดผิวกลึง กัด และเจาะ ได้อย่างคุ้มค่าและสะดวกมากขึ้น

8.6 ข้อเสนอแนะ

8.6.1 ควรพัฒนาให้เกิดการผลิตชุดเครื่องมือตัด ประกอบด้วย ชุดเครื่องมือสำหรับงานกลึงงานกัด และสว่าน เหล่านี้ให้เป็นแบบถอดเปลี่ยนแผ่นมิด ผลิตชุดเครื่องมือในรูปแบบดังกล่าวให้สามารถใช้งานได้ในรูปแบบการตัดปาดผิว เช่น การคว้านรู การกลึงปาดหน้า กลึงร่อง กับงานกัดที่ซับซ้อนมากขึ้น งานเจาะที่ขนาดแตกต่างกันมากขึ้น ผลิตเครื่องมือใช้เอง และพัฒนาเป็นสินค้าในอนาคต เนื่องจากวัสดุแผ่นมิดตัดเป็นโลหะทังสเตนคาร์ไบด์ และโลหะแข็ง เป็นต้น ดังนั้น โดยพื้นฐานแล้ววัสดุเหล่านี้มีสมบัติทนการสึกหรอได้ดี เมื่อพิจารณาเกี่ยวกับแรงตัด ทิศทางของแรงตัดในงาน กลึง กัด เจาะ จึงออกแบบและผลิตชุดเครื่องมือตัด ให้ใช้งานกับแผ่นมิดขนาดต่าง ๆ ใช้งานได้หลากหลาย ทำหน้าที่ได้มากขึ้น เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตในอนาคต โดยเฉพาะประเทศไทย ควรส่งเสริมและทำอย่างจริงจัง

8.6.2 ควรมีการวิจัยเพื่อการผลิตใช้ในอุตสาหกรรม เพื่อลดภาระของผู้ประกอบการที่เป็นกลุ่มอุตสาหกรรมรับจ้างผลิต ซึ่งมีต้นทุนสูง

8.6.3 หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาแนวคิดของผู้เกี่ยวข้อง ในทิศทางที่ตนเอง ให้มากขึ้น กิดค้นสิ่งใหม่จากการพัฒนาเทคโนโลยีที่มีในอุตสาหกรรมโดยเฉพาะ เครื่องมือตัด วัสดุเครื่องมือตัด และสิ่งที่เกี่ยวข้องกัน อุตสาหกรรมนั้น ๆ จะเป็นได้แต่เพียงผู้ตาม ไม่มีสินค้าที่ตนเองพัฒนาขึ้นใหม่ ดังนั้น จึงต้องพึงพาผู้เห็นจุดอ่อนของอุตสาหกรรมไทย และเอาจริงกับการยืนด้วย

ความสามารถของคน โดยเฉพาะที่เป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำ ทั้งนี้ไม่จำเป็นต้องผลิตในประเทศ ผลิตที่ไหนก็ตามแต่เป็นคนไทยพัฒนาขึ้นมา และมีโอกาสในการแข่งขันในตลาดโลกมากขึ้น

8.6.4 เมื่อไหร่ไม่พัฒนาอุตสาหกรรมดังกล่าว อุตสาหกรรมอื่น ๆ ก็พัฒนาได้ยาก ไม่อยากให้อุตสาหกรรมการผลิต โดยเฉพาะ อุตสาหกรรมตัดแปดผิว อุตสาหกรรมพื้นฐาน ต่าง ๆ ต้องตามหลังตลอดไป จึงเสนอแนะให้พัฒนาเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมพื้นฐาน เพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมอื่น ๆ ให้เข้มแข็งมากขึ้นได้



บรรณานุกรม

ภาษาไทย

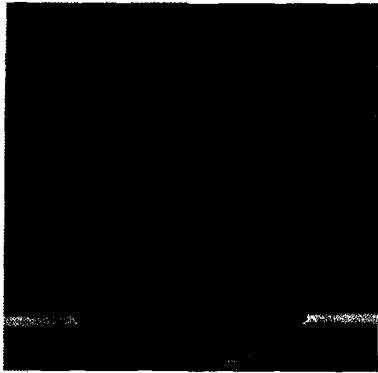
- [1] John T.H. Pearce, และคนอื่นๆ . วิศวกรรมย้อนรอย เพื่อการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ใหม่และอะไหล่ทดแทน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2545.
- [2] บรรเลง ศรีนิล และสมนึก วัฒนศรียกุล. ตารางคู่มืองานโลหะ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ศูนย์ผลิตตำราเรียนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ., 2550.
- [3] วันชัย ริจิรวนิช. การศึกษารทำงาน : หลักการและกรณีศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- [4] สาคร คันชโชติ. การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ โอเคียนสโตร์., 2528.
- [5] บัญชา ธนบุญสมบัติ. การออกแบบทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2542.
- [6] วรวิทย์ อังภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน. การออกแบบเครื่องจักรกล. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด., 2541.
- [7] มานพ ตันตระบัณฑิตย์, พรวิจิตร ประทุมทอง. กรรมวิธีการผลิต. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เอเชียเพลส., 2533.
- [8] ชาลี ตระการกุล. เทคโนโลยีซีเอ็นซี. พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2548.
- [9] ทาเคชิ โยเนะยามะ. แนวคิดและวิธีการออกแบบเครื่องจักรกล. แปลโดย มนูกิจ พานิชกุล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : พิมพ์ดีการพิมพ์., 2548.
- [10] สุรียา ไม้แก้ว, ประวัติ เกษสุวรรณ และ โชคอำนาจ ไชยนา. “การศึกษาและการทดสอบเปรียบเทียบการสึกหรอของมีดกัด.” ปริญญาานิพนธ์ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต, 2540.
- [11] ปรีชา นบนอบ, สมพงษ์ วงศ์พยัคฆานนท์ และ บันลือศักดิ์ เกษคชา. “ซ่อมแซมและปรับปรุงเครื่องกัดตั้งให้มีระบบการป้อนแบบอัตโนมัติ” ปริญญาานิพนธ์ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต, 2540.

ภาษาอังกฤษ

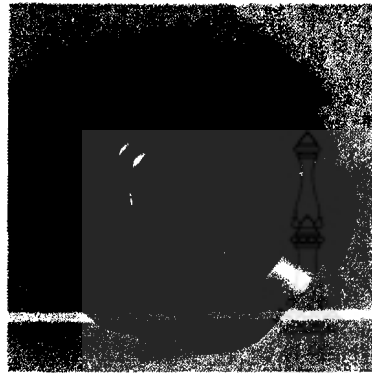
- [12] Fryderyk E. Corczyca, Application of metal cutting theory, 1978

ภาคผนวก ก.
ภาพถ่ายและแบบ(Drawing) ของหัวกัณฑ์ละครผลิตภัณ์ท์

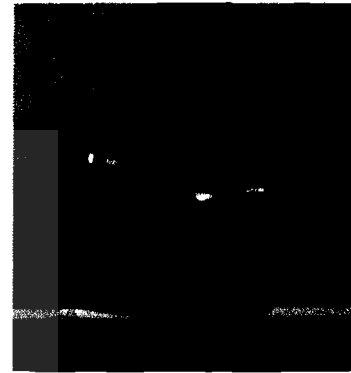




หัวกดตราผลิตภัณฑ์ A

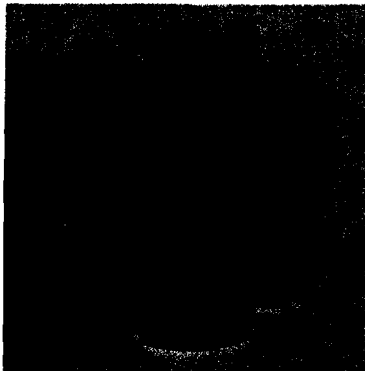


หัวกดตราผลิตภัณฑ์ B



หัวกดตราผลิตภัณฑ์ C

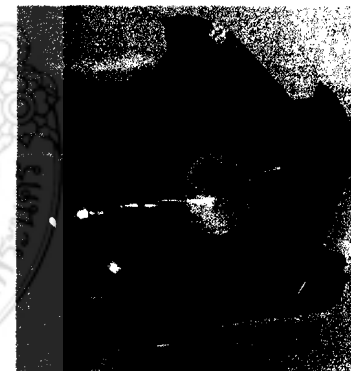
ภาพที่ ก-1 ภาพถ่ายด้านบนหัวกดตราผลิตภัณฑ์



หัวกดตราผลิตภัณฑ์ A

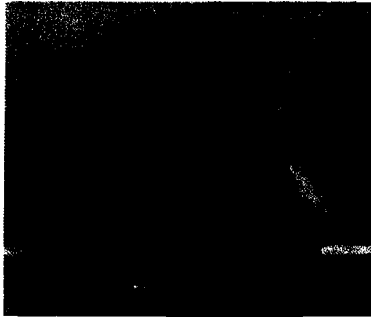


หัวกดตราผลิตภัณฑ์ B



หัวกดตราผลิตภัณฑ์ C

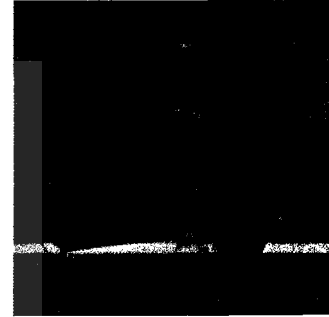
ภาพที่ ก-2 ภาพถ่ายด้านล่างหัวกดตราผลิตภัณฑ์



หัวกระดาษผลิตภัณฑ์ A

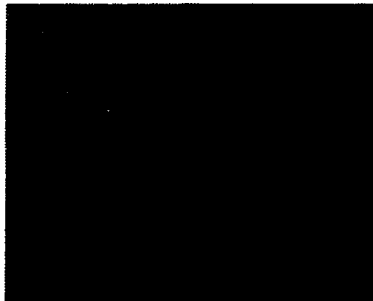


หัวกระดาษผลิตภัณฑ์ B



หัวกระดาษผลิตภัณฑ์ C

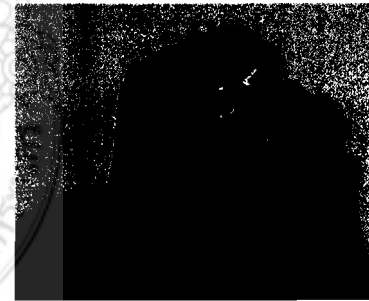
ภาพที่ ก-3 ภาพถ่ายด้านข้างหัวกระดาษผลิตภัณฑ์



หัวกระดาษผลิตภัณฑ์ A

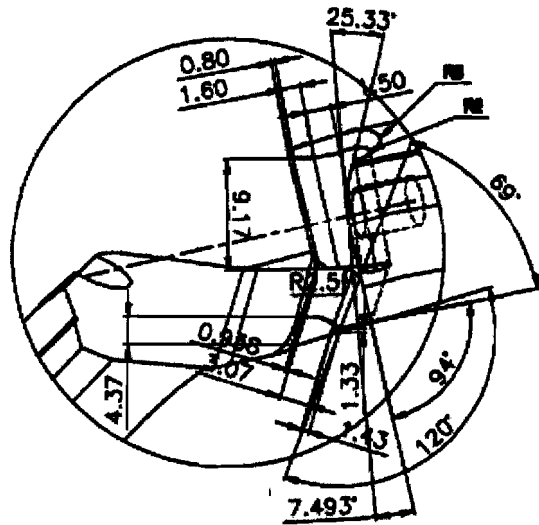


หัวกระดาษผลิตภัณฑ์ B

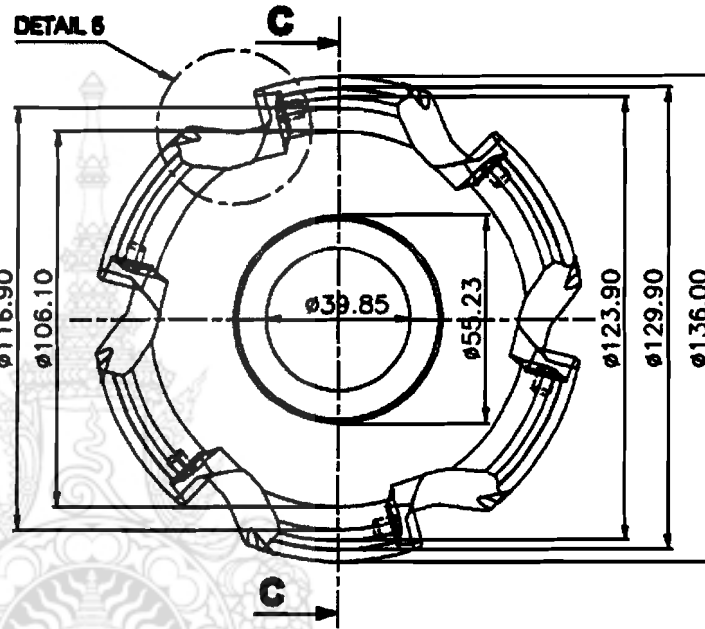


หัวกระดาษผลิตภัณฑ์ C

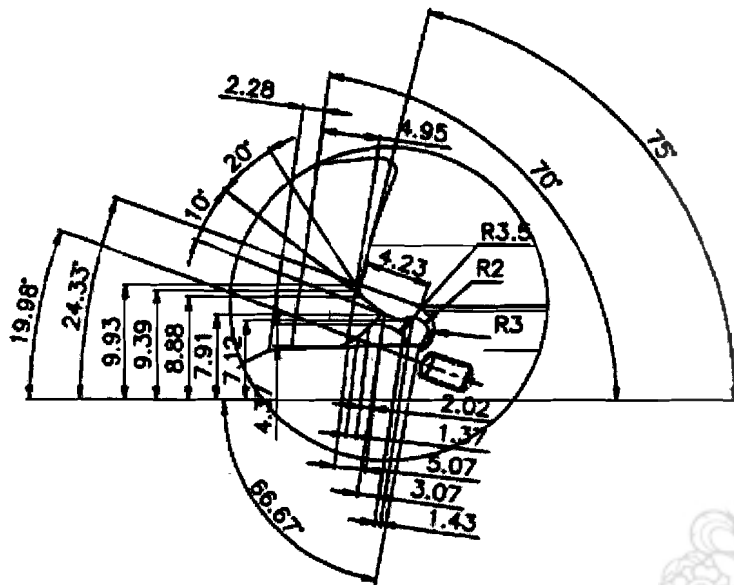
ภาพที่ ก-4 ภาพถ่ายร่องประกอบเม็ดเม็ดหัวกระดาษผลิตภัณฑ์



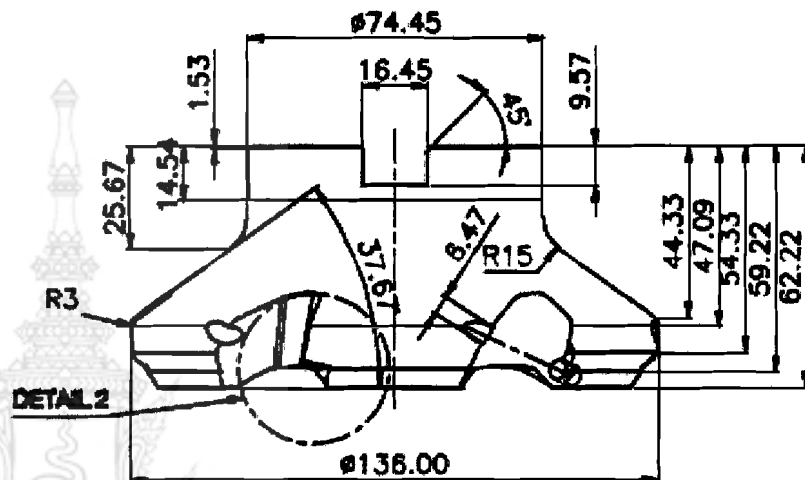
DETAIL B
SCALE 1:8



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN			NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE		
CHK'D											
APP'VD											
MFO											
D.A.									MATERIAL:		DWG. NO.
									Material <not specified>		CUTTER A
									WEIGHT: 0.3P		SCALE: 1:1
											SHEET 1 OF 1
											A4



DETAIL 2
SCALE 1:3



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHEK'D			
APP'VD			
MFG			
QA			

TITLE:

MATERIAL:
Material <not specified>

DWG NO.

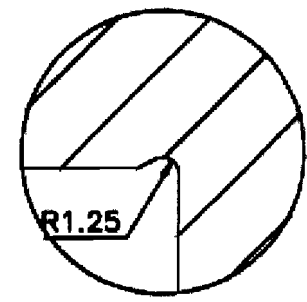
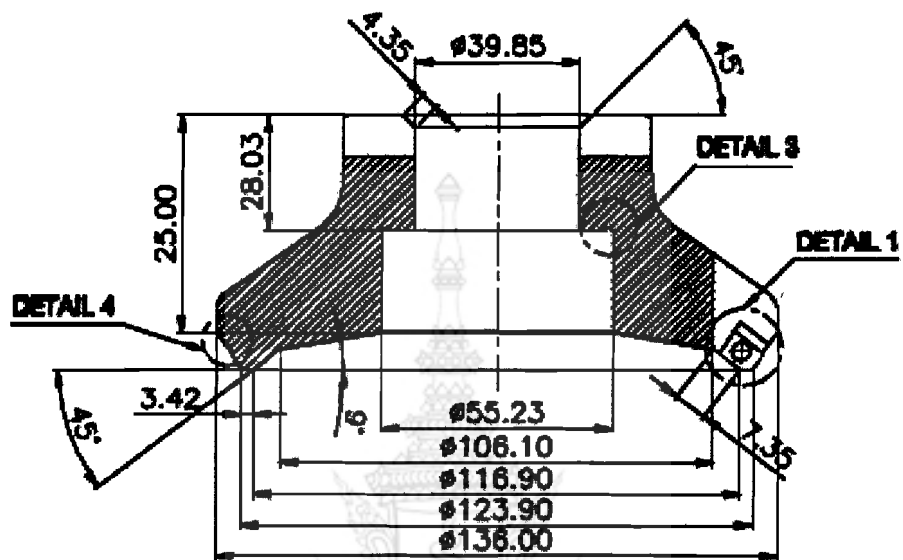
CUTTER A

A4

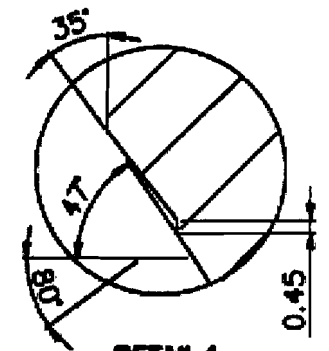
WROTE: 03P

SCALE: 1:1

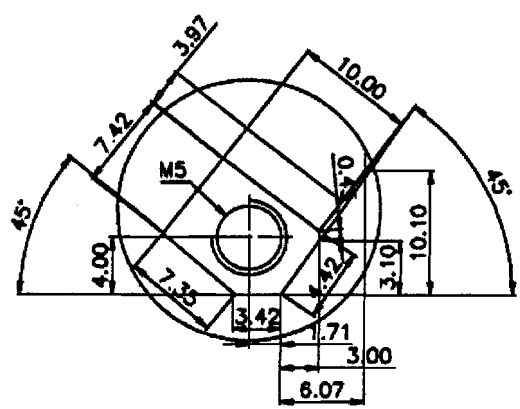
SHEET 1 OF 1



DETAIL 3
SCALE 1:5



DETAIL 4
SCALE 1:5

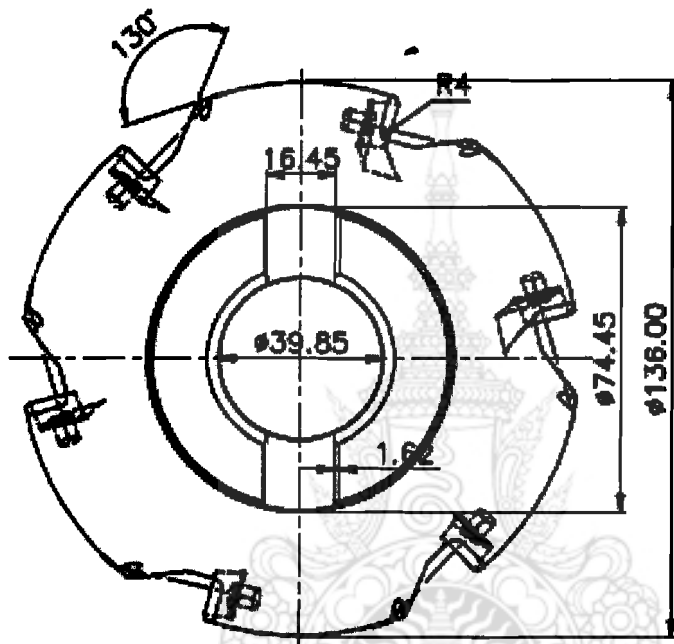


DETAIL 1
SCALE 1:5

SECTION C-C

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES:	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE	
CHECKED					
APPROVED					
INFO					
Q.A.				MATERIAL: Material <not specified>	DWG NO. CUTTER A
				WEIGHT: 0.3P	SCALE: 1:1
					SHEET 1 OF 1

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE				
DRAWN							
CHEK'D							
APP'VD							
MFG							
Q.A.							

TITLE:

MATERIAL:
 Material <not specified>

DWG NO.

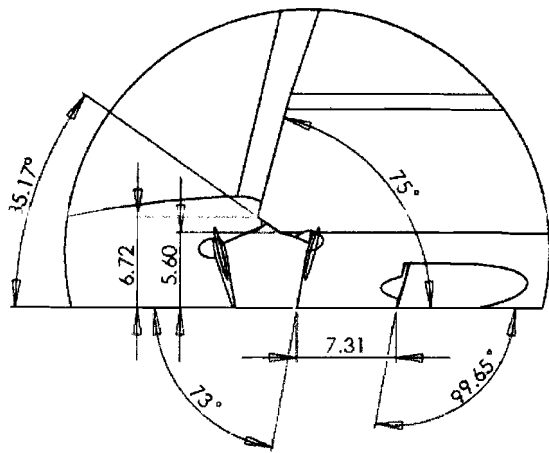
CUTTER A

A4

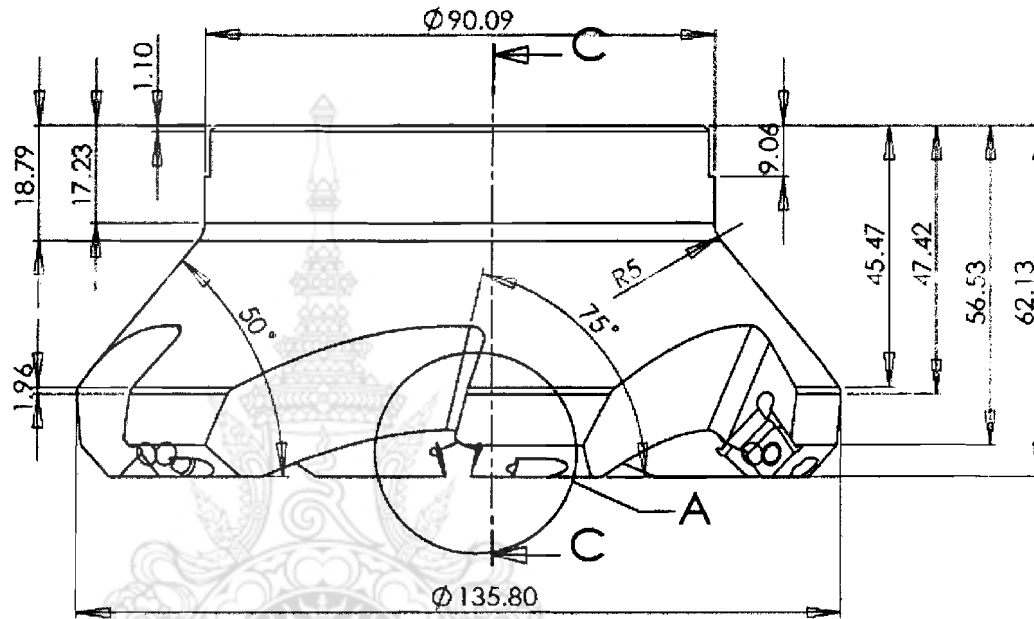
VISION: 0.30

SCALE: 1:1

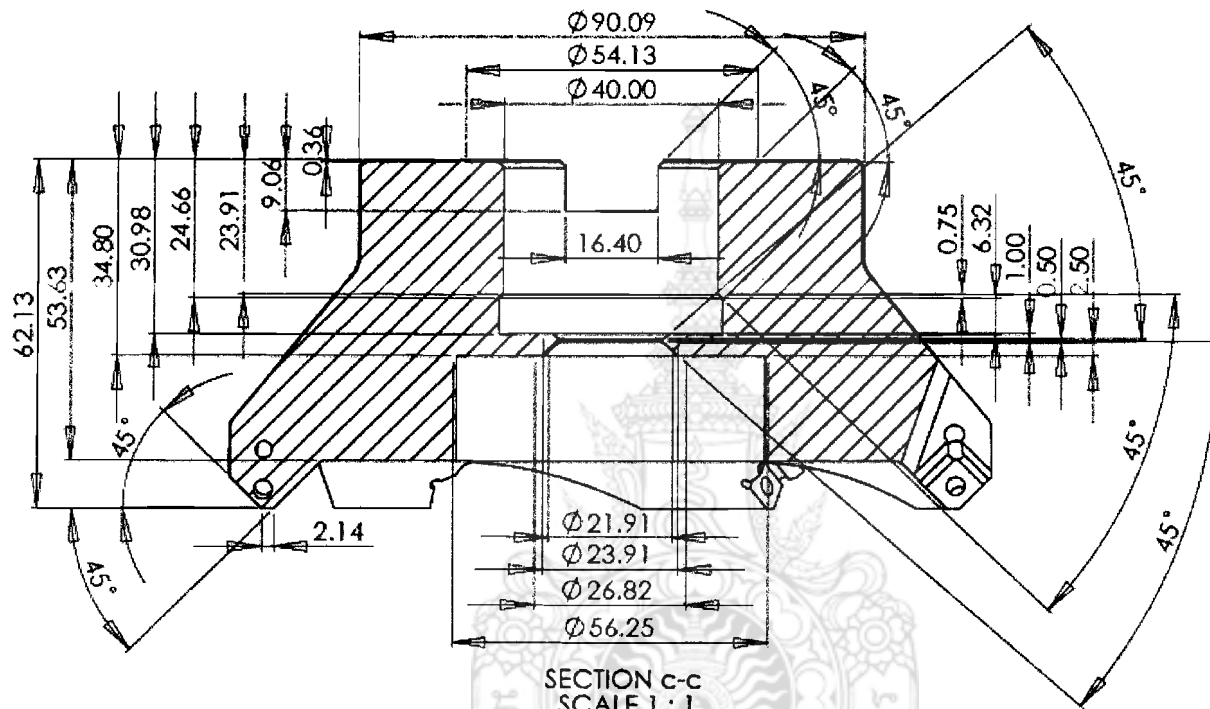
SHEET 1 OF 1



DETAIL A
SCALE 3:1

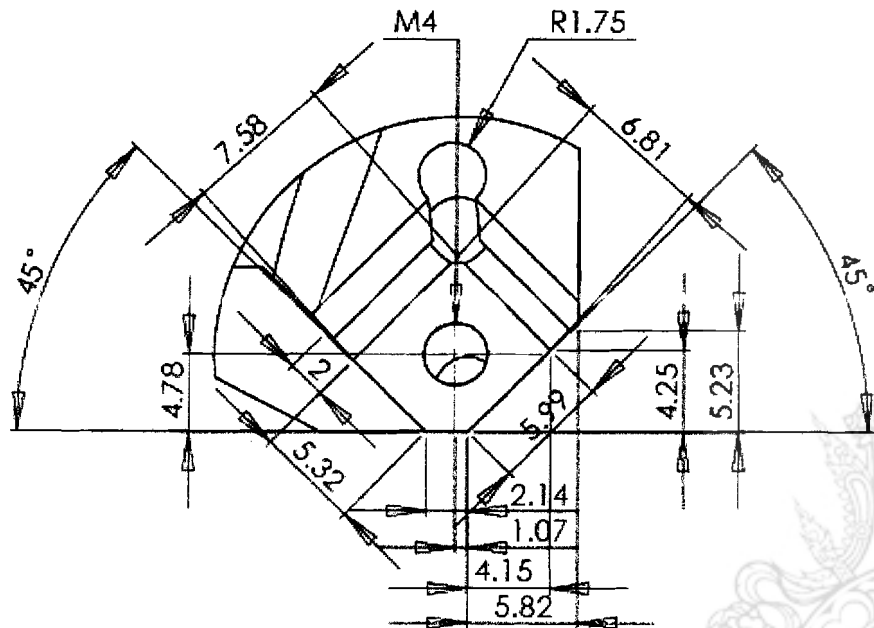


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE			
DRAWN									
CHECK									
APPROV									
INFO									
D.A.									
					MATERIAL:	DWG. NO.		A4	
					Material <not specified>	CUTTER B			
					WEIGHT: 0.39	SCALE: 1:1		SHEET 1 OF 1	

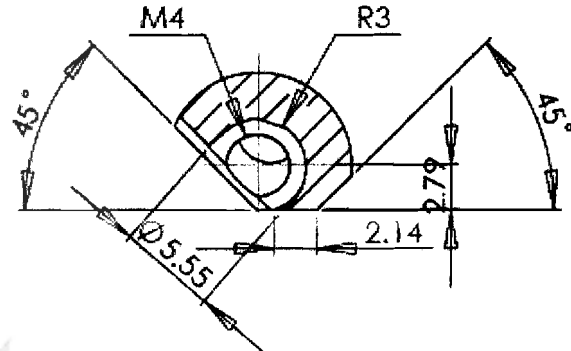


SECTION c-c
SCALE 1 : 1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE			
CHKD									
APPVD									
MFO									
Q.A						MATERIAL: Material <not specified>		DWG NO. CUTTER B	
						WEIGHT: 0.89		SCALE: 1:1	
								SHEET 1 OF 1	
								A4	

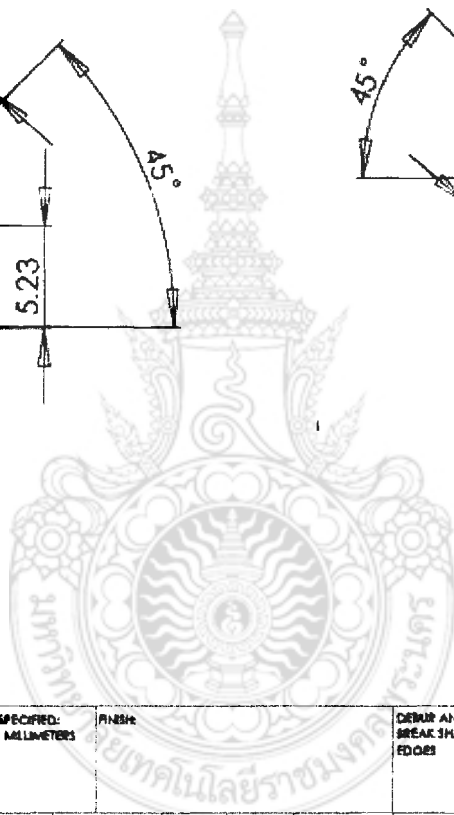


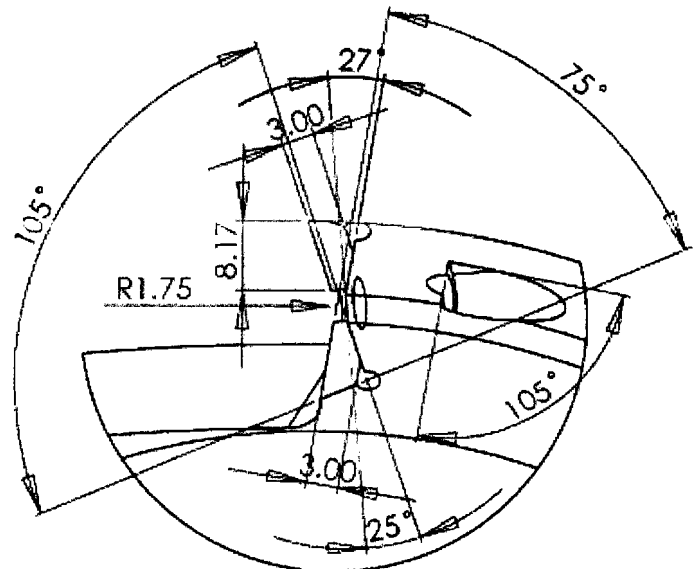
DETAIL B
SCALE 3 : 1



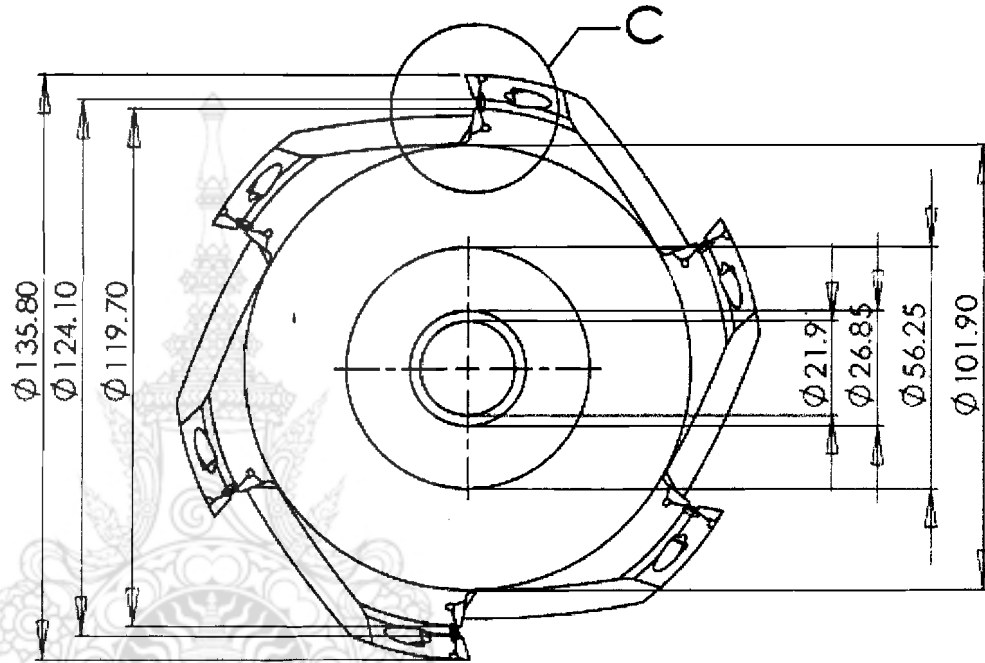
DETAIL D
SCALE 3 : 1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE	
CHECK					
APP'D					
MFG					
Q.A.				MATERIAL: Material <not specified>	DWG NO. CUTTER B
				WEIGHT: 0.39	SCALE: 1:1
					SHEET 1 OF 1

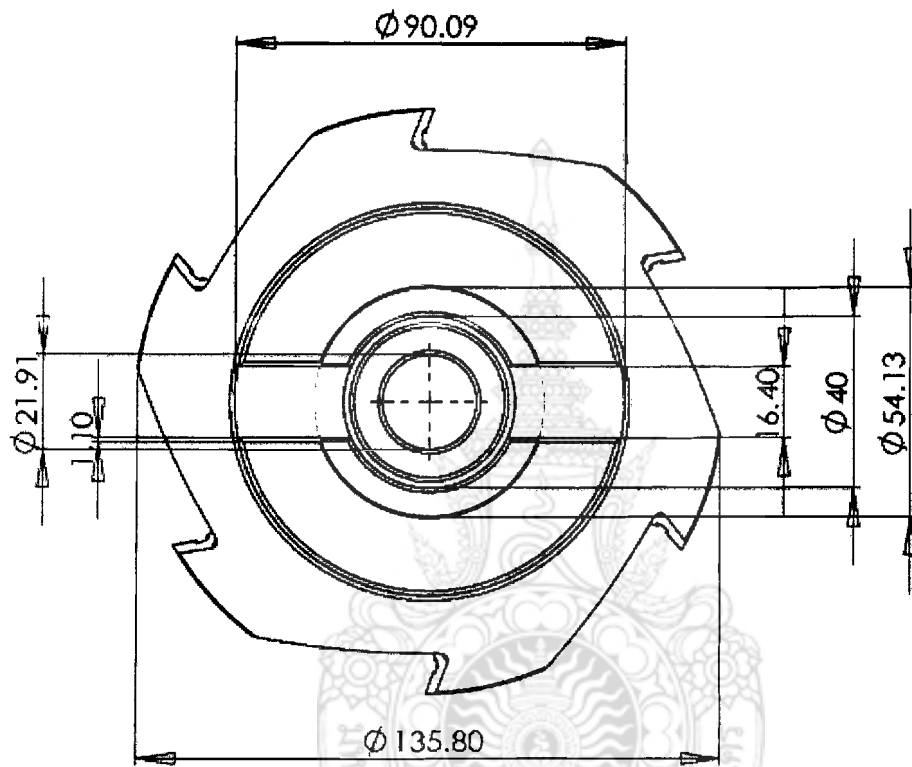




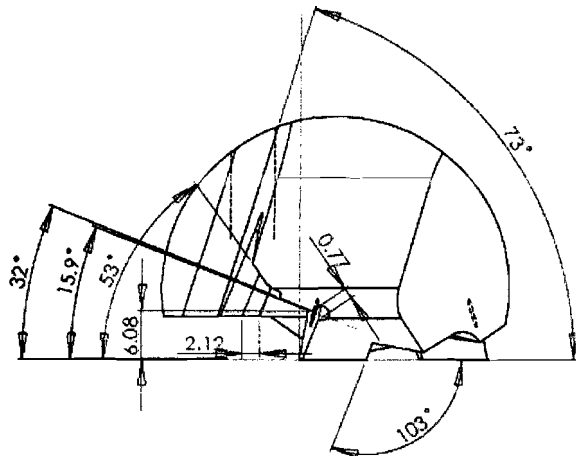
DETAIL C
SCALE 2:1



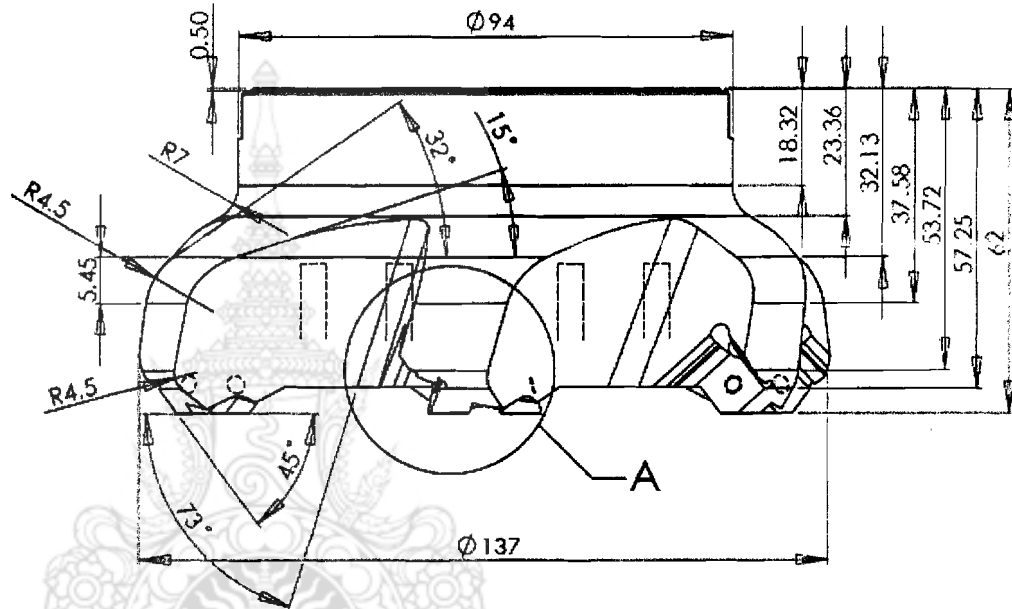
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE			
DRAWN									
CHEK									
APPVD									
MFG									
Q.A									
					MATERIAL:	DWG NO.		A4	
					Material <not specified>			CUTTER B	
					WEIGHT: 0.39	SCALE: 1:1		SHEET 1 OF 1	



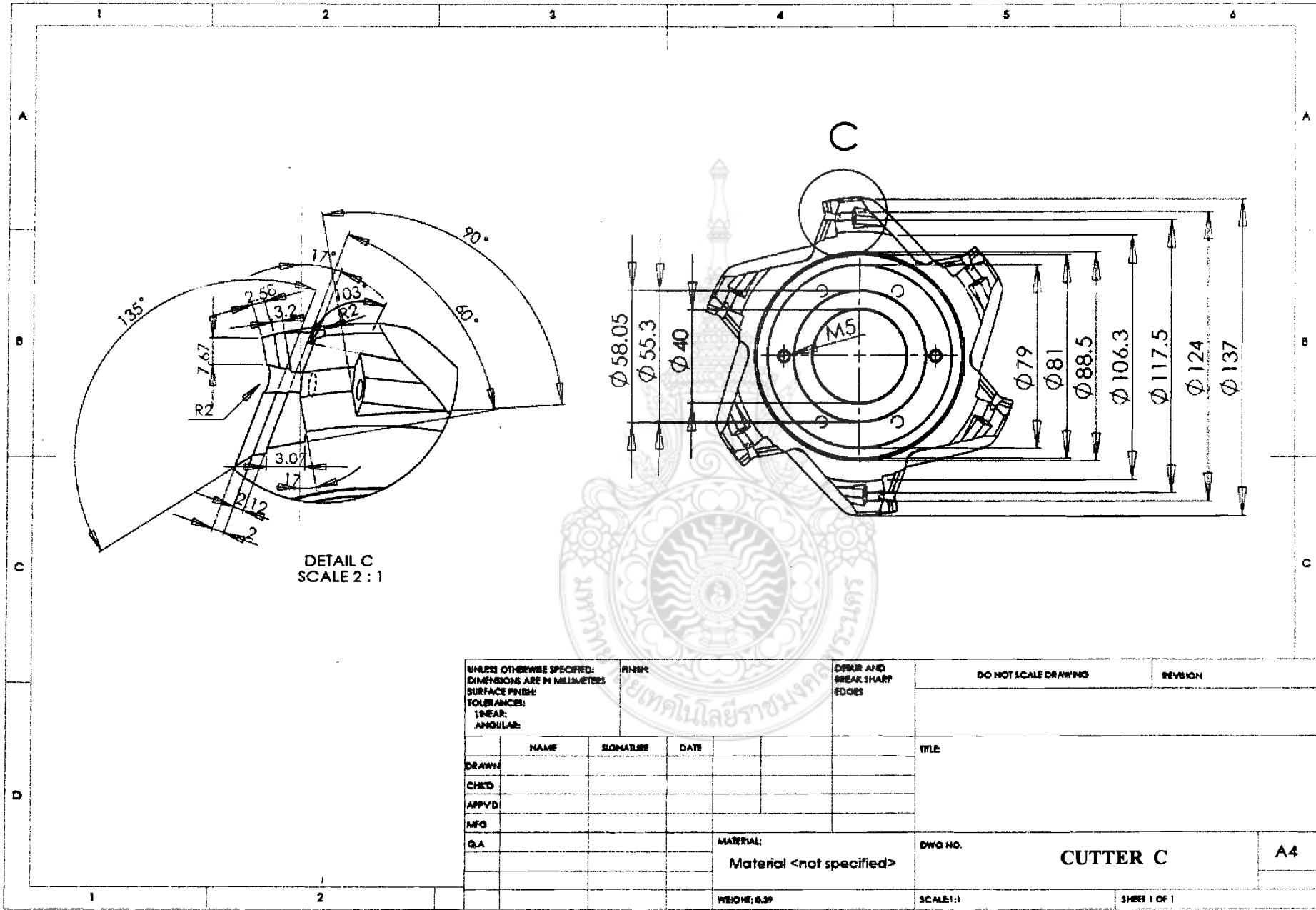
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN			NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE		
CHECKD											
APPVD											
MFO											
D.A									MATERIAL:		DWG NO.
									Material <not specified>		CUTTER B
									WEIGHT: 0.39		SCALE: 1:1
											SHEET 1 OF 1
											A4



DETAIL A
SCALE 2:1

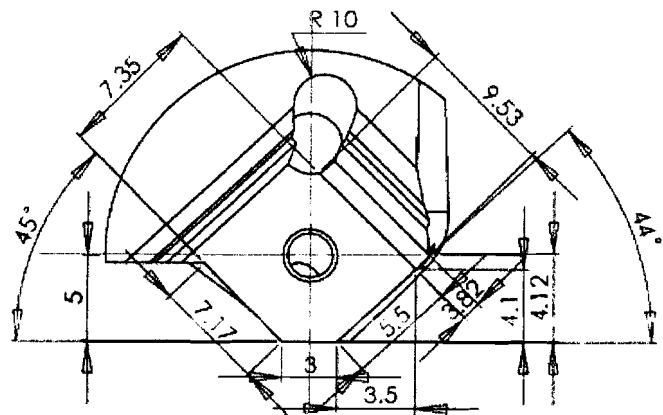


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETRES		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE			
DRAWN									
CHEK									
APPVD									
MFG									
Q.A									
					MATERIAL:	DWG NO.			
					Material <not specified>	CUTTER C		A4	
					WEIGHT: 0.39	SCALE: 1:1		SHEET 1 OF 1	

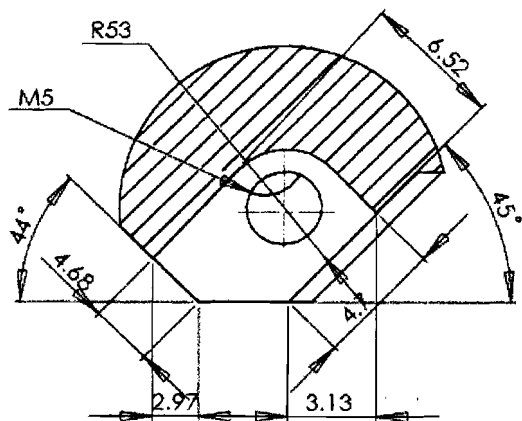


DETAIL C
SCALE 2 : 1

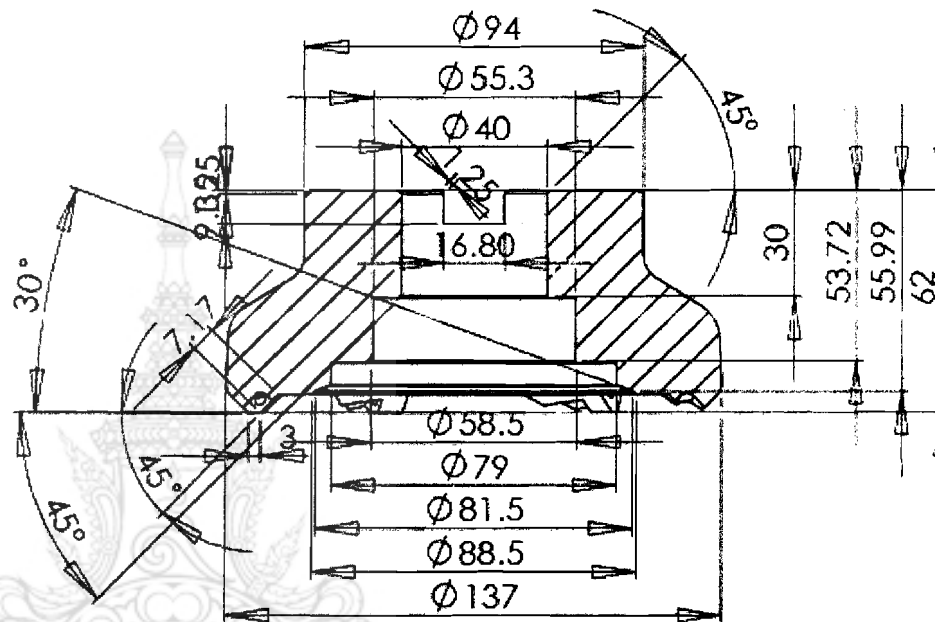
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE			
DRAWN									
CHEK									
APPVD									
MFO									
Q.A					MATERIAL:	DWG NO.		A4	
					Material <not specified>	CUTTER C			
					WEIGHT: 0.39	SCALE: 1:1		SHEET 1 OF 1	



DETAIL B
SCALE 3 : 1



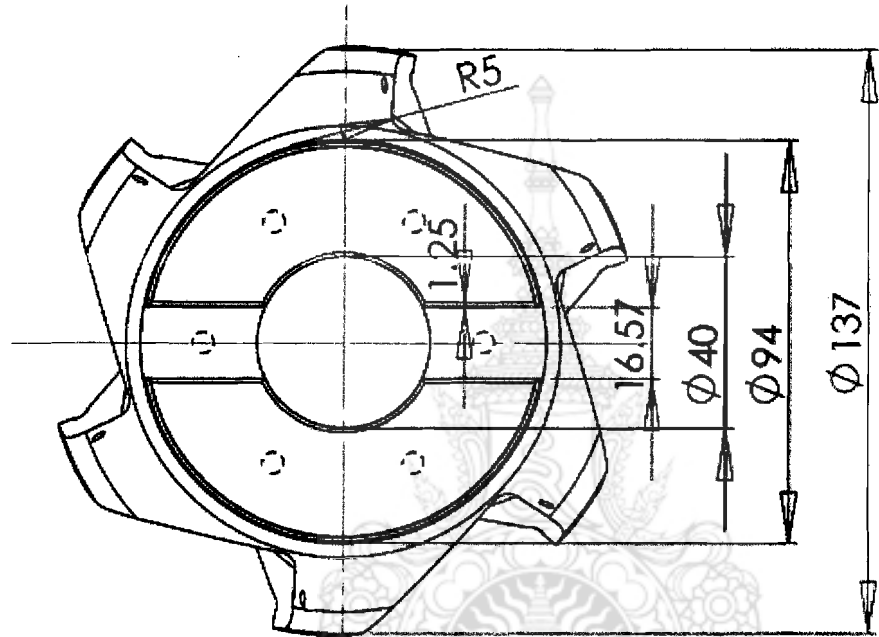
DETAIL D
SCALE 5 : 1



SECTION D-D

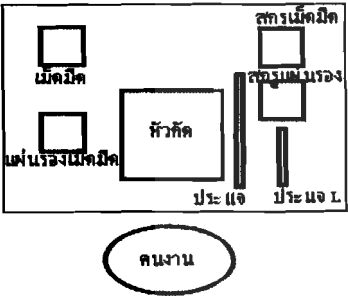
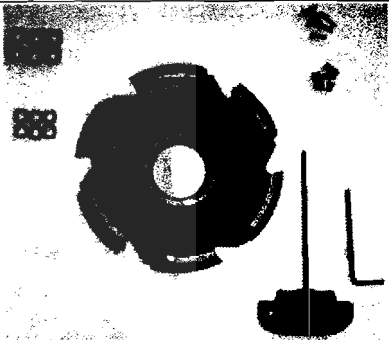
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE			
DRAWN									
CHEK'D									
APP'VD									
MFG									
Q.A									
				MATERIAL: Material <not specified>		DWG NO.		CUTTER C	
				WEIGHT: 0.39		SCALE: 1:1		SHEET 1 OF 1	

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE			
DRAWN									
CHECKD									
APPVD									
MFG									
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.	
						Material <not specified>		CUTTER C	
						WEIGHT: 0.39		SCALE: 1:1	
								SHEET 1 OF 1	
								A4	



แผนภูมิสองมือ									
งานที่ทำ : การประกอบเม็คมัดเข้ากับหัวกััด A									
สรูป	○	⇒	D	□	▽	รวม	เวลารวม	ผู้บันทึก:	
มือซ้าย	8	4	-	-	2	14	45.77	วันที่ :	
มือขวา	12	6	-	-	-	18	49.32	คนงาน:	
									
มือซ้าย	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์		เวลา (วินาที)	มือขวา				
เคลื่อน ไปที่แผ่นรองเม็คมัด	1.36	⇒	⇒	1.26	เคลื่อน ไปที่สกรู 6 เหลี่ยม				
เลือกและหยิบแผ่นรองเม็คมัด	2.79	○	○	2.86	เลือกและหยิบสกรู 6 เหลี่ยม				
จับแผ่นรองเม็คมัด	3.76	○	⇒	1.79	เคลื่อนย้ายไปหาแผ่นรองเม็คมัด				
เคลื่อนย้ายแผ่นรองเม็คมัดและสกรู 6 เหลี่ยม ไปที่รูขีคเม็คมัด	1.86	⇒	○	2.18	ประกอบสกรู 6 เหลี่ยมและปล่อยมือ				
จัดสกรูเข้าตำแหน่งรูขีคเม็คมัด	4.51	○	○	1.74	เคลื่อน ไปที่ประแจและหยิบประแจ				
จับแผ่นรองเม็คมัดให้อยู่นิ่ง	14.86	▽	⇒	1.84	เคลื่อนย้ายประแจ L ไปที่สกรู 6 เหลี่ยม				
ปล่อยมือ	1.03	○	○	2.40	จัดประแจ L เข้าตำแหน่งรูสกรู 6 เหลี่ยม				
เคลื่อน ไปที่เม็คมัด	1.48	⇒	○	7.00	ขันสกรู 6 เหลี่ยม				
เลือกและหยิบเม็คมัด	2.74	○	○	2.16	คึงประแจ ไปวางบนโต๊ะ				
จับเม็คมัด	3.89	○	⇒	1.12	เคลื่อน ไปที่สกรู				
เคลื่อนย้ายเม็คมัดและสกรู ไปที่รูขีคเม็คมัด	2.11	⇒	○	2.64	เลือกและหยิบสกรู				
จัดสกรูเข้าตำแหน่งรูขีคเม็คมัด	2.92	○	⇒	1.83	เคลื่อนย้ายไปหาเม็คมัด				
จับเม็คมัดให้อยู่นิ่ง	1.40	▽	○	2.88	ประกอบสกรูและปล่อยมือ				
ปล่อยมือ	1.06	○	○	1.43	เคลื่อน ไปที่ประแจและหยิบประแจ				
			⇒	1.67	เคลื่อนย้ายประแจไปที่สกรู				
			○	2.53	จัดประแจเข้าตำแหน่งรูสกรู				
			○	9.90	ขันสกรู				
			○	2.09	คึงประแจ ไปวางบนโต๊ะ				

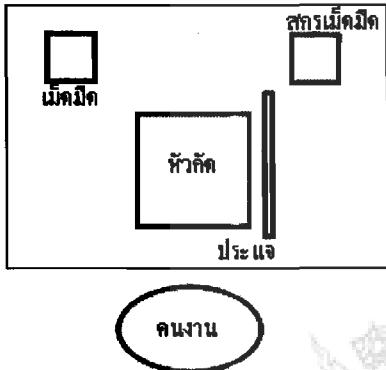
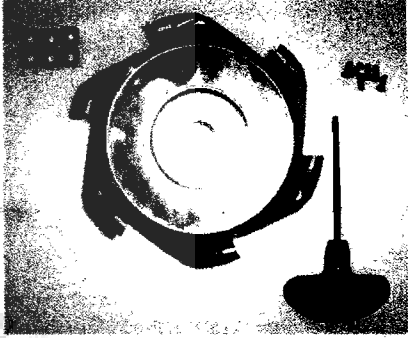
ภาพที่ ข-1 แสดงแผนภูมิสองมือของการประกอบหัวกััด A (ครั้งที่ 1)

แผนภูมิสองมือ									
งานที่ทำ : การประกอบเม็คมิดเข้ากับหัวก๊ัด A									
สรุป	○	⇒	D	□	▽	รวม	เวลารวม	ผู้บันทึก:	
มือซ้าย	8	4	-	-	2	14	46.75	วันที่ :	
มือขวา	12	6	-	-	-	18	49.58	คนงาน:	
มือซ้าย	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์		เวลา (วินาที)	มือขวา				
เคลื่อนไปที่แผ่นรองเม็คมิด	1.31	⇒	⇒	1.15	เคลื่อนไปที่สกรู 6 เหลี่ยม				
เลือกและหยิบแผ่นรองเม็คมิด	2.98	○	○	2.76	เลือกและหยิบสกรู 6 เหลี่ยม				
จับแผ่นรองเม็คมิด	3.64	○	⇒	1.86	เคลื่อนย้ายไปหาแผ่นรองเม็คมิด				
เคลื่อนย้ายแผ่นรองเม็คมิดและสกรู 6 เหลี่ยมไปที่รูขีดยัดเม็คมิด	1.76	⇒	○	2.30	ประกอบสกรู 6 เหลี่ยมและปล่อยมือ				
จัดสกรูเข้าตำแหน่งรูขีดยัดเม็คมิด	5.10	○	○	1.87	เคลื่อนไปที่ประแจ L และหยิบประแจ				
จับแผ่นรองเม็คมิดให้อยู่นิ่ง	14.96	▽	⇒	1.81	เคลื่อนย้ายประแจ L ไปที่สกรู 6 เหลี่ยม				
ปล่อยมือ	1.10	○	○	2.47	จัดประแจ L เข้าตำแหน่งรูสกรู 6 เหลี่ยม				
เคลื่อนไปที่เม็คมิด	1.40	⇒	○	7.21	ขันสกรู 6 เหลี่ยม				
เลือกและหยิบเม็คมิด	2.81	○	○	2.22	ดึงประแจไปวางบนโต๊ะ				
จับเม็คมิด	4.06	○	⇒	1.19	เคลื่อนไปที่สกรู				
เคลื่อนย้ายเม็คมิดและสกรูไปที่รูขีดยัดเม็คมิด	1.92	⇒	○	2.56	เลือกและหยิบสกรู				
จัดสกรูเข้าตำแหน่งรูขีดยัดเม็คมิด	3.15	○	⇒	1.73	เคลื่อนย้ายไปหาเม็คมิด				
จับเม็คมิดให้อยู่นิ่ง	1.46	▽	○	3.10	ประกอบสกรูและปล่อยมือ				
ปล่อยมือ	1.10	○	○	1.32	เคลื่อนไปที่ประแจและหยิบประแจ				
			⇒	1.72	เคลื่อนย้ายประแจไปที่สกรู				
			○	2.76	จัดประแจเข้าตำแหน่งรูสกรู				
			○	9.50	ขันสกรู				
			○	2.05	ดึงประแจไปวางบนโต๊ะ				

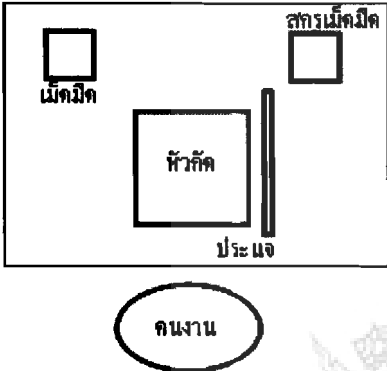
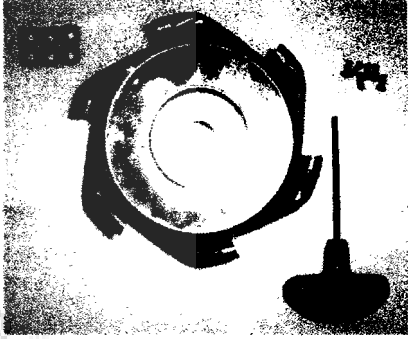
ภาพที่ ข-2 แสดงแผนภูมิสองมือของการประกอบหัวก๊ัด A (ครั้งที่ 2)

แผนภูมิสองมือ								
งานที่ทำ : การประกอบเม็คมัดเข้ากับหัวกั๊ด A								
สรุป	○	⇒	D	□	▽	รวม	เวลารวม	ผู้บันทึก:
มือซ้าย	8	4	-	-	2	14	46.64	วันที่ :
มือขวา	12	6	-	-	-	18	49.43	คนงาน:
มือซ้าย	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์		เวลา (วินาที)	มือขวา			
เคลื่อนไปที่แผ่นรองเม็คมัด	1.40	⇒	⇒	1.31	เคลื่อนไปที่สกรู 6 เหลี่ยม			
เลือกและหยิบแผ่นรองเม็คมัด	2.86	○	○	2.91	เลือกและหยิบสกรู 6 เหลี่ยม			
จับแผ่นรองเม็คมัด	3.79	○	⇒	1.72	เคลื่อนย้ายไปหาแผ่นรองเม็คมัด			
เคลื่อนย้ายแผ่นรองเม็คมัดและสกรู 6 เหลี่ยม ไปที่รูยึดเม็คมัด	1.91	⇒	○	2.10	ประกอบสกรู 6 เหลี่ยมและปล่อยมือ			
จัดสกรูเข้าตำแหน่งรูยึดเม็คมัด	4.72	○	○	1.76	เคลื่อนไปที่ประแจและหยิบประแจ			
จับแผ่นรองเม็คมัดให้อยู่นิ่ง	14.70	▽	⇒	1.76	เคลื่อนย้ายประแจ L ไปที่สกรู 6 เหลี่ยม			
ปล่อยมือ	1.06	○	○	2.42	จัดประแจ L เข้าตำแหน่งรูสกรู 6 เหลี่ยม			
เคลื่อนไปที่เม็คมัด	1.71	⇒	○	7.12	ขันสกรู 6 เหลี่ยม			
เลือกและหยิบเม็คมัด	2.68	○	○	2.17	ดึงประแจไปวางบนโต๊ะ			
จับเม็คมัด	3.92	○	⇒	1.10	เคลื่อนไปที่สกรู			
เคลื่อนย้ายเม็คมัดและสกรู ไปที่รูยึดเม็คมัด	2.05	⇒	○	2.71	เลือกและหยิบสกรู			
จัดสกรูเข้าตำแหน่งรูยึดเม็คมัด	3.10	○	⇒	1.96	เคลื่อนย้ายไปหาเม็คมัด			
จับเม็คมัดให้อยู่นิ่ง	1.65	▽	○	2.87	ประกอบสกรูและปล่อยมือ			
ปล่อยมือ	1.09	○	○	1.42	เคลื่อนไปที่ประแจและหยิบประแจ			
			⇒	1.65	เคลื่อนย้ายประแจไปที่สกรู			
			○	2.30	จัดประแจเข้าตำแหน่งรูสกรู			
			○	10.05	ขันสกรู			
			○	2.10	ดึงประแจไปวางบนโต๊ะ			

ภาพที่ ข-3 แสดงแผนภูมิสองมือของการประกอบหัวกั๊ด A (ครั้งที่ 3)

แผนภูมิสองมือ								
งานที่ทำ : การประกอบเม็คมิดเข้ากับหัวกั๊ด B								
สรุป	○	⇒	D	□	▽	รวม	เวลารวม	ผู้บันทึก:
มือซ้าย	4	2	-	-	1	7	14.70	วันที่ :
มือขวา	6	3	-	-	-	9	29.36	คนงาน:
								
มือซ้าย	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์		เวลา (วินาที)	มือขวา			
เคลื่อนไปที่เม็คมิด	1.55	⇒	⇒	1.26	เคลื่อนไปที่สกร			
เลือกและหยิบเม็คมิด	2.85	○	○	2.62	เลือกและหยิบสกร			
จับเม็คมิด	1.86	○	⇒	1.76	เคลื่อนย้ายไปหาเม็คมิด			
เคลื่อนย้ายเม็คมิดและสกรไปที่รูยึดเม็คมิด	1.96	⇒	○	3.10	ประกอบสกรและปล่อยมือ			
จัดสกรเข้าตำแหน่งรูยึดเม็คมิด	3.89	○	○	1.46	เคลื่อนไปที่ประแจและหยิบประแจ			
จับเม็คมิดให้อยู่หนึ่ง	1.46	▽	⇒	1.69	เคลื่อนย้ายประแจไปที่สกร			
ปล่อยมือ	1.13	○	○	2.52	จัดประแจเข้าตำแหน่งรูสกร			
			○	12.85	ขันสกร			
			○	2.10	ดึงประแจไปวางบนโต๊ะ			

ภาพที่ ข-4 แสดงแผนภูมิสองมือของการประกอบหัวกั๊ด B (ครั้งที่ 1)

แผนภูมิสองมือ								
งานที่ทำ : การประกอบเม็คมิดเข้ากับหัวกัด B								
สรุป	○	⇒	D	□	▽	รวม	เวลารวม	ผู้บันทึก:
มือซ้าย	4	2	-	-	1	7	14.85	วันที่ :
มือขวา	6	3	-	-	-	9	29.22	คนงาน:
								
มือซ้าย	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์		เวลา (วินาที)	มือขวา			
เคลื่อนไปที่เม็คมิด	1.42	⇒	⇒	1.19	เคลื่อนไปที่สกรู			
เลือกและหยิบเม็คมิด	2.90	○	○	2.68	เลือกและหยิบสกรู			
จับเม็คมิด	1.97	○	⇒	1.71	เคลื่อนย้ายไปหาเม็คมิด			
เคลื่อนย้ายเม็คมิดและสกรูไปที่รูขี้นเม็คมิด	1.81	⇒	○	2.96	ประกอบสกรูและปล่อยมือ			
จัดสกรูเข้าตำแหน่งรูขี้นเม็คมิด	4.23	○	○	1.32	เคลื่อนไปที่ประแจและหยิบประแจ			
จับเม็คมิดให้อยู่หนึ่ง	1.35	▽	⇒	1.81	เคลื่อนย้ายประแจไปที่สกรู			
ปล่อยมือ	1.17	○	○	2.30	จัดประแจเข้าตำแหน่งรูสกรู			
				○	ขันสกรู			
				○	ดึงประแจไปวางบนโต๊ะ			

ภาพที่ ข-5 แสดงแผนภูมิสองมือของการประกอบหัวกัด B (ครั้งที่ 2)

แผนภูมิสองมือ								
งานที่ทำ : การประกอบเม็คมัดเข้ากับหัวกััด B								
สรุป	○	⇔	D	□	▽	รวม	เวลารวม	ผู้บันทึก:
มือซ้าย	4	2	-	-	1	7	14.79	วันที่ :
มือขวา	6	3	-	-	-	9	29.37	คนงาน:
มือซ้าย	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์		เวลา (วินาที)	มือขวา			
เคลื่อนไปที่เม็คมัด	1.67	⇔	⇔	1.23	เคลื่อนไปที่สกร			
เลือกและหยิบเม็คมัด	2.76	○	○	2.52	เลือกและหยิบสกร			
จับเม็คมัด	1.82	○	⇔	1.68	เคลื่อนย้ายไปหาเม็คมัด			
เคลื่อนย้ายเม็คมัดและสกรไปที่รูขีคเม็คมัด	1.85	⇔	○	3.21	ประกอบสกรและปล้อยมือ			
จัดสกรเข้าตำแหน่งรูขีคเม็คมัด	4.16	○	○	1.56	เคลื่อนไปที่ประแจและหยิบประแจ			
จับเม็คมัดให้อยู่หนึ่ง	1.44	▽	⇔	1.59	เคลื่อนย้ายประแจไปที่สกร			
ปล้อยมือ	1.09	○	○	2.60	จัดประแจเข้าตำแหน่งรูสกร			
			○	12.96	ขันสกร			
			○	2.02	ดึงประแจไปวางบนโต๊ะ			

ภาพที่ ข-6 แสดงแผนภูมิสองมือของการประกอบหัวกััด B (ครั้งที่ 3)

แผนภูมิสองมือ									
งานที่ทำ : การประกอบเม็คมัดเข้ากับหัวกัด C									
สรุป	○	⇔	D	□	▽	รวม	เวลารวม	ผู้บันทึก:	
มือซ้าย	8	4	-	-	2	14	45.39	วันที่ :	
มือขวา	12	6	-	-	-	18	55.30	คนงาน:	
มือซ้าย	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์		เวลา (วินาที)	มือขวา				
เคลื่อนไปที่แผ่นรองเม็คมัด	1.27	⇔	⇔	1.12	เคลื่อนไปที่สกรู 6 เหลี่ยม				
เลือกและหยิบแผ่นรองเม็คมัด	2.72	○	○	2.56	เลือกและหยิบสกรู 6 เหลี่ยม				
จับแผ่นรองเม็คมัด	3.56	○	⇔	1.70	เคลื่อนย้ายไปหาแผ่นรองเม็คมัด				
เคลื่อนย้ายแผ่นรองเม็คมัดและสกรู 6 เหลี่ยม ไปที่รูขีดยัดเม็คมัด	1.81	⇔	○	2.92	ประกอบสกรู 6 เหลี่ยมและปลั๊ยมือ				
จัดสกรูเข้าตำแหน่งรูขีดยัดเม็คมัด	4.79	○	○	1.66	เคลื่อนไปที่ประแจ L และหยิบประแจ				
จับแผ่นรองเม็คมัดให้อยู่นิ่ง	14.35	▽	⇔	1.86	เคลื่อนย้ายประแจ L ไปที่สกรู 6 เหลี่ยม				
ปลั๊ยมือ	1.03	○	○	2.38	จัดประแจ L เข้าตำแหน่งรูสกรู 6 เหลี่ยม				
เคลื่อนไปที่เม็คมัด	1.45	⇔	○	12.59	ขันสกรู 6 เหลี่ยม				
เลือกและหยิบเม็คมัด	2.86	○	○	2.22	คึงประแจไปวางบนโต๊ะ				
จับเม็คมัด	3.60	○	⇔	1.20	เคลื่อนไปที่สกรู				
เคลื่อนย้ายเม็คมัดและสกรู ไปที่รูขีดยัดเม็คมัด	1.76	⇔	○	2.55	เลือกและหยิบสกรู				
จัดสกรูเข้าตำแหน่งรูขีดยัดเม็คมัด	3.86	○	⇔	1.84	เคลื่อนย้ายไปหาเม็คมัด				
จับเม็คมัดให้อยู่นิ่ง	1.23	▽	○	2.98	ประกอบสกรูและปลั๊ยมือ				
ปลั๊ยมือ	1.10	○	○	1.33	เคลื่อนไปที่ประแจและหยิบประแจ				
			⇔	1.71	เคลื่อนย้ายประแจไปที่สกรู				
			○	2.46	จัดประแจเข้าตำแหน่งรูสกรู				
			○	10.11	ขันสกรู				
			○	2.11	คึงประแจไปวางบนโต๊ะ				

ภาพที่ ข-7 แสดงแผนภูมิสองมือของการประกอบหัวกัด C (ครั้งที่ 1)

แผนภูมิสองมือ									
งานที่ทำ : การประกอบเม็คมิดเข้ากับหัวกั๊ด C									
สรุป	○	⇒	D	□	▽	รวม	เวลารวม	ผู้บันทึก:	
มือซ้าย	8	4	-	-	2	14	45.69	วันที่ :	
มือขวา	12	6	-	-	-	18	55.65	คนงาน:	
มือซ้าย	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์		เวลา (วินาที)	มือขวา				
เคลื่อนไปที่แผ่นรองเม็คมิด	1.36	⇒	⇒	1.06	เคลื่อนไปที่สกรู 6 เหลี่ยม				
เลือกและหยิบแผ่นรองเม็คมิด	2.92	○	○	2.42	เลือกและหยิบสกรู 6 เหลี่ยม				
จับแผ่นรองเม็คมิด	3.42	○	⇒	1.68	เคลื่อนย้ายไปหาแผ่นรองเม็คมิด				
เคลื่อนย้ายแผ่นรองเม็คมิดและสกรู 6 เหลี่ยม ไปที่รูขีดยึ๊คมิด	1.70	⇒	○	3.12	ประกอบสกรู 6 เหลี่ยมและปล่อยมือ				
จัดสกรูเข้าตำแหน่งรูขีดยึ๊คมิด	4.96	○	○	1.92	เคลื่อนไปที่ประแจและหยิบประแจ				
จับแผ่นรองเม็คมิดให้อยู่นิ่ง	14.60	▽	⇒	2.10	เคลื่อนย้ายประแจ L ไปที่สกรู 6 เหลี่ยม				
ปล่อยมือ	1.12	○	○	2.46	จัดประแจ L เข้าตำแหน่งรูสกรู 6 เหลี่ยม				
เคลื่อนไปที่เม็คมิด	1.60	⇒	○	12.79	ขันสกรู 6 เหลี่ยม				
เลือกและหยิบเม็คมิด	2.78	○	○	2.10	ดึงประแจไปวางบนโต๊ะ				
จับเม็คมิด	3.52	○	⇒	1.15	เคลื่อนไปที่สกรู				
เคลื่อนย้ายเม็คมิดและสกรู ไปที่รูขีดยึ๊คมิด	1.62	⇒	○	2.76	เลือกและหยิบสกรู				
จัดสกรูเข้าตำแหน่งรูขีดยึ๊คมิด	3.60	○	⇒	1.67	เคลื่อนย้ายไปหาเม็คมิด				
จับเม็คมิดให้อยู่นิ่ง	1.41	▽	○	3.10	ประกอบสกรูและปล่อยมือ				
ปล่อยมือ	1.08	○	○	1.21	เคลื่อนไปที่ประแจและหยิบประแจ				
			⇒	1.79	เคลื่อนย้ายประแจไปที่สกรู				
			○	2.31	จัดประแจเข้าตำแหน่งรูสกรู				
			○	9.86	ขันสกรู				
			○	2.15	ดึงประแจไปวางบนโต๊ะ				

ภาพที่ ข-8 แสดงแผนภูมิสองมือของการประกอบหัวกั๊ด C (ครั้งที่ 2)

แผนภูมิสองมือ									
งานที่ทำ : การประกอบเม็คมัดเข้ากับหัวกั๊ด C									
สรุป	○	⇒	D	□	▽	รวม	เวลารวม	ผู้บันทึก:	
มือซ้าย	8	4	-	-	2	14	46.72	วันที่ :	
มือขวา	12	6	-	-	-	18	55.73	คนงาน:	
มือซ้าย	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์		เวลา (วินาที)	มือขวา				
เคลื่อนไปที่แผ่นรองเม็คมัด	1.30	⇒	⇒	1.12	เคลื่อนไปที่สกรู 6 เหลี่ยม				
เลือกและหยิบแผ่นรองเม็คมัด	2.86	○	○	2.70	เลือกและหยิบสกรู 6 เหลี่ยม				
จับแผ่นรองเม็คมัด	3.89	○	⇒	1.89	เคลื่อนย้ายไปหาแผ่นรองเม็คมัด				
เคลื่อนย้ายแผ่นรองเม็คมัดและสกรู 6 เหลี่ยม ไปที่รูยึดเม็คมัด	1.95	⇒	○	2.86	ประกอบสกรู 6 เหลี่ยมและปล่อยมือ				
จัดสกรูเข้าตำแหน่งรูยึดเม็คมัด	4.86	○	○	1.79	เคลื่อนไปที่ประแจ L และหยิบประแจ				
จับแผ่นรองเม็คมัดให้อยู่หนึ่ง	14.30	▽	⇒	1.96	เคลื่อนย้ายประแจ L ไปที่สกรู 6 เหลี่ยม				
ปล่อยมือ	1.10	○	○	2.31	จัดประแจ L เข้าตำแหน่งรูสกรู 6 เหลี่ยม				
เคลื่อนไปที่เม็คมัด	1.52	⇒	○	12.45	ขันสกรู 6 เหลี่ยม				
เลือกและหยิบเม็คมัด	2.95	○	○	2.31	คึงประแจไปวางบนโต๊ะ				
จับเม็คมัด	3.80	○	⇒	1.26	เคลื่อนไปที่สกรู				
เคลื่อนย้ายเม็คมัดและสกรูไปที่รูยึดเม็คมัด	1.84	⇒	○	2.42	เลือกและหยิบสกรู				
จัดสกรูเข้าตำแหน่งรูยึดเม็คมัด	3.88	○	⇒	1.77	เคลื่อนย้ายไปหาเม็คมัด				
จับเม็คมัดให้อยู่หนึ่ง	1.32	▽	○	3.06	ประกอบสกรูและปล่อยมือ				
ปล่อยมือ	1.15	○	○	1.28	เคลื่อนไปที่ประแจและหยิบประแจ				
			⇒	1.86	เคลื่อนย้ายประแจไปที่สกรู				
			○	2.65	จัดประแจเข้าตำแหน่งรูสกรู				
			○	9.98	ขันสกรู				
			○	2.06	คึงประแจไปวางบนโต๊ะ				

ภาพที่ ข-9 แสดงแผนภูมิสองมือของการประกอบหัวกั๊ด C (ครั้งที่ 3)



ภาคผนวก ค.
ตารางอ้างอิง

ตารางที่ ก-2 ตารางเทียบมาตรฐานเหล็ก

ประเภทเหล็ก	JIS	AISI	DIN	AICHI	DAIDO	HITACHI	NIPPON KOSHUHA	ASSAB	BOHLER	THYSSEN
เหล็กกล้างานเย็น	SKD11	D2	1.2379	AUD11	DC53	SLD2	SKD11V	XW41	K110	2379
	SKS3	O1	1.2510	SKS3	GOA	SGT	KS3	DF2	K460	2510
เหล็กกล้างานร้อน	SKD61	H13	1.2344	AUD61	DHA1	DAC	KDA1	8407	W302	2344
	SKT4	L6	1.2714	SKT4A	GFA	DM	KTV	SOMDIE	W500	2714
เหล็กชุบแข็งด้วยเปลวไฟ	-	-	-	SX105V	GO5	HMD5	FH-5	-	-	-
เหล็กทำแม่พิมพ์พลาสติก	-	P20	1.2311	-	PX4	-	PLASMOLD20	718	W330	2311
	-	P20+5	1.2312	-	NAK80	-	-	HOLDAX	M200	2312
เหล็กอะไหล่	S45C	1045	1.1191	S45C	S45C	S45C	S45C	-	-	CK45
	S50C	1050	1.1206	S50C	S50C	S50C	S50C	760	CM50	1730
	SCM440	4140	1.7225	SCM440	SCM440	SCM440	SCM440	709	V320	7225
	SNCM439	4340	1.6582	SNCM439	SNCM439	SNCM439	SNCM439	705	V155	6582
เหล็กชุบผิวแข็งโดยเติมคาร์บอน	SCM415	5115	1.7262	SCM415	SCM415	SCM415	SCM415	-	-	-
เหล็กเครื่องมือคาร์บอนสูง	SK5	W1	1.1625	SK5	SK5	-	-	K100	K980	1545
เหล็กเหนียว	SS400	-	-	SS400	SS400	SS400	SS400	-	MS	-

ตารางที่ ค-3 ตารางเปรียบเทียบความแข็ง

Tensile strength R_m N/mm ²	Brinell hardness		Vickers hardness	Rockwell hardness		
	Ball indentation mm d	HB	HV	HRB	HRC	HR 30 N
255	6.63	76.0	80	-	-	-
270	6.45	80.7	85	41.0	-	-
285	6.30	85.5	90	48.0	-	-
305	6.16	90.2	95	52.0	-	-
320	6.01	95.0	100	56.2	-	-
335	5.90	99.8	105	-	-	-
350	5.75	105	110	62.3	-	-
370	5.65	109	115	-	-	-
385	5.54	114	120	66.7	-	-
400	5.43	119	125	-	-	-
415	5.33	124	130	71.2	-	-
430	5.26	128	135	-	-	-
450	5.16	133	140	75.0	-	-
465	5.08	138	145	-	-	-
480	4.99	143	150	78.7	-	-
495	4.93	147	155	-	-	-
510	4.85	152	160	81.7	-	-
530	4.79	156	165	-	-	-
545	4.71	162	170	85.0	-	-
560	4.66	166	175	-	-	-
575	4.59	171	180	87.1	-	-
595	4.53	176	185	-	-	-
610	4.47	181	190	89.5	-	-
625	4.43	185	195	-	-	-
640	4.37	190	200	91.5	-	-
660	4.32	195	205	92.5	-	-
675	4.27	199	210	93.5	-	-
690	4.22	204	215	94.0	-	-
705	4.18	209	220	95.0	-	-
720	4.13	214	225	96.0	-	-
740	4.08	219	230	96.7	-	-
755	4.05	223	235	-	-	-
770	4.01	228	240	98.1	20.3	41.7
785	3.97	233	245	-	21.3	42.5
800	3.92	238	250	99.5	22.2	43.4
820	3.89	242	255	-	23.1	44.2
835	3.86	247	260	(101)	24.0	45.0
850	3.82	252	265	-	24.8	45.7
865	3.78	257	270	(102)	25.6	46.4
880	3.75	261	275	-	26.4	47.2
900	3.72	266	280	(104)	27.1	47.8
915	3.69	271	285	-	27.8	48.4
930	3.66	276	290	(105)	28.5	49.0
950	3.63	280	295	-	29.2	49.7
965	3.60	285	300	-	29.8	50.2
995	3.54	295	310	-	31.0	51.3
1030	3.49	304	320	-	32.2	52.3
1060	3.43	314	330	-	33.3	53.6
1095	3.39	323	340	-	34.4	54.4
1125	3.34	333	350	-	35.5	55.4
1155	3.29	342	360	-	36.6	56.4
1190	3.25	352	370	-	37.7	57.4
1220	3.21	361	380	-	38.8	58.4
1255	3.17	371	390	-	39.8	59.3
1290	3.13	380	400	-	40.8	60.2
1320	3.09	390	410	-	41.8	61.1
1350	3.06	399	420	-	42.7	61.9
1385	3.02	409	430	-	43.6	62.7
1420	2.99	418	440	-	44.5	63.5
1455	2.95	428	450	-	45.3	64.3
1485	2.92	437	460	-	46.1	64.9
1520	2.89	447	470	-	46.9	65.7
1555	2.86	(456)	480	-	47.7	66.4
1595	2.83	(466)	490	-	48.4	67.1
1630	2.81	(475)	500	-	49.1	67.7
1665	2.78	(485)	510	-	49.8	68.3
1700	2.75	(494)	520	-	50.5	69.0
1740	2.73	(504)	530	-	51.1	69.5
1775	2.70	(513)	540	-	51.7	70.0
1810	2.68	(523)	550	-	52.3	70.5
1845	2.66	(532)	560	-	53.0	71.2
1880	2.63	(542)	570	-	53.6	71.7
1920	2.60	(551)	580	-	54.1	72.1
1955	2.59	(561)	590	-	54.7	72.7
1995	2.57	(570)	600	-	55.2	73.2

ตารางที่ ค-3 ตารางเปรียบเทียบความแข็ง (ต่อ)

Tensile strength R_m N/mm ²	Brinell hardness		Vickers hardness	Rockwell hardness		
	Ball indentation mm d	HB	HV	HRB	HRC	HR 30 N
2030	2.54	(580)	610	-	55.7	73.7
2070	2.52	(589)	620	-	56.3	74.2
2105	2.51	(599)	630	-	56.8	74.6
2145	2.49	(608)	640	-	57.3	75.1
2180	2.47	(618)	650	-	57.8	75.5
-	-	-	660	-	58.3	75.9
-	-	-	670	-	58.8	76.4
-	-	-	680	-	59.2	76.8
-	-	-	690	-	59.7	77.2
-	-	-	700	-	60.1	77.6
-	-	-	720	-	61.0	78.4
-	-	-	740	-	61.8	79.1
-	-	-	760	-	62.5	79.7
-	-	-	780	-	63.3	80.4
-	-	-	800	-	64.0	81.1
-	-	-	820	-	64.7	81.7
-	-	-	840	-	65.3	82.2
-	-	-	860	-	65.9	82.7
-	-	-	880	-	66.4	83.1
-	-	-	900	-	67.0	83.6
-	-	-	920	-	67.5	84.0
-	-	-	940	-	68.0	84.4

Conversions of hardness values using this conversion table are only approximate.
See DIN 50 150, December 1976

ตารางที่ ค-3 ตารางเปรียบเทียบความแข็ง (ต่อ)

Tensile strength	N/mm ²	R_m
Brinell hardness "	Diameter of the ball indentation in mm	d
"Calculated from: HB = 0.95 · HV		
(0.102 F/D ² = 30) D = 10	Hardness value = $\frac{0.102 \cdot 2 F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$	HB
Vickers hardness	Diamond pyramid Test forces ≥ 50 N	HV
Rockwell hardness	Ball 1.588 mm (1/16") Total test force = 98 N	HRB
	Diamond cone Total test force = 1471 N	HRC
	Diamond cone Total test force = 294 N	HR 30 N

ตารางที่ ค-4 คุณสมบัติและการใช้งานของเหล็ก 34CrNiMo6

เหล็กงานชิ้นส่วนจักรกล (MACHINERY STEELS)																
STANDARD			ส่วนประกอบทางเคมี (Chemical Composition)						คุณสมบัติและการใช้งาน	สภาพ จำหน่าย ความแข็ง	Diameter (mm.)	Tensile strength (N/mm ²)min.	การชุบ แข็ง (°C)	สารชุบ	ความแข็ง หลังชุบ (HRC)	การอบ คืนไฟ (°C)
DIN	AISI	JIS	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo								
34CrNiMo6	4340	SNCM 439	0.34	0.30	0.60	1.50	1.50	0.20	เป็นเหล็กที่ผ่านการชุบแข็งแล้ว มีความแข็งสูง เหมาะสำหรับชิ้นส่วนขนาดใหญ่ ที่ต้องการชุบ เพื่อให้มีความแข็งแรงสูง ทนต่อแรงกระแทกได้ดี แม้อุณหภูมิใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ต้อง ทนต่อการล้าอาทิ เช่น เพลาและเพลาข้อเหวี่ยง, เฟืองขนาดใหญ่, ชิ้นส่วนส่งกำลัง และ ส่วนประกอบกันบังคับพวงมาลัย	271-314	<=16 >16<=40 >40<=100 >100<=160 >160<=250 >250<=500 >500<=1000	1200-1400 1100-1300 1000-1200 900-1100 800-950 750-900 700-850	830-860	น้ำมัน	50-58	540-660

(ที่มา : S.A.F.SPECIAL STEELS CO.,LTD.)



ภาคผนวก ง.

เอกสารแสดงผลการทดสอบ

ตารางที่ ง-1 เอกสารผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีหัวกัดคราผลิตภัณฑ์ A

FE-LOW		Low Alloy Steel					05/01/08 16:28				
							Sample No	Cutting Handle			
							Company	SANDVIK			
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	W	
1	0.418	0.296	0.778	<0.0100	0.0279	1.36	1.50	0.177	.00291	<0.100	
2	0.412	0.295	0.781	<0.0100	0.0212	1.36	1.53	0.181	.00279	<0.100	
3	0.410	0.305	0.766	<0.0100	0.0202	1.37	1.51	0.178	.00267	<0.100	
	Co	Cu	Sn	Al	Ti	Pb	B	Mg	Nb	Fe	
1	<0.100	0.276	.00806	0.0170	.00376	<0.0100	.00062	<.00100	.00240	<94.91	
2	<0.100	0.278	.00691	0.0174	.00396	<0.0100	.00063	<.00100	.00307	94.89	
3	<0.100	0.278	.00617	0.0171	.00385	<0.0100	.00066	<.00100	.00267	94.90	
Hb											
1	?0										
2	?0										
3	?0										
FE-LOW		Low Alloy Steel					05/01/08 16:28				
							Sample No	Cutting Handle			
							Company	SANDVIK			
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	W	
1	0.418	0.296	0.778	<0.0100	0.0279	1.36	1.50	0.177	.00291	<0.100	
2	0.412	0.295	0.781	<0.0100	0.0212	1.36	1.53	0.181	.00279	<0.100	
3	0.410	0.305	0.766	<0.0100	0.0202	1.37	1.51	0.178	.00267	<0.100	
	Co	Cu	Sn	Al	Ti	Pb	B	Mg	Nb	Fe	
1	<0.100	0.276	.00806	0.0170	.00376	<0.0100	.00062	<.00100	.00240	<94.91	
2	<0.100	0.278	.00691	0.0174	.00396	<0.0100	.00063	<.00100	.00307	94.89	
3	<0.100	0.278	.00617	0.0171	.00385	<0.0100	.00066	<.00100	.00267	94.90	
Hb											
1	?0										
2	?0										
3	?0										
FE-LOW		Low Alloy Steel					05/01/08 16:28				
							Sample No	Cutting Handle			
							Company	SANDVIK			
Average of 3 sparks											
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	W	
Min											
X	0.414	0.299	0.775	<0.0100	0.0231	1.36	1.52	0.179	.00279	<0.100	
Max											
	Co	Cu	Sn	Al	Ti	Pb	B	Mg	Nb	Fe	
Min											
X	<0.100	0.277	.00705	0.0172	.00386	<0.0100	.00063	<.00100	.00271	<94.90	
Max											
Hb											
Min											
X	431										
Max											

ตารางที่ ง-2 เอกสารผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีหัวกัดตราผลิตภัณฑ์ B

FE-LOW		Low Alloy Steel					05/01/08 17:15				
							Sample No	Cutting Handle			
							Company	SECO			
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	W	
1	0.399	0.298	0.664	<0.0100	0.0251	1.52	1.64	0.173	.00226	<0.100	
2	0.384	0.299	0.637	<0.0100	0.0224	1.51	1.86	0.165	.00202	<0.100	
3	0.377	0.305	0.623	<0.0100	0.0176	1.53	1.67	0.161	.00170	<0.100	
	Co	Cu	Sn	Al	Ti	Pb	B	Mg	Nb	Fe	
1	<0.100	0.235	.00773	0.0187	.00481	<0.0100	.00071	<.00100	.00189	94.79	
2	<0.100	0.238	.00754	0.0183	.00458	<0.0100	.00061	<.00100	.00244	94.63	
3	<0.100	0.236	.00537	0.0178	.00422	<0.0100	.00069	<.00100	.00106	94.83	
Hb											
1	?0										
2	?0										
3	?0										
FE-LOW		Low Alloy Steel					05/01/08 17:15				
							Sample-No	Cutting Handle			
							Company	SECO			
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	W	
1	0.399	0.298	0.664	<0.0100	0.0251	1.52	1.64	0.173	.00226	<0.100	
2	0.384	0.299	0.637	<0.0100	0.0224	1.51	1.86	0.165	.00202	<0.100	
3	0.377	0.305	0.623	<0.0100	0.0176	1.53	1.67	0.161	.00170	<0.100	
	Co	Cu	Sn	Al	Ti	Pb	B	Mg	Nb	Fe	
1	<0.100	0.235	.00773	0.0187	.00481	<0.0100	.00071	<.00100	.00189	94.79	
2	<0.100	0.238	.00754	0.0183	.00458	<0.0100	.00061	<.00100	.00244	94.63	
3	<0.100	0.236	.00537	0.0178	.00422	<0.0100	.00069	<.00100	.00106	94.83	
Hb											
1	?0										
2	?0										
3	?0										
FE-LOW		Low Alloy Steel					05/01/08 17:15				
							Sample No	Cutting Handle			
							Company	SECO			
Average of 3 sparks		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	W
Min	X	0.387	0.301	0.641	<0.0100	0.0217	1.52	1.72	0.167	.00199	<0.100
Max											
	Co	Cu	Sn	Al	Ti	Pb	B	Mg	Nb	Fe	
Min	X	<0.100	0.236	.00688	0.0183	.00454	<0.0100	.00067	<.00100	.00180	94.75
Max											
Hb											
Min	X	429									
Max											

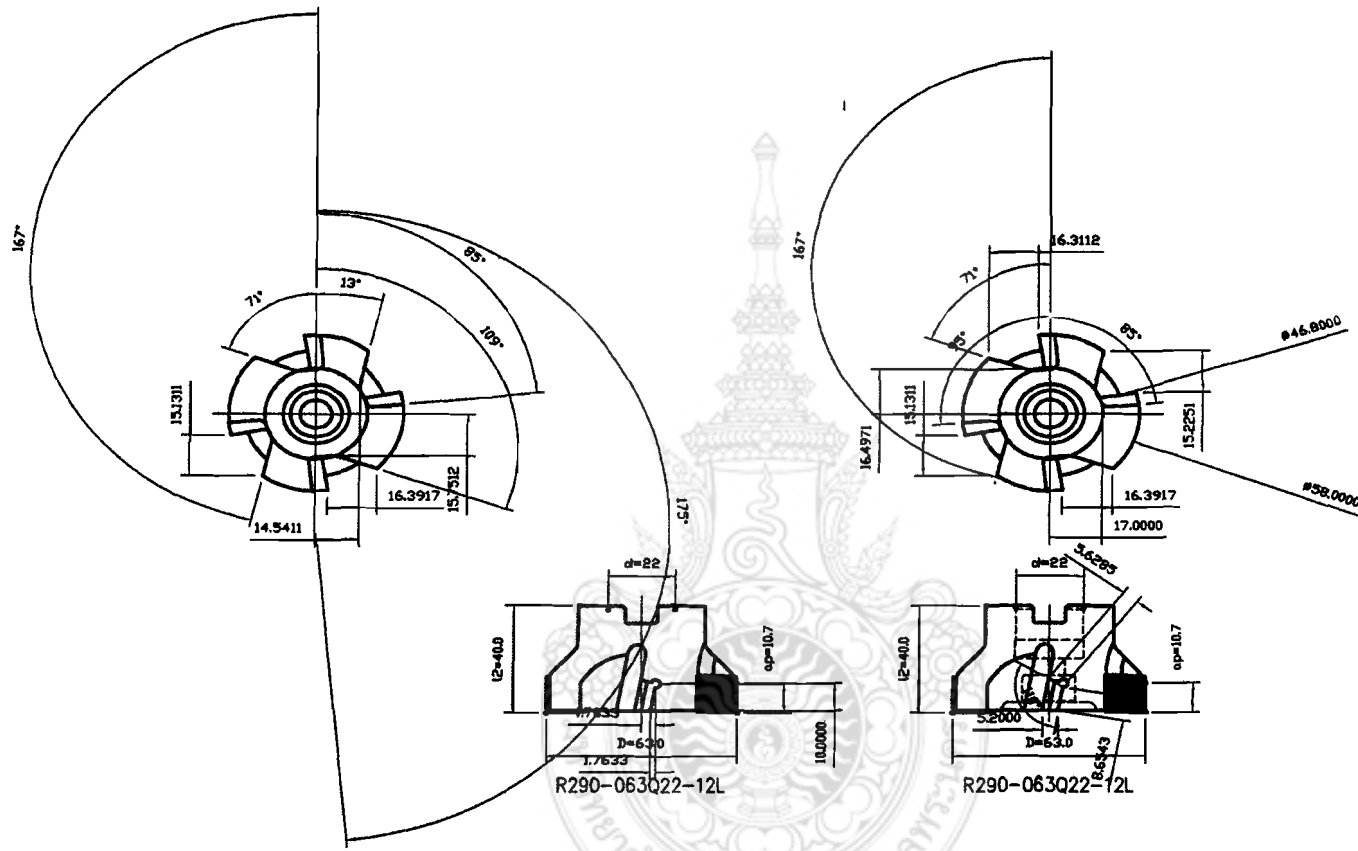
ตารางที่ ง-3 เอกสารผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีหัวกัดตราผลิตภัณฑ์ C

FE-LOW		Low Alloy Steel								05/01/08 16:24	
										Sample No	Cutting Handle
										Company	Kennametal INC
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	W	
1	0.435	0.250	0.683	<0.0100	<0.0100	0.853	1.75	0.205	<.00100	<0.100	
2	0.438	0.245	0.682	<0.0100	<0.0100	0.853	1.72	0.203	<.00100	<0.100	
3	0.439	0.248	0.679	<0.0100	<0.0100	0.851	1.73	0.204	<.00100	<0.100	
	Co	Cu	Sn	Al	Ti	Pb	B	Mg	Nb	Fe	
1	<0.100	0.180	.00717	0.0492	.00145	<0.0100	.00064	<.00100	.00130	95.35	
2	<0.100	0.169	.00530	0.0470	.00158	<0.0100	.00071	<.00100	.00127	95.40	
3	<0.100	0.177	.00476	0.0479	.00150	<0.0100	.00068	<.00100	.00114	95.38	
Hb											
1	?0										
2	?0										
3	?0										
FE-LOW		Low Alloy Steel								05/01/08 16:24	
										Sample No	Cutting Handle
										Company	Kennametal INC
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	W	
1	0.435	0.250	0.683	<0.0100	<0.0100	0.853	1.75	0.205	<.00100	<0.100	
2	0.438	0.245	0.682	<0.0100	<0.0100	0.853	1.72	0.203	<.00100	<0.100	
3	0.439	0.248	0.679	<0.0100	<0.0100	0.851	1.73	0.204	<.00100	<0.100	
	Co	Cu	Sn	Al	Ti	Pb	B	Mg	Nb	Fe	
1	<0.100	0.180	.00717	0.0492	.00145	<0.0100	.00064	<.00100	.00130	95.35	
2	<0.100	0.169	.00530	0.0470	.00158	<0.0100	.00071	<.00100	.00127	95.40	
3	<0.100	0.177	.00476	0.0479	.00150	<0.0100	.00068	<.00100	.00114	95.38	
Hb											
1	?0										
2	?0										
3	?0										
FE-LOW		Low Alloy Steel								05/01/08 16:24	
Average of 3 sparks										Sample No	Cutting Handle
										Company	Kennametal INC
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	W	
Min											
X	0.437	0.248	0.681	<0.0100	<0.0100	0.853	1.73	0.204	<.00100	<0.100	
Max											
	Co	Cu	Sn	Al	Ti	Pb	B	Mg	Nb	Fe	
Min											
X	<0.100	0.175	.00574	0.0480	.00151	<0.0100	.00068	<.00100	.00124	95.38	
Max											
Hb											
Min											
X	425										
Max											

ภาคผนวก ข

ภาพแสดงแบบของด้ามมีดกัด

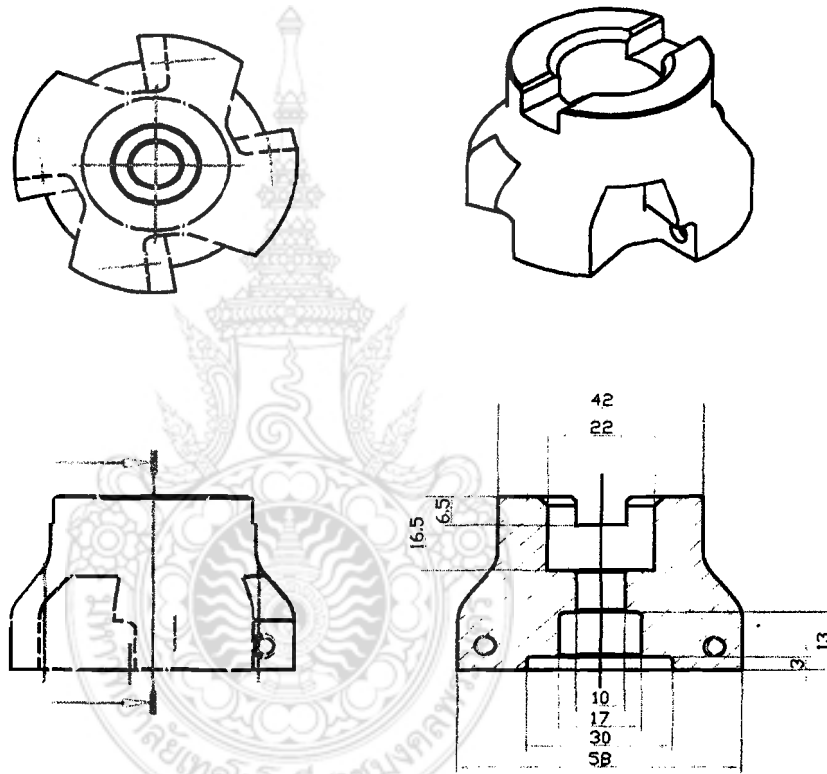




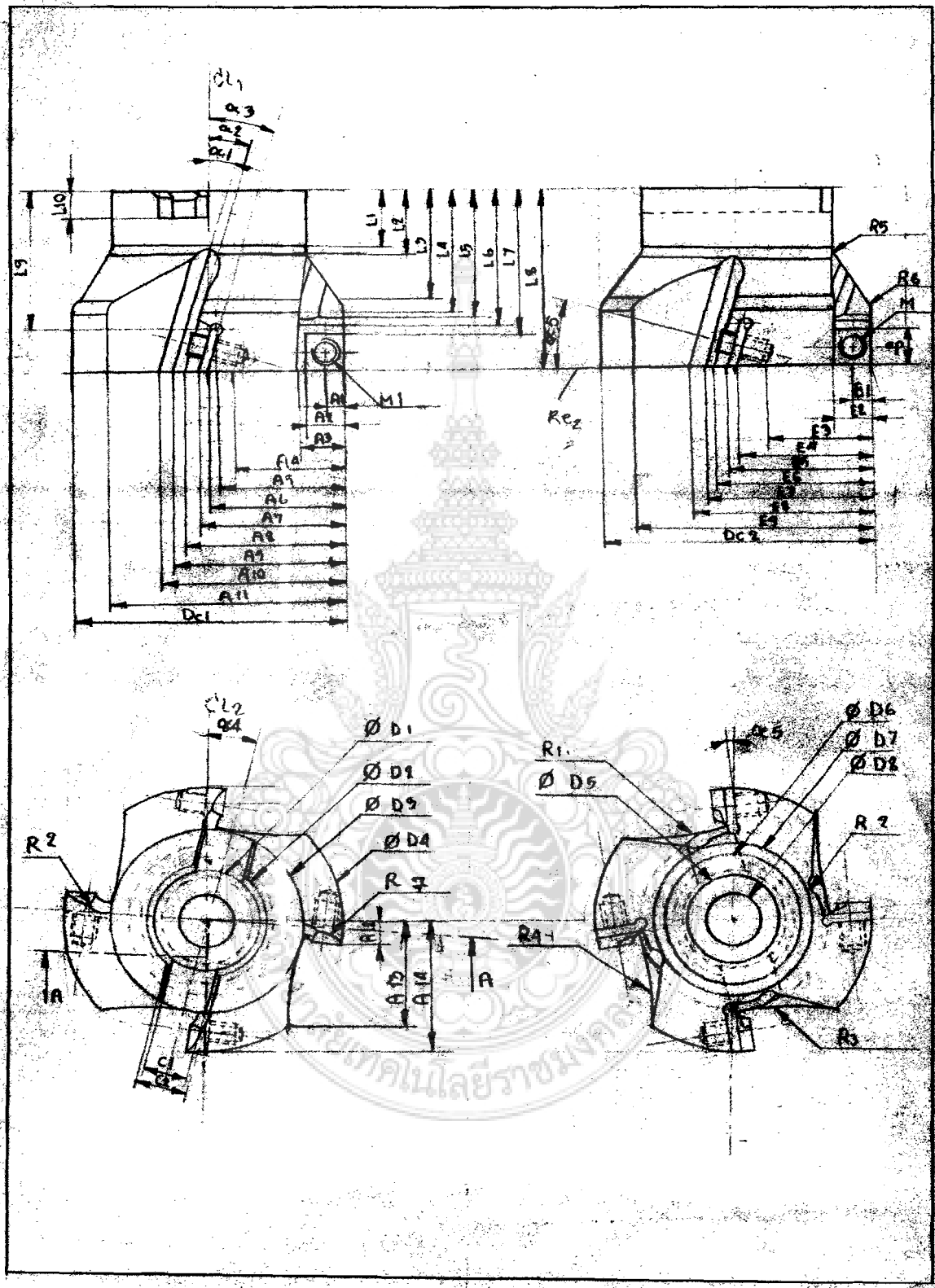
ภาพที่ ข-1 แสดงแบบของด้ามมีดกัต



ภาพที่ ข-2 ภาพแสดงแบบด้านล่างของค้ำมิดกัค



ภาพที่ ข-3 ภาพฉายสามด้านของตัวมีดกัด

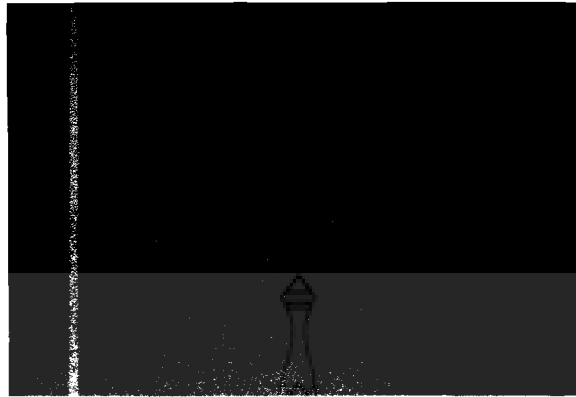


ภาพที่ ข-4 แบบร่างของค้ำมมิดกั้นำเข้า

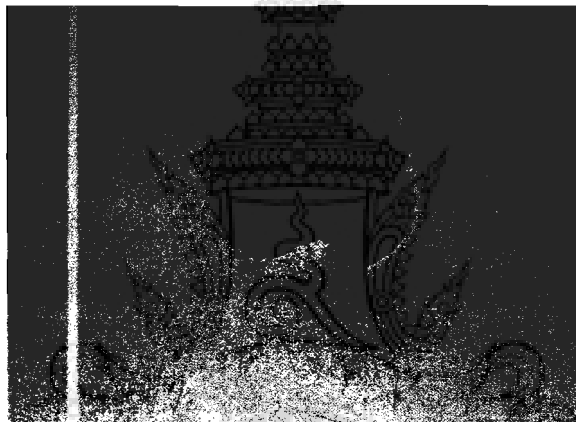


ภาคผนวก ค

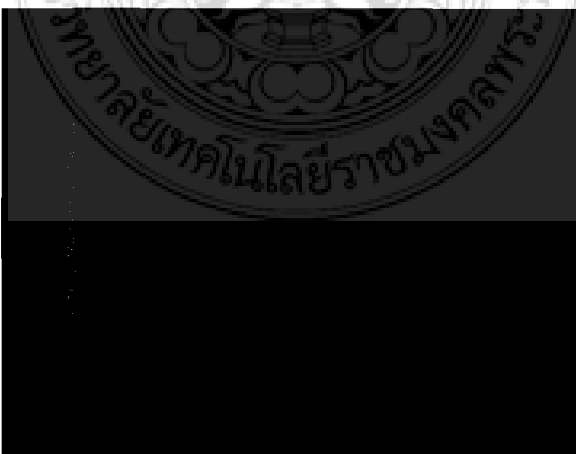
ขั้นตอนการผลิต



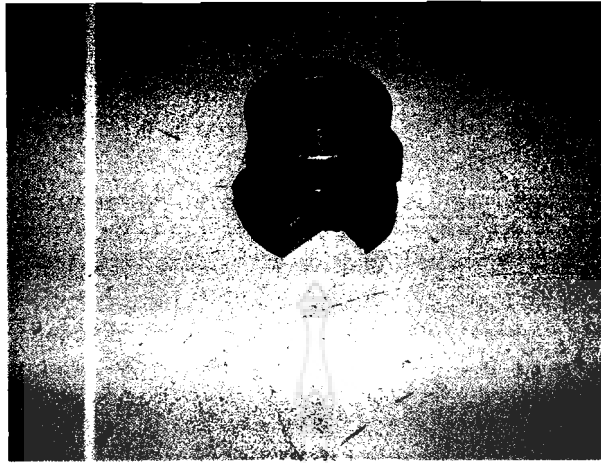
ภาพที่ ค-1 วัสดุคลองที่เสียหาย



ภาพที่ ค-2 วัสดุคลองที่เสียหาย



ภาพที่ ค-3 ชิ้นงานทดสอบกัดที่วางแผนมีดไม่ได้



ภาพที่ ค-4 ทดสอบกัดชิ้นงานจริง



ภาพที่ ค-5 งานจริงที่ใส่แผ่นมีดไม่ได้เนื่องจากไม่มีแบบงานที่ชัดเจน



ภาพที่ ค-6 งานจริงชิ้นที่ 1 ไม่สามารถวางแผ่นมีดได้



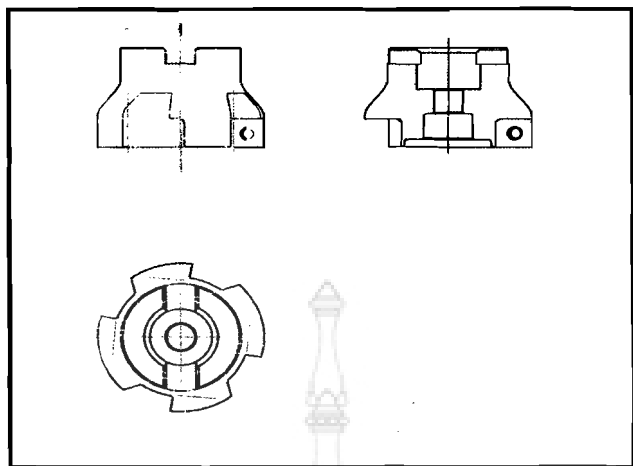
ภาพที่ ค-8 ชี้แจงงานทดสอบจีนที่ 3 และ 4



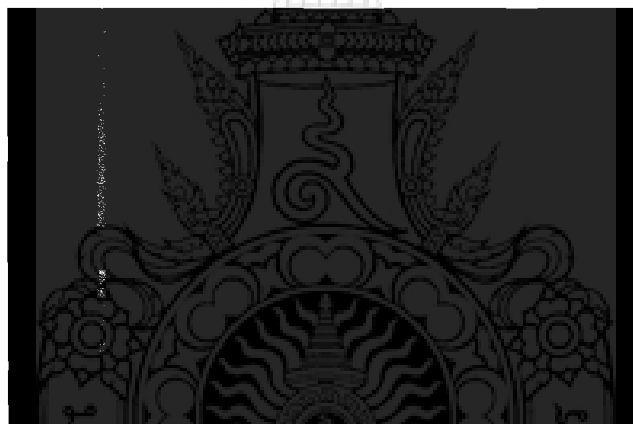
ภาพที่ ค-9 นำจีนงานต้นแบบไปวัดด้วยเครื่องสแกนสามมิติเพื่อหาขนาดที่แน่นอน



ภาพที่ ค-10 แบบที่ได้จากการสแกนสามมิติ



ภาพที่ ค-11 แบบที่ได้หลังจากทำการสแกนสามมิติ



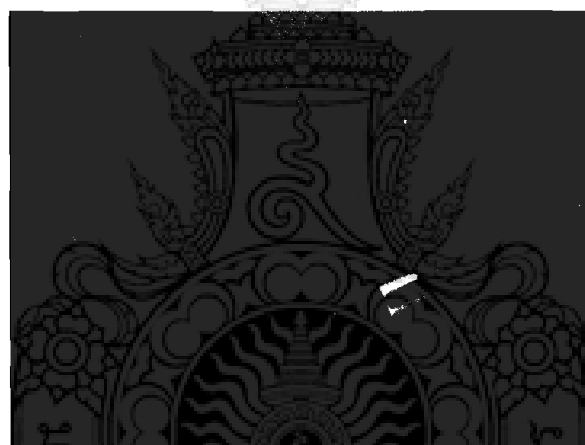
ภาพที่ ค-12 ใส่โปรแกรม และตรวจสอบโปรแกรมแต่ละขั้นตอน



ภาพที่ ค-13 ชิ้นงานทดสอบกักชั้นที่ 5



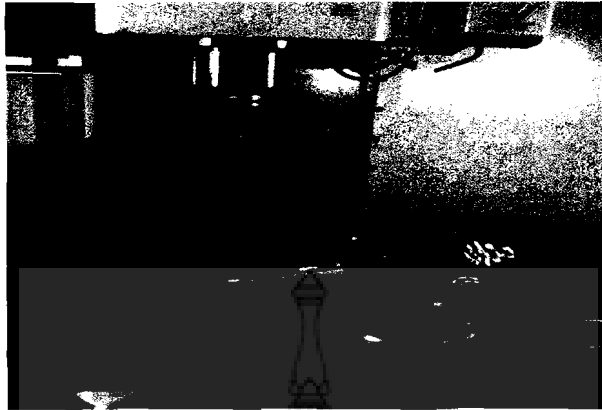
ภาพที่ ค-14 ลองวางแผ่นมิดว่าติดตรงไหนหรือไม่



ภาพที่ ค-15 กัดชิ้นงานจริงชั้นที่ 2



ภาพที่ ค-16 ภาพด้ามมิดกัดแบบ 4 คมตัด



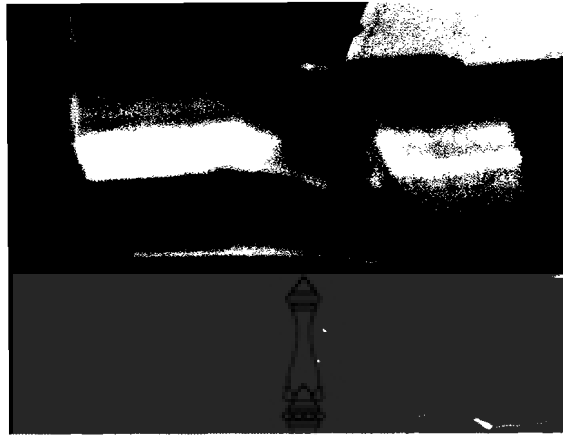
ภาพที่ ค-17 เจาะรูเพื่อจับยึดแผ่นรองแผ่นมิดและแผ่นมิด



ภาพที่ ค-18 เจาะครบทั้ง 4 รู



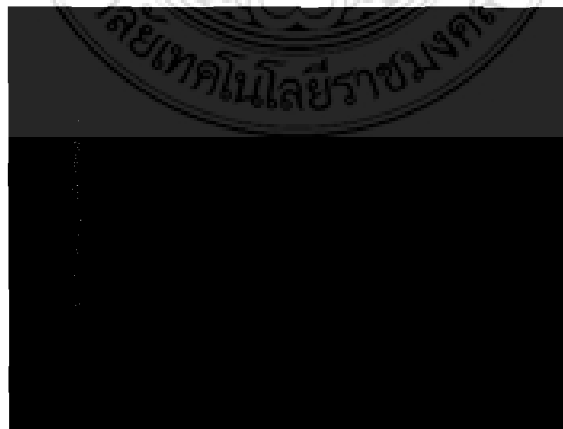
ภาพที่ ค-19 ทำเกรียวเพื่อยึดแผ่นรองแผ่นมิดและแผ่นมิด



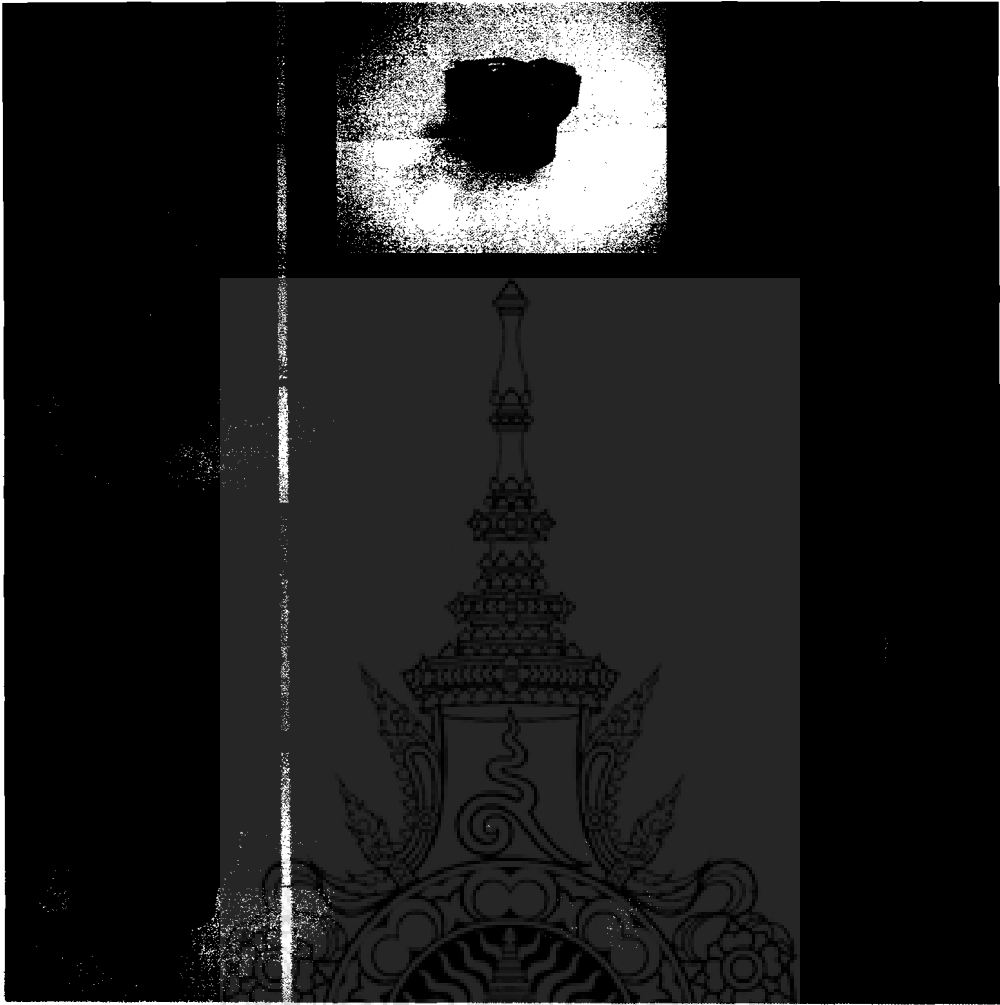
ภาพที่ ค-20 จับยัดแผ่นรองมีด



ภาพที่ ค-21 จับยัดแผ่นมีดเข้ากับค้ำมีดกัด



ภาพที่ ค-22 แผ่นมีดที่แตกเสียหายจากการจับยัด



ภาพที่ ค-23 แสดงด้ามมีดกัดแบบ 4 คมตัดที่ผลิตขึ้นมาใหม่

