

การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลม



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
เมษายน 2552

การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลม



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

เมษายน 2552

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลม



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
เมษายน 2552

จรัส อุทิศบุญรัตน์.(2552).การออกแบบสร้างแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลม.

ปริญญาานิพนธ์ กศ.ศ. (อุตสาหกรรมศึกษา).กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ คณะกรรมการควบคุม : อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร

อาจารย์ โอภาส สุขหวาน

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบสร้างแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ตัดที่มีความยาว 90 มิลลิเมตร การออกแบบและสร้างตามหลักการออกแบบแม่พิมพ์ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบอย่างละเอียด แม่พิมพ์ประกอบด้วย 2 ส่วนด้วยกัน คือ ชุดพื้นที่ และ ดายส์ ชุดดายส์ประกอบด้วยชิ้นส่วนดังนี้ แผ่นตัวรองรับใบมีด (Support Upper Cutter) วัสดุ SCM 4 ตัวนำเพลาชิ้นงาน (Bar Feed Guide) วัสดุ SCM 4 แผ่นใบตัด (Upper Shearing Cutter) วัสดุ DC 53 ชุดที่ความแข็ง 58 HRC ทำการเจียรไนใบมีดให้มีความคม ตัวล็อกเพลาชิ้นงาน (Lower Clamp) เหล็ก SCM 4 ยูรีเทน (Cushion Urethane) ตัวรองรับตัวปรับความยาว (Support Stopper) เพลาตัวตั้งความยาว บุทช์ล็อกตั้งความยาว (Stopper Bush) แผ่นตั้งความยาว (Stopper) วัสดุ SS41 ฐานยึดชุดดายส์ (Lower plate) SCM 4 ส่วนที่ 2 คือชุดพื้นที่ ประกอบด้วย ชุดล็อกเพลาชิ้นงาน (Upper Clamp)วัสดุ SCM 4 ชุดยึดใบตัด (Support Cutter)ใบตัด (Upper Shearing) วัสดุเหล็ก DC 53 ผ่านกระบวนการชุบแข็ง ที่ 58 HRC ชุดรองรับชุดพื้นที่ทั้งหมด (Upper Plate) ยูรีเทน (Upper Urethane) ตัวยึดใบมีด (Shank)

ผลการวิจัย

1. แม่พิมพ์ตัดเหล็กมี ประสิทธิภาพสามารถตัดเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20.0 มิลลิเมตรสามารถตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง20มิลลิเมตร ได้ยาว 90 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละร้อย ความกลมเสียรูปไม่เกิน 0.3 มิลลิเมตรจากการทดลองได้ = 0.04 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละร้อย ความเอียงของพื้นที่ปลายหน้าตัดเอียงไม่เกิน 1 มิลลิเมตร / ข้าง จากการทดลองได้ = 0.59 และ 0.61 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละร้อย ความตรงของเหล็กหลังตัดแล้วไม่คดงอ คิดเป็นร้อยละร้อย

2. แม่พิมพ์ตัดเหล็กมี ลักษณะทางกายภาพ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน สรุปผลโดยรวมอยู่ในระดับดี มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ความประหยัด อยู่ระดับพอใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.33 ความแข็งแรง อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22 ความปลอดภัย อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44

THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF PUNCH AND DIE FOR CUTTING STEEL SHAFT



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Industrial Educational
at Srinakharinwirot University

April 2009

Jarun Utissaroonrut.(2008). *Design and Constructing of punch and Die for cutting steel shaft*. Master Thesis, M.E.d (Industrial Education), Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University.Professors in charge :Dr. Pairust Vongyuttakrai, Mr.Ophat Sukwan

The Objectives of this thesis were to Design and Construction of Punch and Die for cutting round steel shaft has 20 mm in diameter, and 90 mm in length. The Design and Construction of Punch and Die for round steel shaft that has 20 mm in diameter with the length of 90 mm was very carefully inspected. The modern machine and new technology, and economical. The Punch and Die itself has 2 main parts; PUNCH and DIE. The PUNCH mainly consists of SCM4 material consists of the locking shaft (Upper Clamp) . The Shear holder (Support Cutter) . The Blade (Upper Shearing) made of DC53 dipped in the solution with the strength of 58 HRC. The overall size for the Punch (Upper Plate). Urethane (Upper Urethane). The stopper (Shank). The second is the Die mainly consists of SCM4 material with Support Upper Cutter, Bar Feed Guide . Upper Shearing Cutter made of DC53 dipped in the solution with the strength of 58 HRC and sharpen. The lower clamp. Special SCM4 Urethane (Cushion Urethane). Support Stopper. The Vertical Shaft.The vertical boot lock (Stopper Bush). The Stopper Plate use SS41 material . The holding plate for the Die (Lower Plate)

The results from our research

1.The efficiency of Punch and Die for round steel shaft with 20 mm in diameterAbility to cut the round steel shaft that has 20 mm in diameter up to the length of 90 mm (100 out of 100) The Plus and Minus of the roundness is 0.3 mm, and from our test is 0.04 mm is to be 100 of 100. The slope of the cutting surface is not more than 1 mm at the edge. 0.59 and 0.61 are measured from our test, calculated to be 100 out of 100. The vertical part of the shaft is 99.99% straight

2. The physical of Punch and Die for cutting round steel was tested from 3 experts show in the good level and Economical: in the moderate level of 3.33. Strength: is in the good of 4.22. Safety: is in the good level of 4.44.

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่ เดือน พ.ศ. 255.....

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน
(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

..... กรรมการ
(อาจารย์ โอบาส สุธรวาน)

.....กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความสามารถเป็นอย่างสูงจาก อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ และอาจารย์ โอภาส สุขหวาน กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่อง ดูแลให้กำลังใจและรักษาจิตภาพงานวิจัยของผู้วิจัยตลอดมา อีกทั้งยังประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้เพิ่มเติมในขณะดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณที่ผ่านมายิ่งนัก พร้อมกับขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงตลอดไป

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.อุพิทย สุวคันธกุล กรรมการที่ได้ให้ประสบการณ์ด้านการสอน โดยทำหน้าที่เป็นผู้สอนวิชาด้านอุตสาหกรรมคณะอุตสาหกรรมศึกษามหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อีกทั้งยังเสริมสร้างศักยภาพในด้านความรู้ต่างๆ และพัฒนาสิ่งที่มียู่เพียงเล็กน้อยของผู้วิจัยให้งอกงามอย่างพอเพียงตามห้วงเวลา

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ อัมพร กุญชรรัตน์ กรรมการ ที่กรุณาร่วมเป็นกรรมการสอบให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ให้กำลังใจและให้แนวคิดในการดำเนินงานและขั้นตอนเพื่อให้งานวิจัยมีความเป็นไปได้และมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ บริษัท เจ.พี.แอล (ไทยแลนด์) จำกัด ที่เอื้อเฟื้อสนับสนุนด้านข้อมูล อุปกรณ์วัดสำหรับงานวิจัย ตลอดจนคำปรึกษาทำให้งานวิจัยสำเร็จด้วยความเรียบร้อยยิ่ง อีกทั้งยังได้รับโอกาสทำหน้าที่เป็นผู้ทดสอบ และ ตรวจสอบ

ขอกราบขอบพระคุณ นายบุญเพ็ง ไชยเดช เจ้าของบริษัท บีพีเอส เอ็นจิเนียริง ที่ให้แนวคิดวิธีการตัดเหล็ก และการตัดเหล็กเพลากลมในเบื้องต้น

ขอกราบขอบพระคุณ นายวิศิษฐ์ คงลิขิต ที่ให้คำปรึกษาด้านข้อมูลสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณต่อ นายถาวร รัตนพันธ์ เจ้าของบริษัท ทีวีพีเอส จำกัด ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องของแม่พิมพ์ตัด ที่ได้แนะนำและอำนวยความสะดวกในทุก ๆ ด้าน

อนึ่งผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนและให้กำลังใจเป็นอย่างยิ่งจากคณาจารย์และกรรมการบริหารหลักสูตรสาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษาทุกท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณนิสิตรุ่นพี่เพื่อนร่วมรุ่นและรุ่นน้องปริญญโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษาทุกท่านที่ได้ให้กำลังใจและบุคคลอื่นๆ ที่ไม่สามารถกล่าวชื่อนามได้ทั้งหมด ที่มีส่วนช่วยเหลือแนะนำ สนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ท้ายที่สุดแล้วผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมารดา บิดาที่ให้การสนับสนุนการศึกษาแก่ลูกๆ ทุกคน ครู – อาจารย์อันเป็นที่เคารพรักสูงสุดที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และทั้งหมดได้ให้กำลังใจสนับสนุนจุดประกายการศึกษาของผู้วิจัยอย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ แม้พระคุณนั้นหาที่เปรียบมิได้ก็ตาม

๕๕๖ ๐๖๕๕๖๕๕๖

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ความหนาของผนังด้ายสัต่อตันของความดัน	20
2 แสดงค่าความเค้นอัดสูงสุดที่นิยมทำพันธ์	22
3 ผลการวัดประสิทธิภาพแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรยาว 90 มิลลิเมตร	61
4 ผลสรุปการวัดประสิทธิภาพแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรยาว 90 มิลลิเมตร	62
5 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะลักษณะทางกายภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรยาว 90 มิลลิเมตร	63
6 ผลสรุปการวิเคราะห์สมรรถนะลักษณะทางกายภาพของแม่พิมพ์ ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรยาว 90 มิลลิเมตร	64
7 ตรวจเช็คประสิทธิภาพแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรยาว 90 มิลลิเมตร	73
8 แบบประเมินสมรรถนะลักษณะทางกายภาพตัดเหล็กเพลากลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรยาว 90 มิลลิเมตร	74
9 ผลการประเมินสมรรถนะลักษณะทางกายภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ความยาว 90 มิลลิเมตร	75
10 เทียบความแข็งของเหล็ก	91
11 เทียบเกรดเหล็ก	92
12 เทียบเกรดเหล็ก	93
13 แสดงคุณสมบัติของเหล็กที่ใช้งาน	94

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตในประเทศไทยมีการพัฒนาและขยายตัวเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมด้านการผลิตรถยนต์ เครื่องจักรหรืออุตสาหกรรมด้านอื่นๆ ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมาจากโลหะซึ่งต้องผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการและมีคุณภาพและสิ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อกระบวนการผลิตชิ้นงานจากโลหะเพื่อใช้ในงานด้านวิศวกรรมก็คือ เครื่องจักร วัสดุ เครื่องมือ รวมถึงบุคลากรที่มีความชำนาญสูง

การตัดโลหะมักจะเป็นขั้นตอนแรกของการผลิตชิ้นงานซึ่งเป็นขั้นส่วนเครื่องจักรก่อนที่จะมีการผ่านกระบวนการขึ้นรูปวัสดุด้วยเครื่องจักรกลชนิดต่างๆ เช่น เครื่องกลึง (Lathing Machine) เครื่องไส (Shaping Machine) เครื่องเจาะ (Drilling Machine) ตลอดจนด้วยเครื่องจักรกลขั้นสูง (Computerized numerical control machine) และเครื่องจักรอื่นๆ อีกมากมายดังนั้นการตัดวัสดุจึงมีความจำเป็นอย่างมากในกระบวนการผลิตซึ่งการตัดมีด้วยกันหลายวิธีในแต่ละวิธีจะมีการแยกย่อยแล้วแต่ความจำเป็นของวัสดุที่จะต้องนำไปใช้งานตามลักษณะของชิ้นงานนั้นๆ ดังนี้ เช่นการตัดด้วยเลื่อยซึ่งเลื่อยก็มีหลายแบบ ตัดด้วยกระแสไฟฟ้า ตัดด้วยแก๊ส ตัดด้วยลำแสง ตัดด้วยน้ำที่มีความดันสูง ตัดด้วยกรรไกร ตัดด้วยหินเจียร์ และอื่นๆ อีกมากมายซึ่งการตัดแต่ละแบบมีการแยกย่อยกันไปขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับลักษณะของชิ้นงานที่จะนำไปใช้ ดังนั้นการเลือกวิธีการตัดจึงมีความจำเป็นอย่างมากบุคลากร จะเลือกวิธีการตัดโดยใช้ความชำนาญโดยคำนึงถึงความรวดเร็ว และคุณภาพงานที่ได้รวมถึงปัจจัยสำคัญคือต้องมีต้นทุนที่ต่ำลงด้วย

จากการศึกษาและสอบถาม บริษัท เจ พี แอล (ประเทศไทย) จำกัดซึ่งมีการตัดเหล็กเพลากลมเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ความยาวที่ 90 มิลลิเมตรเป็นวัสดุเหล็ก S 45 C ด้วยเลื่อย มีการผลิตแต่ละเดือนประมาณเดือนละ 500,000 ชิ้นเพื่อนำไปใช้เป็นชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ ทำให้การตัดเหล็กแบบเลื่อยไม่สามารถผลิตป้อนเครื่องจักรได้อย่างเพียงพอ และการตัดด้วยเลื่อยจะมีต้นทุนสูงเนื่องจากใบเลื่อยมีราคาสูงเมื่อเทียบราคาชิ้นงานที่ตัดต่อชิ้นและอีกอย่างคือการใช้งานของใบเลื่อยต่อหนึ่งใบสามารถตัดได้ ไม่เกิน 3,000 ชิ้นจะต้องเปลี่ยนใบเลื่อยใหม่เนื่องจากหมดความคม

ดังนั้นการใช้แม่พิมพ์ตัดเหล็กจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถตัดเพลากลมได้และเป็นกรรมวิธีการตัดที่ใช้กับงานจำนวนมากและวัสดุที่ใช้ต้องเป็นขนาดเดียวกัน แต่ในขณะเดียวกันต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของชิ้นส่วนแม่พิมพ์และสามารถตัดเหล็กที่มีความโตแตกต่างกันโดยการเปลี่ยนชิ้นส่วนบางชิ้นได้รวดเร็วรวมถึงการซ่อมบำรุงและรักษาได้ง่ายซึ่งแม่พิมพ์จะประกอบด้วยชุดตัดสองชุด ซึ่งมีชุดด้านบนและชุดด้านล่าง ลักษณะงานที่ได้จากการตัดคือลักษณะตัดเนียน การนำแม่พิมพ์ตัดเหล็กเอามาประยุกต์เพื่อใช้ตัดเหล็กเพลากลมเพื่อลดต้นทุน รวมทั้งช่วยลดเวลาที่ใช้ในการตัดเหล็ก

ลงกว่าการตัดเหล็กด้วยวิธีอื่นๆ โดยคำนึงถึงหลักการของแนวทางในการเลือกวิธีการการตัดในอุตสาหกรรมโดยประยุกต์

การวิจัยในครั้งนี้จะเป็นการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ที่มีประสิทธิภาพสามารถตัดเหล็กเพลากลมขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20.0 มิลลิเมตร
2. ประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ตัดเหล็กความตรงของเหล็กที่ตัดและความเอียงของเหล็กไม่เกิน 1.0 มิลลิเมตร/ด้าน และการเสียรูปทรงความกลมไม่เกิน 0.3 มิลลิเมตร
3. สมรรถนะลักษณะทางกายภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้แม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ที่สามารถนำไปใช้เพิ่มประสิทธิภาพในการตัดเหล็กขนาดเดียวกันได้เป็นจำนวนมาก
2. เพื่อเป็นแนวทางและรูปแบบวิธีการสร้างแม่พิมพ์ตัดเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ที่แตกต่างๆ ตามมาตรฐานเดียวกันและสามารถนำวิธีการออกแบบแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมไปสร้างแม่พิมพ์ชนิดอื่นๆ ได้

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 20.0 มิลลิเมตรชนิดของเหล็ก S 45 C ประกอบด้วยแม่พิมพ์ 2 ชุดดังนี้

1. แม่พิมพ์ตัดเหล็กชุดขึ้นซ์
 - 1.1 แผ่นรองรับชุดขึ้นซ์
 - 1.2 แผ่นล็อกเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร
 - 1.3 แผ่นขึ้นซ์
 - 1.4 แท่งยางยูริเทนกลม
 - 1.5 แผ่นนำร่องเพล
 - 1.6 แม่พิมพ์ตัดเหล็กชุดตายส์
 - 1.7 แผ่นรองรับชุดตายส์
 - 1.8 แผ่นล็อกเหล็กเพลากลมขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร

- 1.9 แผ่นด้ายส์
- 1.10 แท่งยางยูริเทนกลม
- 1.11 แผ่นนาร่องเพลลา
- 1.12 ตัวปรับระยะความยาวของเหล็ก

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร
 - 1.1 ความสามารถในการตัดเหล็กเพลากลมตามความยาวที่กำหนด
 - 1.2 การเสียรูปขนาดความกลม
 - 1.3 ความเอียงของพื้นที่ปลายหน้าตัด ทั้ง 2 ด้าน
 - 1.4 ความตรงของเหล็ก
2. สมรรถนะลักษณะทางกายภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร
 - 2.1 ลักษณะทางกายภาพด้านความประหยัด
 - 2.2 ลักษณะกายภาพด้านความแข็งแรง
 - 2.3 ลักษณะกายภาพด้านความปลอดภัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. แม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลม หมายถึง เครื่องมือตัดเหล็กเพลากลมที่มีความโตขนาด 20 มิลลิเมตรซึ่งประกอบด้วยกันสองชุดด้วยกันชุดบนเรียกว่า พันธ์ ส่วนชุดล่างเรียกว่า ดายส์
2. ประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร หมายถึง ความสามารถตัดเหล็กเพลากลมขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรตามมาตรฐานที่กำหนด ดังนี้
 - 2.1 ความสามารถในการตัดเหล็กเพลากลมตามความยาวที่กำหนด หมายถึง สามารถตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20.0 มิลลิเมตร ได้ยาว 90 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละร้อย
 - 2.2 การเสียรูปขนาดความกลม หมายถึง การยุบตัวที่เกิดจากการกระแทกอย่างรุนแรง แต่ความกลมไม่เกินกว่า 0.3 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละร้อย
 - 2.3 ความเอียงของพื้นที่ปลายหน้าตัด หมายถึง พื้นที่หน้าตัดเมื่อเกิดแรงเฉือนก่อนขาด จะทำให้พื้นที่หน้าตัดเอียงแต่ไม่เกิน 1.0 มิลลิเมตร / ข้าง คิดเป็นร้อยละร้อย
 - 2.4 ความตรงของเหล็ก หมายถึง ชิ้นงานถูกกระแทกแล้วไม่ทำให้เหล็กคดงอ คิดเป็นร้อยละศูนย์
3. สมรรถนะของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร หมายถึง คุณสมบัติและความสามารถของชิ้นส่วนประกอบมีความสมบูรณ์แบบและถูกต้องตามหลักการสร้างแม่พิมพ์ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญดังนี้

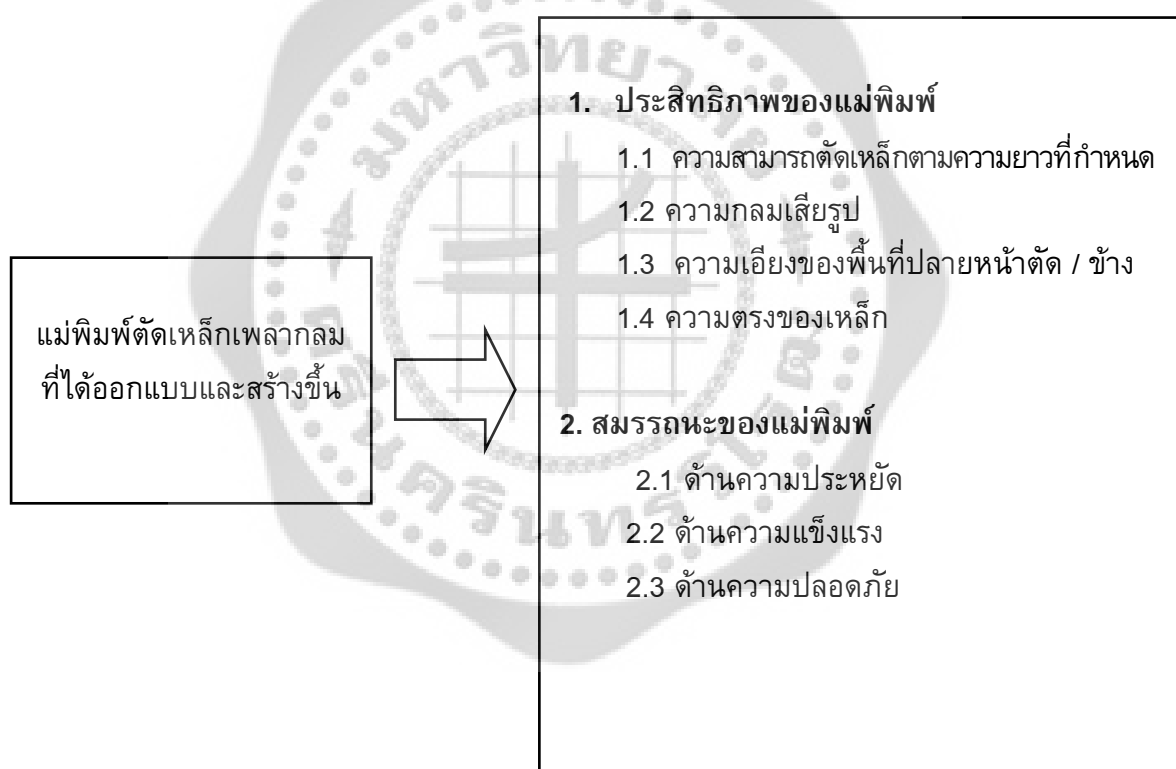
3.1 ด้านความประหยัด หมายถึง ต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าวิธีการอื่นรวมถึงวัสดุที่ใช้ราคาถูก

3.2 ด้านความแข็งแรง หมายถึง มีความคงทนต่อสภาวะต่างๆและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานในสภาพการทำงานนั้นๆ

3.3 ความปลอดภัย หมายถึง ชิ้นส่วนประกอบและอุปกรณ์ต่างๆเมื่อทำการตัดเหล็กจะไม่เกิดการแตกร้าวและไม่หลุดกระเด็นทำให้เกิดอันตราย

ลักษณะกายภาพทางด้านความประหยัดถึงรูปแบบและชิ้นส่วนต่างๆ รวมถึงวัสดุที่ใช้ถูกต้องตามหลักการด้านวิศวกรรมแม่พิมพ์รวมถึงความแข็งแรงชิ้นส่วนและกะทัดรัด

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

แม่พิมพ์ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างขึ้นสามารถใช้ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ยาว 90 มิลลิเมตร ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้และสามารถนำไปผลิตในขั้นตอนขึ้นรูปของงานกลึงได้ตามเกณฑ์ได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร
 - 1.1 สามารถตัดเหล็กเพลากลมขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรได้ยาว 90 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละร้อย
 - 1.2 ความกลมเสียรูปไม่เกิน 0.3 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละร้อย
 - 1.3 ความเอียงของพื้นที่ปลายหน้าตัดไม่เอียงเกิน 1 มิลลิเมตร / ช่าง คิดเป็นร้อยละร้อย
 - 1.4 ความตรงของเหล็กหลังตัดแล้วไม่คดงอ คิดเป็นร้อยละร้อย
2. สมรรถนะลักษณะทางกายภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ยาว 90 มิลลิเมตร
 - 2.1 ลักษณะทางกายภาพด้านความประหยัดอยู่ในเกณฑ์ดี
 - 2.2 ลักษณะกายภาพด้านความแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์ดี
 - 2.3 ลักษณะกายภาพด้านความปลอดภัยอยู่ในเกณฑ์ดี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

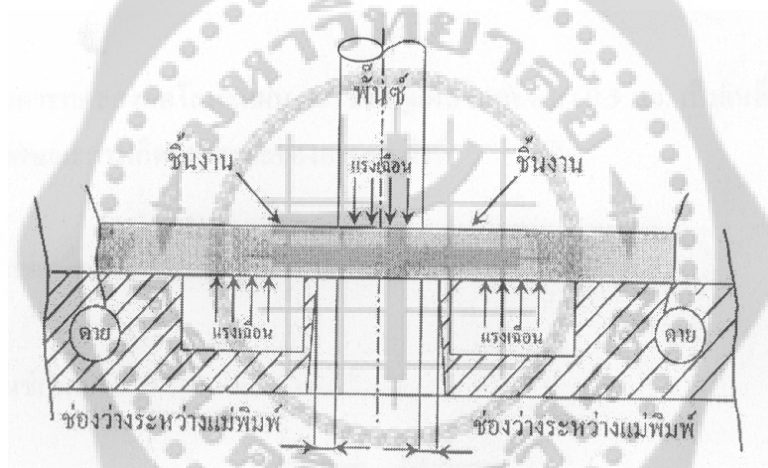
ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาและค้นคว้าเอกสารตำรางานวิจัยซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการทำวิจัยครั้งนี้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ได้ตั้งไว้โดยแยกเป็นหัวข้อดังนี้

1. กรรมวิธีขึ้นพื้นฐานของแม่พิมพ์ตัดโลหะ
2. ขั้นตอนการตัดโลหะด้วยแม่พิมพ์ตัดเหล็ก
 - 2.1 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานขณะเกิดแรงกระทำของแม่พิมพ์เมื่อพ้นชักตลง
 - 2.1.1 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานที่ระยะกินลึก 0.25 มิลลิเมตร
 - 2.1.2 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานที่ระยะกินลึก 0.64 มิลลิเมตร
 - 2.1.3 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานที่ระยะกินลึก 0.89 มิลลิเมตร
 - 2.1.4 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานที่ระยะกินลึก 1.27 มิลลิเมตร
 - 2.1.5 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานที่ระยะกินลึก 1.52 มิลลิเมตร
 - 2.2 ลักษณะทางกายภาพของแนวตัดเฉือนที่เกิดขึ้นในงานตัดโลหะของแม่พิมพ์
 - 2.2.1 ส่วนโค้งมน
 - 2.2.2 แนวเรียบตรง
 - 2.2.3 รอยฉีกขาด
 - 2.2.4 ส่วนที่เป็นครีป
3. ทฤษฎีในงานแม่พิมพ์เพื่อใช้ในการสร้างและออกแบบ
 - 3.1 ทฤษฎีแรงที่ใช้ในงานตัดโลหะแผ่น
 - 3.2 ทฤษฎีแรงที่ใช้ตัดโดยใช้ผิวหน้าตัดแบบราบ
 - 3.3 ทฤษฎีงานที่เกิดขึ้นจากการใช้ผิวหน้าคมตัดแบบราบ
 - 3.4 ทฤษฎีแรงที่ใช้ในการปลดชิ้นงาน
 - 3.5 ทฤษฎีแรงกระทำด้านข้างดายส์
 - 3.6 ทฤษฎีหาขนาดของรูสกรูและสลัก
 - 3.7 ทฤษฎีความแข็งแรงของพันธและการออกแบบพันธ
4. ทฤษฎีการออกแบบดายส์
 - 4.1 ความหนาของแผ่นดายส์
 - 4.2 การกำหนดพื้นที่ที่เผื่อไว้ด้านข้างแผ่นดายส์
 - 4.3 ความเสียหายเนื่องจากความเค้นแรงอัด
 - 4.4 ความเค้นอัดที่พันธได้รับทำให้พันธเกิดการโค้งงอ

- 4.5 แผ่นยึดชุดพั่นซ์
- 4.6 แผ่นยึดพั่นซ์
- 5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. กรรมวิธีขึ้นพื้นฐานของแม่พิมพ์ตัดโลหะ

ในกรรมวิธีการขึ้นรูปโลหะ การตัดถือว่าเป็นกรรมวิธีการขึ้นพื้นฐานที่สำคัญ โดยจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญต่างๆ คือ คมตัดสองส่วนในแม่พิมพ์ ได้แก่ ส่วนที่ 1 คือ คมตัดตัวผู้หรือพั่นซ์ (Punch) และส่วนที่ 2 คือ คมตัดตัวเมียหรือดายส์ (Die) โดยพั่นซ์และดายส์ก็จะมีช่องว่างระหว่างคมตัดหรือช่องว่างระหว่างแม่พิมพ์ (Clearance) เพื่อช่วยในการไหลตัวของวัสดุขึ้นงาน กรรมวิธีการตัดจะเริ่มขึ้นเมื่อพั่นซ์ทำการเคลื่อนที่ลงมาสัมผัสกับชิ้นงาน จนชิ้นงานขาดออกจากกันซึ่งแรงที่เกิดขึ้น ในกรรมวิธีการตัดชิ้นงานขาดออกจากกันคือแรงเฉือนดังแสดงในภาพประกอบ 2

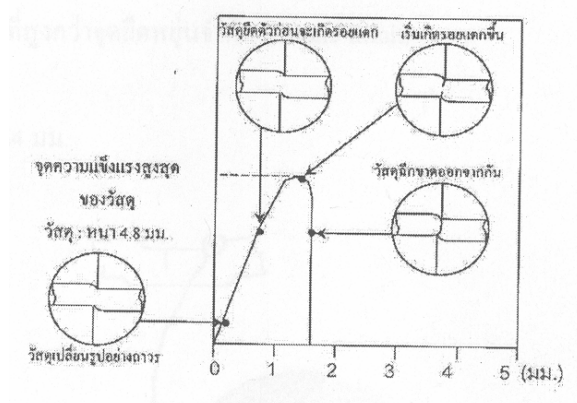


ภาพประกอบ 2 แสดงส่วนประกอบพื้นฐานของแม่พิมพ์ตัด

ที่มา: ธเนศ ลายเมฆ. (2539). พื้นฐานการออกแบบแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะ. หน้า 1.

2. ขั้นตอนการตัดโลหะด้วยแม่พิมพ์ตัดเหล็ก

การตัดจะเริ่มขึ้นเมื่อพั่นซ์เคลื่อนที่ลงมากดและสัมผัสชิ้นงาน ก็จะพาเนื้อวัสดุเข้าไปช่องว่างของดายส์เมื่อเลยจุดยืดหยุ่นจำกัด (Elastic Limit) ของวัสดุ ผิวด้านล่างของโลหะจะเริ่มไหลตัวเข้าไปในดายส์และส่วนผิวด้านบนก็จะถูกพั่นซ์กดลง เมื่อแรงกดเพิ่มขึ้นพั่นซ์จะเจาะเข้าไปในเนื้อวัสดุ โดยความลึกของส่วนที่ถูกกดจะเท่ากับส่วนที่ไหลเข้าไปในดายส์ทางด้านล่าง เมื่อแรงกดเพิ่มขึ้นจนเลยจุดความแข็งแรงทางดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength) โลหะก็จะฉีกขาดออกจากกัน ดังแสดงในภาพประกอบ 3



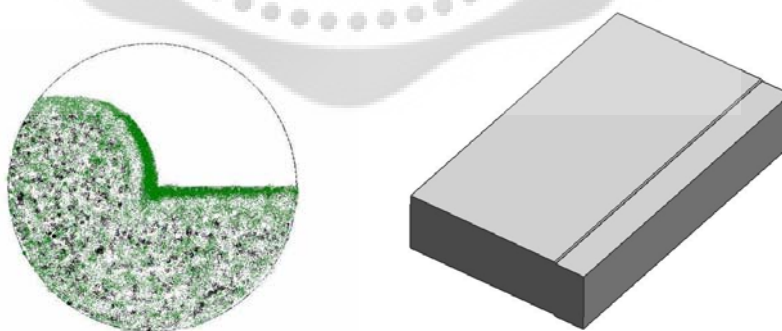
ภาพประกอบ 3 แสดงขั้นตอนในการตัดแผ่นโลหะ

ที่มา: ธเนศ ลายเมฆ. (2539). พื้นฐานการออกแบบแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปโลหะ. หน้า 3.

2.1 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานขณะเกิดแรงกระทำของแม่พิมพ์เมื่อพื้นที่กดลง

เมื่อพื้นที่กดลงมาสัมผัสกับผิวหน้าของแผ่นชิ้นงานจนกระทั่งเกิดการฉีกขาดที่แผ่นชิ้นงานอย่างสมบูรณ์ตัวอย่างการทดลองตัดโลหะแผ่น จะใช้วัสดุแผ่นโลหะหนา 9.5 มิลลิเมตร เป็นเหล็กกล้าผสมคาร์บอนต่ำรีดร้อน มีสเกลเกิดขึ้นที่ผิวหน้าทั้งสองด้าน โดยพื้นที่จะเริ่มดันกดแผ่นชิ้นงานลงมาเป็นระยะดังต่อไปนี้

2.1.1 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานที่ระยะกินลึก 0.25 มิลลิเมตร

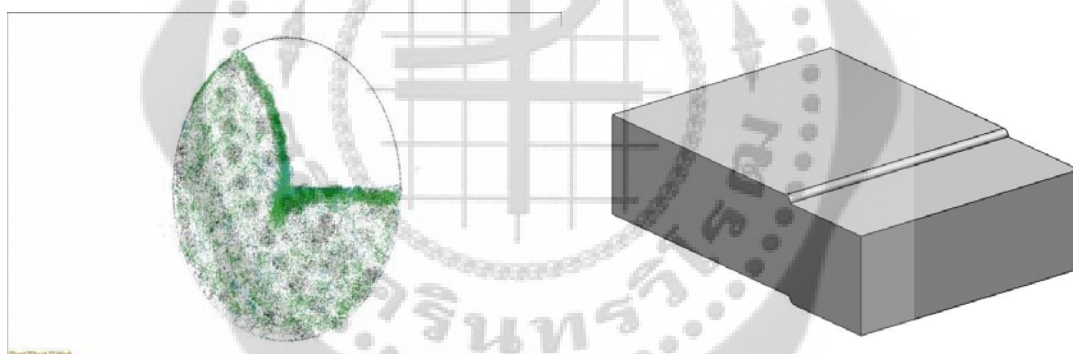


ภาพประกอบ 4 แสดงภาพขยายระยะกินลึก 0.25 มิลลิเมตร (200 เท่า)

ที่มา: ธเนศ ลายเมฆ. (2539). พื้นฐานการออกแบบแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปโลหะ. หน้า 4.

เมื่อพื้นผิวเกรนเข้าไปในเนื้อโลหะประมาณ 0.25 มิลลิเมตร เกรน (Grain) ที่อยู่รอบๆ พื้นที่บริเวณคมตัดของพื้นผิวจะเริ่มยืดตัวออก ซึ่งการยืดตัวของเกรนจะแสดงให้เห็นในระยะเกรนเล็กต่อไป การที่เกรนยืดตัวออกเช่นนี้เกิดขึ้นเนื่องจากมีความเค้นแรงดึง (Tensile Stress) จากภาพประกอบ 4 จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงอย่างถาวร (Plastic Deformation) ของโลหะบริเวณขอบคมพื้นผิว เนื่องจากพื้นที่บริเวณนี้จะได้รับแรงเค้นที่สูงกว่าจุดยืดหยุ่นจำกัด (Elastic Limit) แล้ว สำหรับพื้นที่บริเวณอื่นที่อยู่ห่างจากคมตัดออกไปเกรนบริเวณนั้นจะบิดตัวเสียรูปไปเพียงชั่วคราว เมื่อแท่งพื้นผิวกลับลงไปอยู่ในเนื้อโลหะประมาณ 0.25 มิลลิเมตรความเค้นที่เกิดขึ้นยังคงต่ำกว่าความแข็งแรงสูงสุด (ultimate strength) ของโลหะนั้นทั้งนี้เพราะว่ายังคงไม่มีรอยแตก (fracture) ปรากฏให้เห็น มีแต่การเปลี่ยนแปลงอย่างถาวรของโลหะ บริเวณคมตัดของพื้นผิวทำให้เกิดลักษณะโค้งมน (roll - over) และสภาพหน้าตัดเฉือนเริ่มปรากฏขึ้น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้จะเกิดขึ้นที่คมตัดของดาบส์ด้วยจะสังเกตได้ว่าเกรนที่อยู่ใต้ปลายแบนของแท่งพื้นผิวจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง เพราะโลหะส่วนนี้จะเคลื่อนตัวลงไปพร้อมกับแท่งพื้นผิว

2.1.2 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานที่ระยะเกรนเล็ก 0.64 มิลลิเมตร

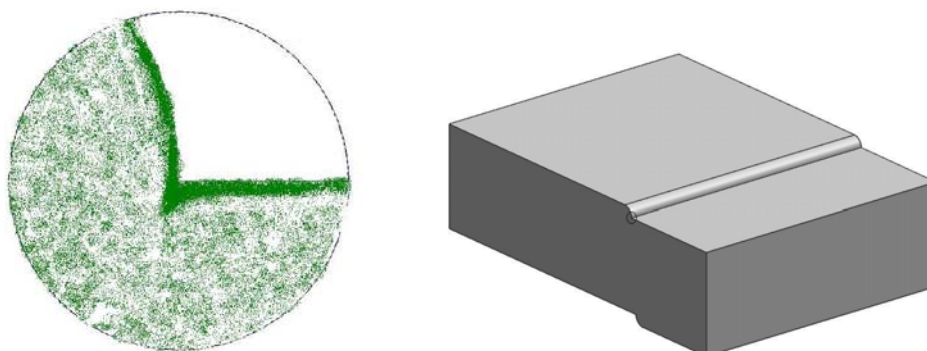


ภาพประกอบ 5 แสดงภาพขยายระยะเกรนเล็ก 0.64 มิลลิเมตร (200 เท่า)

ที่มา: ธเนศ ลายเมฆ. (2539). พื้นฐานการออกแบบแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปโลหะ. หน้า 4.

จากภาพประกอบ 5 เมื่อพื้นผิวเกรนลงไป 0.64 มิลลิเมตร เกรนที่ยืดตัวออกตามขอบคมตัดของพื้นผิวจะปรากฏตัวชัดมาก ระยะนี้ยังไม่มีการแตกร้าวของวัสดุ เกรนที่ยืดยังคงไม่มีการแตกร้าวของวัสดุ เนื่องจากความเค้นแรงดึงที่เกิดขึ้นยังต่ำกว่าความแข็งแรงทางดึงสูงสุดของวัสดุ

2.1.3 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานที่ระยะกินลึก 0.89 มิลลิเมตร

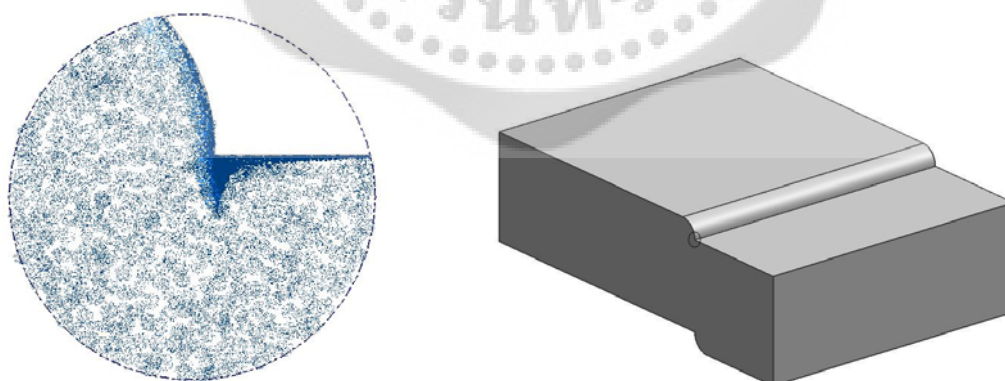


ภาพประกอบ 6 แสดงภาพขยายระยะกินลึก 0.89 มิลลิเมตร (200 เท่า)

ที่มา: ธเนศ ลายเมฆ. (2539). พื้นฐานการออกแบบแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปโลหะ. หน้า 5.

จากภาพประกอบ 6 เมื่อพื้นที่กินลึกลงไป 0.89 มิลลิเมตร ระยะการเกิดยึดตัวจากแรงดึง (Tensile Elongation) รุนแรงมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงอย่างถาวรก็มากขึ้นตาม แต่ที่ตำแหน่งนี้ความเค้นแรงดึงที่เกิดขึ้นยังคงต่ำกว่าความแข็งแรงทางดึงสูงสุดของวัสดุ ดังนั้น วัสดุจะยังไม่ฉีกขาดจากกัน

2.1.4 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานที่ระยะกินลึก 1.27 มิลลิเมตร

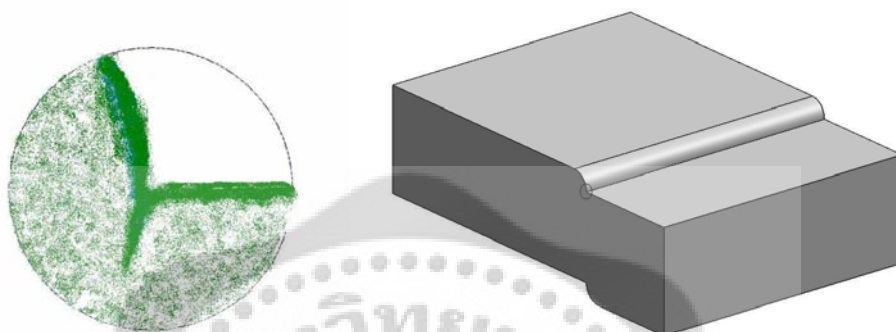


ภาพประกอบ 7 แสดงภาพขยายระยะกินลึก 1.27 มิลลิเมตร (200 เท่า)

ที่มา: ธเนศ ลายเมฆ. (2539). พื้นฐานการออกแบบแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปโลหะ. หน้า 5.

จากภาพประกอบ 7 เมื่อพื้นผิวถูกกดให้ลึก 1.27 มิลลิเมตร ความเค้นแรงดึงที่เกิดขึ้นมากกว่าความแข็งแรงทางดึงสูงสุดของวัสดุ สังเกตได้จากมีรอยแตกเล็กๆ เกิดขึ้นกับชิ้นงานตรงขอบคมตัดของพื้นผิว

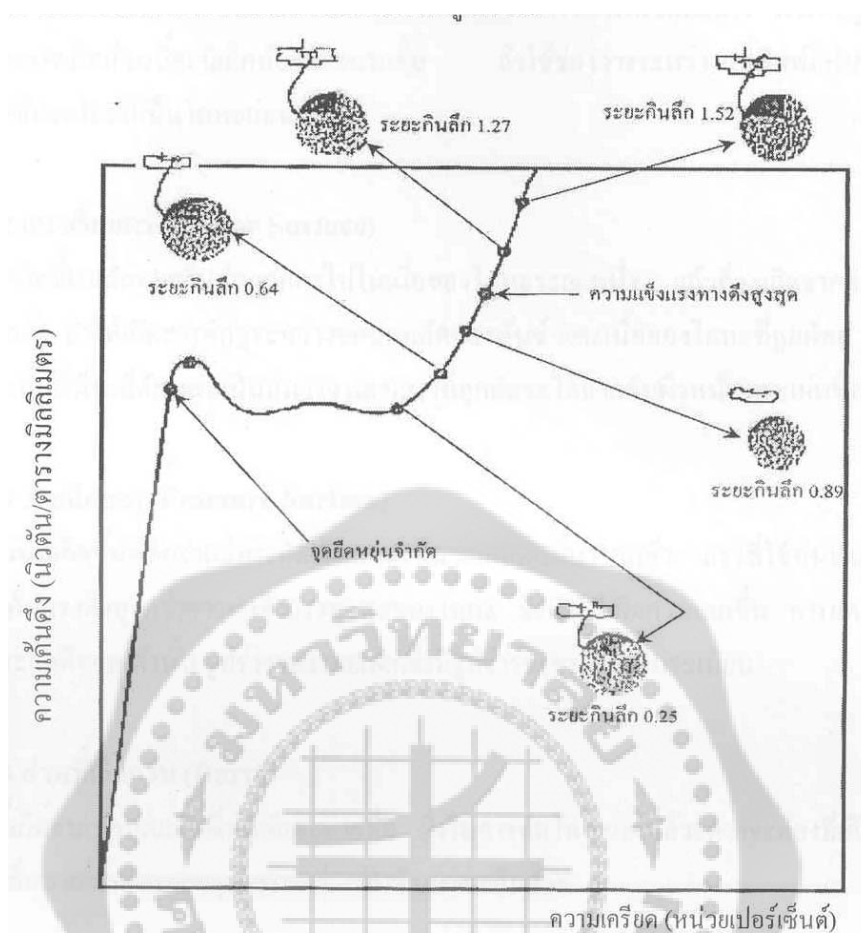
2.1.5 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานที่ระยะกินลึก 1.52 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 8 แสดงภาพขยายระยะกินลึก 1.52 มิลลิเมตร (200 เท่า)

ที่มา: ธเนศ ลายเมฆ. (2539). พื้นฐานการออกแบบแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปโลหะ. หน้า 5.

จากภาพประกอบ 8 เมื่อพื้นผิวถูกกินลึกลงไปประมาณ 1.52 มิลลิเมตร รอยแตกจะขยายใหญ่ขึ้นและมันจะเข้าไปอยู่ที่ขอบคมตัด ที่จุดนี้จะต้องเพิ่มแรงกดให้แก่พื้นผิวเล็กน้อย เพื่อให้ระยะแตกนั้นเกิดลึกมากขึ้น และในที่สุดก็จะพบกับรอยแตกที่ขอบคมตัดของดายส์ ทำให้ชิ้นส่วนที่ถูกตัดหลุดออกจากแผ่นวัสดุ เนื่องจากการเกิดสภาพของหน้าตัดเฉือนที่ขอบของชิ้นส่วนที่หลุดออกมาทำให้ชิ้นส่วนนั้นยึดติดกับรูดายจึงจำเป็นต้องเพิ่มแรงที่พื้นผิวอีกเล็กน้อย เพื่อดันให้ชิ้นงานนั้นหลุดออกมาในการเปรียบเทียบความเค้นที่เกิดขึ้นมากที่สุดที่ใช้ในการตัดแต่ละตำแหน่งได้แสดงให้เห็นโดยการใช้ไดอะแกรมความเค้น - ความเครียด ดังในภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น – ความเครียด ในระยะกักที่ต่างๆ กัน

ที่มา: ธเนศ ลายเมฆ. (2539). พื้นฐานการออกแบบแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปโลหะ. หน้า 3.

2.2 ลักษณะทางกายภาพของแนวตัดเฉือนที่เกิดขึ้นในงานตัดโลหะของแม่พิมพ์

ขอบตัดที่เกิดขึ้นจะมีส่วนต่างๆ จากภาพประกอบที่ 10

2.2.1 ส่วนที่โค้งมน (Die Roll)

ส่วนนี้จะเกิดขึ้นเมื่อพื้นที่กดขึ้นงานให้ไหลตัวลงในช่องว่างของพื้นที่และตายส์ ทำให้มีรูปร่างคล้ายกับกันจางการเกิดส่วนนี้จะมีเล็กน้อย และมากขึ้น ถ้าใช้ช่องว่างระหว่างแม่พิมพ์ มีค่าสูงหรือโลหะที่นำมาใช้ประโยชน์เป็นโลหะอ่อน

2.2.2 แนวเรียบตรง (Shear Surface)

ส่วนที่เกิดขึ้นหลังจากพื้นที่ถูกกดลงไปเนื้อของโลหะระยะหนึ่ง แล้วก็จะเกิดจากตัดเฉือนขึ้นงานในแนวตั้ง ทำให้เกิดการขัดถูระหว่างขอบคมตัดของพื้นที่ และเนื้อของโลหะที่ถูก

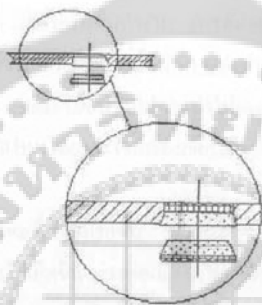
ตัดส่วนที่ถูกตัดตรงบริเวณพื้นที่นี้จะมีลักษณะเป็นมันวาวและแนวที่ถูกตัดจะได้ฉากกับผิวหน้าของแผ่นชิ้นงาน

2.2.3 รอยฉีกขาด (Fracture Surface)

เป็นส่วนที่เกิดขึ้นหลังจากมีการตัดเฉือน ของพื้นชั้นบนแผ่นชิ้นงานแล้ว แรงที่ใช้บนพื้นชั้นจะทำให้เกิดความเค้นแรงดึงสูงกว่าความแข็งแรงสูงสุดของโลหะ จึงทำให้เกิดการแตกขึ้น การแตกจะเกิดขึ้นในลักษณะถูกดึงขาด ดังนั้น รูปร่างของรอยแตกจึงมีรูปร่างขรุขระไม่เป็นระเบียบ

2.2.4 ส่วนที่เกิดครีบ (Burr)

ส่วนนี้เกิดจากของคมตัดที่พื้นชั้นและตายที่อซึ่งในการตัดโลหะแผ่นด้วยดาบสจะต้อง มีเกิดขึ้น ถ้าขอบคมตัดที่คมมากจะเกิดรอยขรุขระระหว่างพื้นชั้นและดาบสอีกด้วย



ภาพประกอบ 10 แสดงส่วนต่างๆ ของชิ้นงานที่ได้จากกรรมวิธีการตัด

ที่มา: จุลศิริ ศรีงานผ่อง. (2540). วิศวกรรมงานแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะแผ่นเบื้องต้น. หน้า 71.

3. ทฤษฎีในงานแม่พิมพ์เพื่อใช้ในการสร้างและออกแบบ

3.1 ทฤษฎีหาแรงที่ใช้ตัดโลหะแผ่น

แท่งพื้นชั้นและดาบที่ใช้ตัดโลหะแผ่นส่วนใหญ่มักจะมีปลายคมตัดแบนราบ คือ ทำมุม 90 องศา กับเส้นผ่านศูนย์กลางของดาบส ขณะที่แม่พิมพ์เริ่มต้นทำงาน การตัดจะเริ่มตันขึ้นที่เส้นรอบรูปของพื้นชั้นอย่างต่อเนื่อง และผลเช่นเดียวกันนี้ก็จะเกิดที่ดาบสเหมือนกัน แท่งพื้นชั้นและดาบสที่มีปลายคมตัดแบนราบเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square ended) เมื่อนำไปตัดจะทำให้เกิดการบิดงอขึ้นบนแผ่นชิ้นงานน้อยที่สุด และยังง่ายต่อการนำไปลับคมตัดใหม่ โดยการใช้เครื่องเจียรในผิวหน้าอีกด้วย

บางโอกาสเมื่อต้องการจะตัดโลหะที่หนามากขึ้น จำเป็นจะต้องลับคมตัดของแท่งพื้นชั้นและดาบสใหม่ให้เป็นมุม ทั้งนี้ ก็เพื่อให้การตัดได้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตามเส้นรอบรูป การที่คมตัดของแท่งพื้นชั้นและดาบสถูกตัดเอียงเป็นมุมนี้ได้ถูกเรียกการตัดนั้นว่า การตัดเฉือน (Shear) กรรมวิธีการตัดโลหะบนดาบสทุกกรรมวิธีจะมีการยึดติดระหว่างโลหะแผ่นกับผนังของพื้นชั้น ดังนั้น จึงต้องมี

การนำเอาโลหะแผ่นออกจากพื้นซ์ โดยใช้แผ่นปลดชิ้นงาน (Stripping) ในที่นี้จะขอล่าถึงวิธีการคำนวณหาแรง และพลังงานที่ใช้ในการตัด ซึ่งมีดังต่อไปนี้

- แรงที่ใช้ตัดโดยใช้ผิวหน้าคมตัดแบนราบ (Cutting force with square faces)
- แรงดันแผ่นชิ้นงานให้หลุดออก (Stripping force)
- งานหรือพลังงานที่ใช้
- สูตรต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณในบทนี้สามารถที่จะนำไปดัดแปลงสับเปลี่ยนใช้ได้

กับกรรมวิธีการตัดทุกกรรมวิธี

การคำนวณหาแรงที่ใช้ตัดก็เพื่อใช้ประโยชน์ในการเลือกขนาดจำนวนตัดที่เหมาะสม (Proper Tonnage) ของเครื่องปั๊มโลหะงานหรือพลังงานที่ใช้ในการตัดถูกคำนวณเพื่อเลือกขนาดล้อตุนกำลังของเครื่อง (Press flywheel size) แรงดันแผ่นชิ้นงานให้หลุดออกได้ถูกคำนวณขึ้นมาเพื่อต้องการที่จะทราบขนาดและการอัดตัวของสปริงที่ขายส์ หรือใช้เลือกขนาดของยางยูริเทน หรือขนาดของท่อลม (Air cylinder) ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้จะเป็นตัวบังคับให้แผ่นต้นชิ้นงานทำงาน

3.2 ทฤษฎีแรงที่ใช้ตัดโดยใช้ผิวหน้าตัดแบบราบ

วิธีการโดยทั่วไปที่ใช้ในการคำนวณหาแรงก็คือการคูณความดันด้วยพื้นที่ สูตรแบบนี้ มักจะใช้กับการคำนวณเกี่ยวกับของเหลวหรือแก๊ส สำหรับความดันที่ใช้ในวัสดุของแข็งหรือโลหะจะใช้ความเค้น ซึ่งมีหน่วย นิวตัน ต่อตารางมิลลิเมตรแทน การหาสูตรสำหรับแรงที่ใช้ตัดโดยใช้ผิวหน้าคมตัดแบนราบ คำนวณได้ดังนี้ [2]

สูตรทั่วไป

$$F = S_s RT$$

สูตรสำหรับตัดรูสี่เหลี่ยม

$$F = 2S_s (L+W) t$$

สูตรสำหรับตัดรูกลม

$$F = S_s \pi D t$$

เพลาลูกกลมหคาร์บอน 0.3 % ขนาดความโต 20 มิลลิเมตรจงหาแรงตัดเฉือนจะต้องใช้แรงในการตัดดังนี้

สูตร
$$F = \frac{48 \times 3.141 \times 20 \times 20}{4}$$

4

$$= 15076.8 \text{ กิโลกรัม / ตารางมิลลิเมตร}$$

ต้องใช้แรงในการตัด = 15076.8 กิโลกรัม / ตารางมิลลิเมตร
โดยที่

F	คือ แรงที่ใช้ตัด	กิโลกรัม/ตารางมิลลิเมตร
S_s	คือ ความแข็งแรงเฉือน	กิโลกรัม/ตารางมิลลิเมตร
D	คือ เส้นผ่านศูนย์กลางที่ถูกตัด	หน่วยเป็นมิลลิเมตร
T	คือ ความหนาของโลหะแผ่น	หน่วยเป็นมิลลิเมตร
R	คือ เส้นรอบรูปของการตัดรูกลม	หน่วยเป็นมิลลิเมตร
W	คือ ความกว้างของการตัด	หน่วยเป็นมิลลิเมตร
L	คือ ความยาวของการตัด	หน่วยเป็นมิลลิเมตร

3.3 ทฤษฎีงานที่เกิดขึ้นจากการใช้ผิวหน้าคมตัดแบนราบ (Work with square face)

งานที่ต้องการใช้ในการตัด หาได้จากแรงเฉื่อยที่ใช้คูณด้วยระยะทางที่กระทำผ่านแรงนั้นเขียนเป็นสูตรได้คือ

$$\text{งาน} = \text{แรงเฉื่อย} \times \text{ระยะทาง}$$

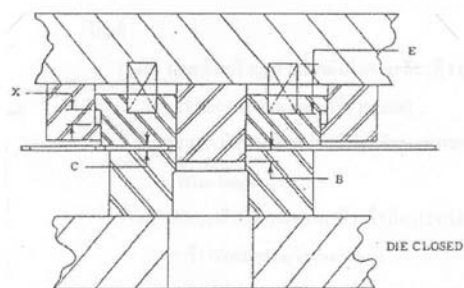
ระยะทางที่ทำให้เกิดงานนั้นก็คือ ระยะที่พินช์กินลึกลงไปเนื้อโลหะจนกระทั่งเกิดการแตกอย่างสมบูรณ์ ระยะที่พินช์กินลึกลงไปเนื้อโลหะหาได้จากเปอร์เซ็นต์ระยะกินลึกของวัสดุต่างๆ (Percent Penetration) ในตารางที่แสดงในหนังสือทางด้านการขึ้นรูปโลหะแผ่น ซึ่งแท่งพินช์จะไม่ตัดลงไปเนื้อโลหะแผ่นจนกระทั่งถึงความหนาของโลหะแผ่น แรงที่จะใช้หยุดทันทีที่ศูนย์เมื่อแท่งพินช์และดาบพบกัน การแตกที่ขอบตัดของโลหะแผ่น สูตรที่ใช้สำหรับคำนวณหางานเมื่อตัดโลหะแผ่นคือ งาน = แรงที่มากที่สุด x ระยะกินลึก x ความหนาของโลหะแผ่น

สูตรสำหรับการหางานที่ใช้ [2]

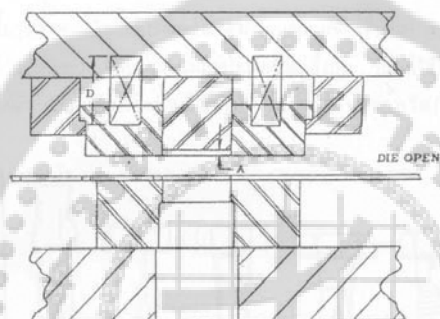
$$W = FPT$$

W	คือ	งาน
F	คือ	แรงที่เกิดขึ้นมากที่สุด
P	คือ	เปอร์เซ็นต์ระยะกินลึก
T	คือ	ความหนาของโลหะแผ่น

3.4 ทฤษฎีแรงในการปลดแผ่นชิ้นงาน (Stripping force)



(ก) คายปิด



ภาพประกอบ 11 แสดงรูปแบบของสปริงที่ใช้กับแผ่นปลดชิ้นงาน

ที่มา: จุลศิริ ศรีงานพ้อง. (2546). เอกสารประกอบการสอน TME 437 Sheet Metal Die Design. หน้า 6.

ในขณะที่ตัดชิ้นงาน ความเครียดที่เกิดขึ้นทำให้เกิดความเค้นในแนวรัศมีระหว่างพื้นที่กับแผ่นวัตถุดิบ และระหว่างแผ่นกับดายส์ แม้ว่าสิ้นสุดการทำงานแล้วความเค้นนี้ก็ไม่หมดไป ผลที่เกิดขึ้นก็คือ ทำให้มีแรงเสียดทานระหว่างที่พื้นที่ถอยกลับ แรงนี้เรียกว่า แรงปลดแผ่นชิ้นงาน (Stripping force) การคำนวณหาแรงในการปลดแผ่นชิ้นงานได้อย่างแม่นยำมีผลต่อการทำงานมาก แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติมักทำได้ไม่เสมอไป เนื่องจากมีองค์ประกอบมากมายที่มีผลต่อความแม่นยำในการคำนวณและเมื่อคำนวณได้แล้วก็จะใช้ได้เฉพาะงานเท่านั้นไม่สามารถนำมาเอาไปใช้กับงานอื่นๆ ได้

องค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อแรงในการปลดชิ้นงาน

- 1) วัตถุดิบ : วัตถุดิบที่มีความเสียดทานมากและวัตถุดิบที่มีแนวโน้มจะติดกับวัตถุดิบได้ง่ายจะทำการปลดชิ้นงานได้ยาก
- 2) สภาพของคมตัด : เมื่อคมตัดมีความคมจะใช้แรงในการปลดแผ่นชิ้นงานน้อยลง

3) ผิวด้านข้างของพื้น : พื้นด้านข้างที่มีผิวเรียบจะทำการปลดแผ่นชั้นงานได้ง่ายกว่าพื้นที่มีผิวด้านข้างไม่เรียบ

4) ระยะห่างระหว่างพื้น : เมื่อมีพื้นอยู่ใกล้กันต้องใช้แรงในการปลดแผ่นชั้นงานมากขึ้น

5) พื้นที่ของวัตถุที่ ต้องการปลดชั้นงาน : วัตถุชนิดเดียวกัน 2 ชิ้น ความหนาเท่ากัน แต่มีขนาดต่างกันนำมาเจาะรูที่มีขนาดเท่ากัน ดังนั้น จึงสามารถใช้แม่พิมพ์ชุดเดียวกันได้ และแรงที่ต้องการใช้ในการตัดก็มีค่าเท่ากัน แต่อย่างไรก็ตามวัตถุชิ้นที่มีขนาดใหญ่กว่า ต้องใช้แรงในการปลดมากกว่า เนื่องจากมีพื้นที่ของวัตถุที่อยู่รอบพื้นมากกว่าจึงมีแรงรัดรอบพื้นมากกว่า

6) นอกจากนั้นแล้วยังมีช่องว่างระหว่างพื้นกับตายส์ ความหนาของวัตถุและสมบัติเชิงกลของวัตถุ

สมการที่ใช้ในการหาแรงปลดชั้นงาน

$$P_s = \frac{2.5Rt}{1000}$$

เมื่อ P_s คือ แรงในการปลดแผ่นชั้นงาน
 R คือ เส้นรอบรูปของแผ่นชั้นงาน
 T คือ ความหนาของแผ่นชั้นงาน

3.5 ทฤษฎีแรงกระทำด้านข้างตายส์

เมื่อทำการตัดเฉือนชั้นงานแบบตัดตรง สามารถคำนวณหาแรงกระทำด้านข้างตายส์

ได้จากสูตร

$$\frac{C}{t - P} = \frac{F^H}{F_v}$$

โดยที่

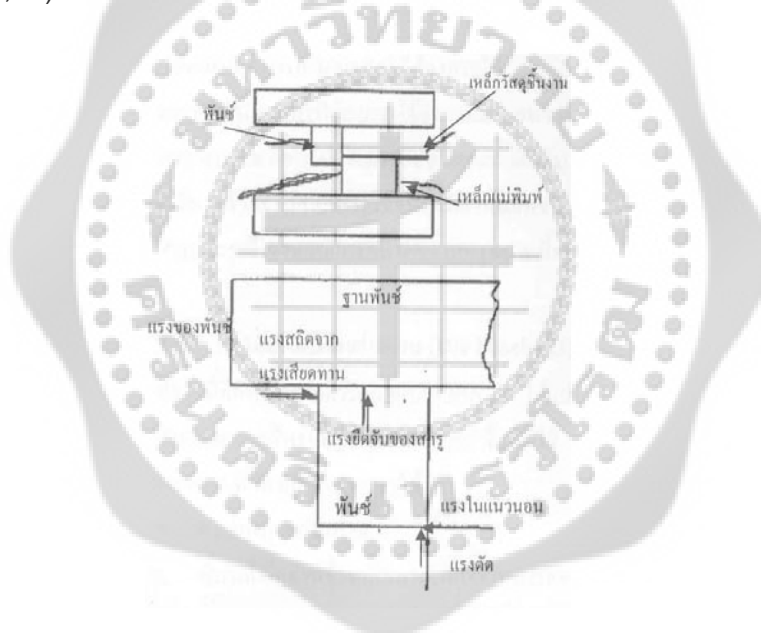
P คือ ระยะกินลึก
 C คือ ช่องว่างแม่พิมพ์
 F_v คือ แรงตัด
 F_H คือ แรงกระทำด้านข้างแม่พิมพ์
 T คือ ความหนาของแผ่นชั้นงาน

3.6 ทฤษฎีหาขนาดของสกรู และสลัก

ในการคำนวณหาจำนวนสกรูที่ต้องการใช้งาน ก็เพื่อป้องกันการเลื่อนตัวของแม่พิมพ์อันเนื่องจากแรงกระทำด้านข้าง และป้องกันการเกิดความเค้นกระทำบนลำตัวสลักมากเกินไป สลักจะทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของแม่พิมพ์เท่านั้น ดังนั้น การเลื่อนตัวของแม่พิมพ์ตัดควรถูกป้องกันเอาไว้ เพื่อรักษาขนาดช่องว่างของแม่พิมพ์ให้เหมาะสมตลอดเวลา ขั้นตอนการคำนวณหาขนาดของสกรูที่ต้องใช้มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เขียนรูปแบบแสดงแรงซึ่งเป็นการตัดแบบใช้พิมพ์ตัดขาดมีเส้นตัดเพียงแค่เส้นเดียว (Cutoff die) ดังในภาพประกอบ 11

ขั้นตอนที่ 2 เพื่อการป้องกันการเลื่อนตัวของพื้นที่ แรงเนื่องจากความเสียดทานหนึ่ง (Static friction, F') จะต้องมากกว่าแรงกระทำต่อพื้นที่ในแนวนอนดังนั้น



ภาพประกอบ 12 แสดงแรงกระทำต่อพื้นที่

ที่มา: จุลศิริ ศรีงานผ่อง. (2540). วิศวกรรมงานแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะแผ่นเบื้องต้น. หน้า 72.

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการคำนวณหาพื้นที่ของสกรูที่ต้องการใช้งาน ในการคำนวณหาพื้นที่ของสกรูที่ต้องใช้งาน ต้องรู้ค่าความเค้นสำหรับความปลอดภัยของสกรู ดังนั้น จะต้องคำนวณหาพื้นที่ของสกรูที่ต้องการใช้งาน

$$\text{พื้นที่ของสกรูที่ต้องการใช้งาน} = \frac{\text{แรงในการยึดจับของสกรู}}{\text{ค่าความเค้นสำหรับความปลอดภัยของสกรู}}$$

ขั้นตอนที่ 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่โคนเกลียว (Root diameter) ของสกรู จะเป็นจุดที่วัดได้ง่าย ดังนั้น จะต้องคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคนเกลียว

$$\text{พื้นที่} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times \text{Area}}{\pi}}$$

โดยที่ D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคนเกลียว

ขั้นตอนที่ 5 การคำนวณสกรูที่ต้องการใช้จำแนกตามขนาดของสกรูได้ในหลายขนาด จำนวนสกรู 2 ตัว ไม่สามารถจะช่วยให้เกิดการสมดุลของแรงยึดจับ สำหรับพื้นที่ที่มีขนาดยาว และแคบควรต้องใช้สกรู 4 ถึง 5 ตัว ส่วนสลักควรใช้ขนาดเดียวกันกับขนาดของสกรูที่เลือกใช้ ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดความสะดวกในการเจาะรู ซึ่งจำนวนและขนาดของสกรูขนาดนี้จะถูกเลือกใช้เพื่อการยึดจับบนด้ายส์ เช่นเดียวกัน

4. ทฤษฎีออกแบบแผ่นด้ายส์ (Design Die Plate)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบแผ่นด้ายส์ ได้แก่ ขนาดความหนาของชิ้นงาน ขนาดชิ้นงาน ความซับซ้อนของเส้นรอบรูป ชนิดของแม่พิมพ์ที่ใช้ และจำนวนเกลียวและสลักบนแผ่นด้ายส์ ขนาดของแผ่นด้ายส์ ที่ต้องถูกคำนวณหาได้แก่

1. ความหนาของผนังด้ายส์
2. พื้นที่ที่เผื่อด้านข้างแผ่นด้ายส์ เพื่อใช้ในการติดตั้งสลักเกลียว และสลักเพื่อยึดแผ่นปลดชิ้นงาน (stripper plate) และแผ่นยึดด้ายส์ (Die holder)
3. ความหนาของขอบคมตัดที่ปากด้ายส์
4. มุมเอียงที่รูในของด้ายส์ที่เผื่อๆ ไว้สำหรับนำชิ้นงานที่ได้จากการตัดให้หลุดออกจากด้ายส์

4.1 ความหนาของแผ่นด้ายส์

ความหนาของแผ่นด้ายส์จะเป็นตัวกำหนดความแข็งแรงของแผ่นด้ายส์ที่ต้องรับแรงที่เกิดขึ้นจากการตัด ซึ่งในการเลือกใช้ความหนาของแผ่นด้ายส์อยู่หลายวิธี ดังนี้

1. กำหนดจากความหนาของแผ่นชิ้นงานที่นำตัด

- ให้ใช้ข้อมูลในตารางที่ 1 ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นชิ้นงาน และค่าความแข็งแรงเฉือนของโลหะ (Shear strength) ของวัสดุชิ้นงานที่นำมาตัด โดยทั่วไปแผ่นดายส์จะต้องมีความหนาไม่ต่ำกว่า 0.16 มิลลิเมตร

- จากข้อมูลในตารางที่ 1 จะถูกใช้กับแผ่นดายส์ที่มีขนาดเล็กที่มีเส้นรอบรูปการตัด 50.8 มิลลิเมตร หรือน้อยกว่า ส่วนแผ่นดายส์ที่มีขนาดใหญ่กว่านี้ ความหนาที่ระบุในตารางจะต้องคูณด้วยค่าปรับในตาราง

- ข้อมูลนี้จะใช้กับแผ่นดายส์ที่ทำจากวัสดุเหล็กกล้าเครื่องมือ (Tool steel) ที่ต้องผ่านกรรมวิธี การปาดผิวและอบชุบมาแล้ว แต่ถ้าเป็นเหล็กกล้าเจือชนิดพิเศษ ความหนาของ (Die holder) ที่ใช้จะลดลงอีก

- กรณีที่แผ่นดายส์ได้ถูกติดตั้งไว้บนแผ่นยึดดายส์ที่มีความหนาและราบเรียบอย่างเพียงพอ ความหนาของแผ่นดายส์ที่แสดงไว้ในตาราง สามารถที่จะลดลงได้อีก 30 เปอร์เซ็นต์

- ควรเผื่อขนาดสำหรับการเจียระไนที่ความหนาของดายส์ 2.5 ถึง 5 มิลลิเมตรไว้ด้วย

ตาราง 1 ความหนาของแผ่นดายส์ต่อตันของความดัน

ความหนาของชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความหนาของดายส์ (มิลลิเมตร)	ความหนาของชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความหนาของดายส์ (มิลลิเมตร)
0.25	1.00	1.52	3.81
0.50	1.52	1.77	4.19
0.76	2.15	2.03	4.57
1.01	2.79	2.28	4.82
1.27	3.30	2.54	5.08

ที่มา: จุลศิริ ศรีงานผ่อง. (2540). วิศวกรรมงานแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะแผ่นเบื้องต้น. หน้า 74.

2. กำหนดจากเส้นรอบรูปชิ้นงานที่ถูกตัด

- ถ้าเป็นรอบรูปชิ้นงานที่ขนาดความยาวไม่มากกว่า 75 มิลลิเมตร ควรใช้ความหนาของแผ่นดายส์ 15 มิลลิเมตร

- ถ้าเส้นรอบรูปชิ้นงานที่ขนาดความยาว 75 – 250 มิลลิเมตร ควรใช้ความหนาของแผ่นดายส์ 25 มิลลิเมตร

- ถ้าเส้นรอบรูปชิ้นงานมีขนาดความยาวกว่า 250 มิลลิเมตร ควรใช้ความหนาของแผ่นดายส์ 30 มิลลิเมตร

4.2 การกำหนดพื้นที่ที่เผื่อไว้ด้านข้างของแผ่นดายส์

เป็นระยะ A ที่แสดงไว้ในภาพประกอบ ที่ 13 ซึ่งเผื่อไว้สำหรับการติดตั้งสลักเกลียว และสลักเพื่อยึดแผ่นปลดชิ้นงาน (Stripper) และแผ่นยึดดายส์ (Die holder) ขนาดของระยะ A จะมีดังนี้

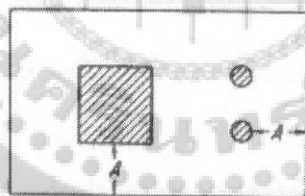
1. กรณีดายส์มีขนาดเล็กระยะ A จะเท่ากับ 1.5 ถึง 2 เท่าของความหนาของดายส์
2. กรณีดายส์มีขนาดใหญ่ ระยะ A จะเท่ากับ 2 ถึง 3 เท่า ของความหนาของดายส์

ความสูงของขอบคมตัดที่ปากดายส์

ที่ปากดายส์ควรจะทำให้มีความสูงของขนาดส่วนตรง (h) ไม่เกิน 3.17 มิลลิเมตร ทั้งนี้ เพื่อเผื่อเอาไว้สำหรับการเจียรในลับดายส์ให้คมเมื่อดายส์เกิดเสื่อมความคม

มุมหลบที่รูในของดายส์ (α)

ควรทำมุมหลบที่รูในของดายส์เอียงเป็นมุม $\frac{1}{2} - 2$ องศาต่อด้านทั้งนี้ เพื่อให้ชิ้นงาน ที่ได้จากการตัดหลุดออกมาได้ง่าย



ภาพประกอบ 13 แสดงค่าระยะเผื่อด้านข้างของดายส์ซึ่งระยะ A จะต้องไม่น้อยกว่า 1.5 ถึง 2 เท่าของความหนาของชิ้นงาน

ที่มา: จุลศิริ ศรีงานพ้อง. (2540). วิศวกรรมงานแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะแผ่นเบื้องต้น. หน้า 74.

ทฤษฎีสูตรการคำนวณความแข็งแรงของพันธ์ และการออกแบบพันธ์

4.3 ความเสียหายเนื่องจากความเค้นอัด

เมื่อพันธ์กดตัววัสดุ จะทำให้เกิดความเค้นอัดกระทำต่อพันธ์ ความเค้นอัดนี้อาจก่อให้เกิดความเสียหายขึ้นกับพันธ์ได้สองลักษณะ คือ ความเค้นอัดที่พันธ์ได้รับสูงกว่าขีดจำกัด

ความเค้นอัดสูงสุดของวัสดุ กรณีนี้จะเกิดกับพื้นที่ที่มีขนาดหน้าตัดเล็กแต่ใช้ตัดหรือเจาะวัสดุที่หนาๆ จะทำให้ความเค้นอัดที่เกิดขึ้นกับพื้นที่มีค่าสูงกว่าขีดจำกัด ความเค้นอัดสูงสุดของวัสดุที่ใช้ทำพื้นที่ ในกรณีที่พื้นที่มีหน้าตัดเป็นวงกลม จะสามารถคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุดที่สามารถตัด เจาะวัสดุโดยที่พื้นที่ไม่แตกหัก ได้ดังนี้

$$F_C = \frac{\pi}{4} d^2 S_C$$

$$P = \pi dt S_s$$

$$\text{แต่ } F_C = P$$

$$\frac{\pi}{4} d^2 S_C = \pi dt S_s$$

$$d = \frac{4tS_s}{S_C}$$

โดยที่	d	คือ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูที่เล็กที่สุด (มิลลิเมตร)
	t	คือ	ความหนาของแผ่นชิ้นงาน (มิลลิเมตร)
	SS	คือ	ความเค้นเฉือนของวัสดุชิ้นงาน
	SC	คือ	ความเค้นอัดของวัสดุทำพื้นที่
	P	คือ	แรงที่ใช้ในการตัด
	FC	คือ	แรงอัดที่เกิดขึ้น

สำหรับความเค้นอัดสูงสุดที่นิยมทำพื้นที่ได้แสดงไว้ในตาราง 2

ตาราง 2 แสดงค่าความเค้นอัดสูงสุดที่นิยมทำพื้นที่

วัสดุ	ค่าความเค้นอัดสูงสุด
ทังสเตนคาร์ไบด์ (Tungsten carbide; 89.5 WC-10.5 CO)	450 กก./มิลลิเมตร ²
เหล็กกล้ารอบสูงแบบผงอัด (Powered high speed steel; steel; HAP)	445-458 กก./มิลลิเมตร ²
เหล็กกล้ารอบสูง (High speed steel; steel ; SKH57)	380 กก./มิลลิเมตร ²
เหล็กเครื่องมือ (Tool Steel; SKD11)	270 กก./มิลลิเมตร ²

ที่มา: จุลศิริ ศรีงานพ่อง. (2546). เอกสารประกอบการสอน TME 437 Sheet Metal Die Design. หน้า 1.

4.4 ความเค้นอัดที่พื้นรับทำให้พื้นเกิดการโค้งงอ (Buckling)

กรณีจะเกิดขึ้นกับพื้นที่มีขนาดหน้าตัดเล็กและมีความยาวมาก แต่ใช้ตัดหรือเจาะวัสดุที่หนาๆ ความเค้นอัดที่เกิดขึ้นจะทำให้พื้นเกิดการโค้งงอก่อนที่จะแตกหัก ในกรณีที่พื้นมีหน้าตัดเป็นวงกลมการคำนวณขนาดความยาวที่มากที่สุดของพื้นที่สามารถตัดเจาะของวัสดุได้ โดยที่พื้นไม่โค้งงอ ซึ่งการคำนวณขนาดของพื้นโดยทั่วๆ ไป จะขึ้นอยู่กับประสบการณ์เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูที่ถูกตัดมีค่าเท่ากับความหนาของชิ้นงาน หน่วยความเค้นอัดบนพื้นรับจะเป็น 4 เท่า ของหน่วยความเค้นเฉือนบนพื้นที่ตัดของชิ้นงาน สามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\frac{4 S_s}{S_c} \cdot \frac{t}{d} = 1$$

แต่ถ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูที่ถูกตัดมากกว่าความหนาของชิ้นงาน ค่าอัตราส่วน $D/T = 1.1$ ได้ถูกอ้างอิงให้ใช้ ดังนั้น ความยาวของพื้นรับมากที่สุดที่ยอมให้ใช้สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$L = \frac{\pi d}{8} \left[\frac{E \cdot d}{S_s \cdot t} \right]^{\frac{1}{2}}$$

โดยที่ L คือ ความยาวของพื้นรับที่มากที่สุดที่ยอมให้ใช้ได้

E คือ โมดูลัสของความยืดหยุ่นของวัสดุทำพื้นรับ

(กรณีของเหล็ก $E = 2.1 \times 10^6$ กิโลกรัม / เซนติเมตร²)

ให้ใช้ $\frac{d}{t} = 1.1$ หรือสูงกว่า

สำหรับพื้นรับตัดรู (Piercing punch) ไม่ควรมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าความหนาของชิ้นงาน คือ $d > t$ เสมอ เพราะถ้า $t > d$ การตัดรูจะไม่ประสบผลสำเร็จ การตัดรูด้วยพื้นรับจะขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

1. วัสดุทำพื้นรับต้องมีความสามารถรับแรงอัดได้สูง
2. ช่องว่างแม่พิมพ์ที่ใช้ต้องมีความเหมาะสม
3. การตั้งพื้นรับและดายสตัดต้องตั้งให้ได้ศูนย์กลางและมีความมั่นคง

4. ถ้าจำเป็นควรมีการทำคมตัดเฉือนบนพื้นผิวและตายส์
5. ต้องมีระบบการป้องกันแผ่นป้อนชิ้นงานเลื่อนตัว
6. ต้องออกแบบแผ่นปลดชิ้นงานให้เหมาะสม

4.5 แผ่นยึดชุดพินช์ (Punch Holder)

ความหนาของ Punch holder ควรอยู่ระหว่าง 25 ถึง 75 มิลลิเมตร และควรทำจากเหล็กหล่อ

4.6 แผ่นยึดพื้นผิว (Punch Plate)

ความหนาของแผ่นยึดพื้นผิว = $1.5 \times d$ โดยที่ d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพินช์

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

รัชชัย อารกิจ และนเรศเรษฐ คำบำรุง (2542: 32) ได้ทำการศึกษาแรงที่ใช้ในการตีขึ้นรูปจริง และแรงที่ได้จากการคำนวณ เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการตีขึ้นรูป โดยใช้แม่พิมพ์ 2 ชุด คือ แม่พิมพ์ที่ใช้ตีขึ้นรูปและแม่พิมพ์ที่ใช้ตัดครีบ หลังจากการนำแม่พิมพ์ไปตีขึ้นรูปชิ้นงานแล้ว ปรากฏว่ามีข้อจำกัดอันเนื่องมาจากการใช้ความร้อนแก่ชิ้นงาน โดยการใช้เปลวไฟจากแก๊ส ทำให้อุณหภูมิที่ผิวชิ้นงานเท่านั้นที่อุณหภูมิสูง ส่วนบริเวณที่ใกล้แกนกลางชิ้นงานมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่ต้องการขึ้นรูป ดังนั้น ชิ้นงานจึงไม่ไหลออกมาในช่องครีบ ชิ้นงานเต็มแบบแรงที่ได้จากการตีขึ้นรูปจริงคือ 30 ตัน และแรงที่ได้จากการคำนวณ 25 ตัน จะเห็นว่าแรงที่ได้จากการขึ้นรูปจริง จะมีค่ามากกว่าที่ได้จากการคำนวณ

ณรงค์เดช จันทรวงษ์ และคณะ (2542: 3) การออกแบบแม่พิมพ์แบบผสมเพื่อผลิตที่วางนามบัตร โดยการศึกษาและออกแบบแม่พิมพ์ตีรวม และออกแบบตัวแม่พิมพ์ตีรวมเพื่อผลิตที่วางนามบัตร ซึ่งวัสดุชิ้นงานเป็นเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 304 หนา 1 mm ในการตัดชิ้นงานของแม่พิมพ์ตีรวมในโครงการนี้ได้ทำการปั๊มตัวอักษร KMUTT และ TME ออกมาพร้อมกับได้รูปร่างของชิ้นงานต่อการปั๊มตัด 1 ครั้ง ในการออกแบบแม่พิมพ์ตีรวมเพื่อผลิตที่วางนามบัตร

ผลที่เกิดขึ้นจากการตัดชิ้นงานที่เป็นเหล็กกล้าไร้สนิม ขณะทำการตัดจะมีเสียงที่เกิดขึ้นเป็นเสียงที่ดังมากบริเวณของ โดยรอบของชิ้นงานจะมีรอยตัดเฉือนมากเกินระยะกินลึก ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ช่องว่างระหว่างแม่พิมพ์น้อยไป และที่ขอบของชิ้นงานโดยรอบบริเวณส่วนที่เป็นรอยแตกจะเกิดมุมแหลมเล็กน้อย เนื่องจากการที่พินช์ กดชิ้นงานขาดลงไป และทำการปั๊มตัวอักษร ชิ้นงานเกิดการถูกกดทำให้ชิ้นงานเกิดการขยายตัวออกด้านข้างโดยรอบเล็กน้อย ในระหว่างที่ทำการปลดงานบริเวณขอบของชิ้นงานที่ขยายออกเล็กน้อยนั้น ชูดกับปาก ดายส์ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ชิ้นงานมีลักษณะเหมือนกับผ่านการลบมุมมา

รัชชัย แซ่ไคว้ และคณะ (2540: 23) แม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะแผ่นแบบต่อเนื่อง ได้กล่าวถึงการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะแผ่นแบบต่อเนื่อง โดยการศึกษาทฤษฎีและขั้นตอนต่างๆ ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ ทดลองผลิตชิ้นงานที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นชิ้นงานกาแฟ โดยหลักการในการออกแบบการผลิต สามารถแบ่งขั้นตอนในการผลิตเป็นส่วนๆ เริ่มจากขั้นตอนตัดรูรูปสี่เหลี่ยม เพื่อใช้ในการกำหนดตำแหน่งตัดส่วนท้ายของตัวชิ้นงานออก ตัดส่วนหัวของตัวชิ้นงานออก ขึ้นต่อไปเป็นดาวย ซึ่งจะไม่มีการตัดหรือเจาะ ขั้นตอนนี้มีไว้เพื่ออาจจะมีการเพิ่มเติมขั้นตอนต่างๆ ตามต้องการ ตัดขอบ ส่วนด้ามของชิ้นให้ขาดออกจากแผ่นโลหะ (Strip) ซึ่งเป็นโลหะ (Strip) ที่ใช้จะเป็นเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 304 ซึ่งมีความกว้าง 125 mm ยาว 1220 mm หนา 1.2 mm โดยลักษณะการวาง Strip จะเป็น Single row one press ช่องว่างระหว่างแม่พิมพ์ที่ให้อยู่ระหว่าง 6 - 8% ซึ่งอาจจะทำให้เกิด "รอยเย็น" บ้างเล็กน้อย เหล็กที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์ (Progressive Die) นี้จะใช้เหล็กเครื่องมือ (Tool Steel) SKD11 หรือ D₂ ความแข็งหลังการอบชุบประมาณ 61 HR_C

จากการนำแม่พิมพ์ที่สร้างเสร็จสมบูรณ์แล้วไปทำการทดลองขึ้นรูป โดยใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นวัสดุในการปั๊มขึ้นรูปแทนแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 304 ผลที่ได้คือ ชิ้นงานมีรอย Burr เกิดขึ้นที่ขอบข้างใดข้างหนึ่งของชิ้นงานสำเร็จ และขนาดของชิ้นงานหลังการขึ้นรูปแล้วใหญ่กว่าขนาดที่ได้ออกแบบไว้ เนื่องจากช่องว่างระหว่างแท่งพังก์ และดาวย ทั้ง 2 ข้างไม่เท่ากัน และระยะรอยกดในการขึ้นรูปน้อยเกินไป

พงศ์เทพ บุญทิศ และคณะ (2541: 9) การศึกษาเวลาและคุณภาพชิ้นงานตัดขึ้นรูปบนแม่พิมพ์แบบรวมได้เวลาและคุณภาพชิ้นงานที่ผ่านการตัดจากแม่พิมพ์ตัดแบบรวม โดยแบบชิ้นงานเหมือนกับแบบแม่พิมพ์ต่อเนื่อง โดยใช้วิธีการตัดแยกปีการศึกษา 2540 ซึ่งชิ้นงานเป็นสายยูประตูลำสำหรับคล้องกุญแจ ความหนา 2 mm มาใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์รวม ในการศึกษาเวลาจะหาจำนวนชิ้นงานที่ต้องทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โอกาสผิดพลาด $\pm 5\%$ แล้วนำมาหาเวลาเฉลี่ยในการผลิตชิ้นงานแต่ละชิ้น ส่วนการศึกษาคุณภาพจะดูจากรอยตัดที่เกิดขึ้นและขนาดที่ได้จากการตัด ผลการศึกษาปรากฏว่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการตัด 2.5 วินาที คุณภาพรอยตัด การตัดดูจะมีรอยตัดเนียนมากกว่าการตัดขอบนอก ส่วนขนาดชิ้นงานอยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Chow J.G.; & Sakal R.L. (1994: 93 - 102) Integrated Intelligent Machining System for Axisymmetric Parts Using PC Based CAD and CAM Software Packages. งานวิจัยนี้กล่าวถึง วางแผนระบบการทำงานเครื่องจักร มีผลโดยการกับการตัดสินใจในการปฏิบัติงานหรือการทำงานของเครื่องจักร เริ่มตั้งแต่วัตถุดิบจนกระทั่งสิ้นสุดของผลิตภัณฑ์ (ชิ้นงาน) นั้น การวางแผน การผลิต รวมถึงการปฏิบัติตามสมุดหรือหนังสือคู่มือการใช้ความรู้และความสามารถจากประสบการณ์ของนักออกแบบและการดูแลเครื่องจักรตามระบบเวลาที่กำหนดไว้และไม่อยู่ในความประสาธ

ในรอบ 20 ปี ที่ผ่านมามีความพยายามที่จะทำให้การวางแผนการผลิตให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยมีนักวางแผนที่มีประสบการณ์ได้นำเอาความสามารถของคอมพิวเตอร์มาใช้งานในขณะที่ซอฟต์แวร์ CAD/CAM ได้มีการพัฒนา เพื่อที่จะแข่งขันในการสร้าง ออกแบบผลิตภัณฑ์และช่วยสร้าง NC - Code ที่ใช้ในการผลิตบนเครื่องจักร CNC ในการวางแผนการผลิตทั้งหมดจะเป็นไปอย่างต่อเนื่องได้ โดยการรวมกันของ CAD/CAM เข้าด้วยกัน โดยใช้ CAPP

ผลของการวิจัยนี้ ได้มีการออกแบบและพัฒนาแนวความคิดของระบบ CAPP เพื่อติดต่อเชื่อมโยงซอฟต์แวร์ CAD/CAM เข้าด้วยกัน โดยซอฟต์แวร์ที่ใช้ คือ AutoCAD Release 10 กับ Master cam Version 3.013 เพื่อใช้ในการวางแผนการทำงานของเครื่องจักร สำหรับชิ้นงานที่มีลักษณะแกนสมมาตร (Ax symmetric)

Chow J.G.; & Sakal R.L (1994: 166) An Integrated Intelligent Process Planning System for Prismatic Parts Using PC-Based CAD and CAM Software Packages. งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่สำคัญ คือ การวางแผนการผลิตสำหรับชิ้นงานรูปทรงเหลี่ยม (Prismatic Part) ในการแปรรูป โดยการกัด (Milling) ให้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยมีวิธีการ คือ การรวมกันระหว่างระบบ CAD และ CAM ที่มีซอฟต์แวร์ AutoCAD และ Master cam ของซอฟต์แวร์ที่ใช้บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยมีการใช้โปรแกรมภาษา Auto Lisp ที่มีอยู่ในซอฟต์แวร์ AutoCAD เป็นตัวกลางในการติดต่อเชื่อมโยงกับระหว่าง Auto Cad และ Master cam เพื่อใช้ในการวางแผนการผลิตให้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง

ขั้นตอนและวิธีการของงานวิจัย

1. การวางแผน เริ่มต้นจากการสร้างภาพชิ้นงานรูปทรงสามเหลี่ยม (Prismatic Part) แบบ 3 มิติ โดยใช้หลักการนำเสนอของ Wireframe Model ในซอฟต์แวร์ AutoCAD Release 10 บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์
2. ทำการเขียนโปรแกรมภาษา Auto Lisp ที่มีอยู่ในซอฟต์แวร์ AutoCAD เพื่อใช้สร้างปรับปรุงแก้ไขในส่วนการกำหนด Machining Parameters ต่างๆ ประกอบด้วย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ Tool ประเภทของ Tool ทางเดินของ Cutter ความลึกในการตັงกัด (Milling) แล้วนำภาพ (Geometry) ที่เรียบร้อยให้ทำการบันทึกเป็น File IGES เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนต่อไป
3. ทำ File IGES จากซอฟต์แวร์ AutoCAD มา Load File ในซอฟต์แวร์ Mastercam Version 3.013 แล้วทำการ Set Parameter ต่าง ๆ และแสดง Tool Path บนจอภาพ หลังจากนั้นแล้วสร้าง NC-Code ขั้นตอนต่อไป ทำการ Down Load NC-Code ที่ได้ส่งไปยังเครื่อง CNC Milling

Prof. Eversheim.W. Marczinski. G.; & Cremet. R. (1997: 129) Structures Modeling of Manufacturing Process As NC - Data Preparation. งานวิจัยนี้แนะนำเกี่ยวกับแนวความคิดของงานจำลองกรรมวิธีการผลิต สำหรับประยุกต์ใช้ NC - Programming การใช้โครงสร้างการจำลองกรรมวิธีการผลิต เพื่อทำให้เกิด NC - Data ที่เป็นหัวใจสำหรับการรวมกันของระบบ CAD/CAPP และนำไปสู่การพัฒนาใน WZL.

ในการรวมระบบการวางแผนการผลิต สำหรับ NC - Programming โดยมีการทำส่วนความสำคัญ คือ Functional View และ Information View Functional View จะเน้นในเรื่อง Process Modeling ซึ่งประกอบด้วย การเตรียมข้อมูล (ที่จะนำมาป้อน) การวางแผนการผลิต การวางแผนการปฏิบัติงาน และการสร้าง NC - Data ส่วน Information View ประกอบด้วย โครงสร้างหลักคือ Product Model Process Model และ Factory Model จากระบบดังกล่าวมีโครงสร้างของข้อมูลที่แตกต่างกัน ทำให้การติดต่อเชื่อมโยงกัน ทำได้ยากจึงทำไฟล์กลางที่เป็นมาตรฐานที่ใช้กันในงานวิจัยได้นำไฟล์ STEP Standards

Jiang.B Baines. K; & Zockel. M. (1997: 163) New Coding Scheme for The Optimization of Milling Operations for Utilization by a Generative Expert CAPP System. จุดมุ่งหมายของงานวิจัย คือ ทำแนวคิดหรือวิธีการปฏิบัติงานที่เหมาะสมในงานกัด (Milling) สำหรับชิ้นงานรูปทรงเหลี่ยม (Prismatic) ได้มีการนำหลักการใหม่ของ GT - Code มาแนะนำแทนผิวที่จะใช้แปรรูป สำหรับชิ้นงาน ด้วยเหตุนี้ จึงมีการทำ Code ที่เตรียมไว้ไปใช้ในกลุ่มที่เหมือนกันเป็นข้อมูล ในระบบ Expert System ก็ทำให้เกิดการวางแผนการผลิต นำไปสู่การพัฒนา ระบบ CAPP บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน ได้ปรับปรุงแก้ไขระบบให้เหมาะสม ทำให้การแปรรูป ทำได้สะดวกขึ้น

Mamalis A.G. Ganovsky V.S.; & Guenova V. (1994: 175) System - Based Approach to The Development to a CAPP System for Automated Discrete Production. งานวิจัยได้กล่าวถึงความจำเป็นของการทำ System - Based Approach ในการพัฒนาของเทคโนโลยีและอุปกรณ์เครื่องมือสำหรับสร้างผลิตภัณฑ์โดยคำนึงถึงรายละเอียดของการแบ่งรูปและการประกอบผลิตภัณฑ์นั้น จากผลของการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การนำ System - Based Approach มาใช้นั้นสามารถทำให้ค่าใช้จ่ายในกรรมวิธีการผลิตลดลงได้ 30% และส่วนของการใช้เวลาในการออกแบบและจำลองของเครื่องมือตัด (Tool) ลดลงได้ถึง 50%

Ozturk. F. (1997: 558) Use of Machining Features in Set - Up Planning and Fixture Design to Interface CAD to CAPP งานวิจัยนี้ได้อธิบายถึงลักษณะ ในการติดต่อเชื่อมโยงระหว่าง CAD เข้ากับ CAPP โดยการนำเสนอเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์และการรวมกัน คือ สารแบบอัตโนมัติระหว่าง CAD และ CAPP คือ จุดอ่อนของระบบ CIM - Based

Feature - Based Design (FBD) คือ ให้ความสำคัญของการออกแบบและการรวมกันของการวางแผนการผลิตจากมุมมองของ การวางแผนการผลิตและงานวิจัยได้นำเสนอเรื่อง Feature - Based Set - Up Planning และระบบ Fixture Design

Perng. Der - Baau; & Chang Chao - Fan (1997: 383) New Feature - Based Design System with Dynamic Editing งานวิจัยนี้แนะนำ เรื่อง Feature - Based Design สำหรับชิ้นงานรูปทรงเหลี่ยม (Prismatic Parts) ในการกำหนดคุณสมบัติใหม่แบบ 3 มิติ แทนแบบ 2 มิติ ที่มีแต่เส้นและจุดที่ถูกทำมาใช้ให้เกิดภาพ (Entity) ใน 2 กลุ่มพิเศษของ Function คือ NEW Construction Function และ Dynamics Editing Function ทำให้นักออกแบบมีอิสระในการสร้างและ

ปรับปรุงชิ้นส่วน (Parts) โดยชิ้นส่วน (Parts) ได้ถูกบรรจุเป็นไฟล์ Feature - Based ในรูปแบบของ CSG (Constructive Solid Geometry) ขณะที่แบบ B - Rep (Boundary Representation) ก็ถูกสร้างขึ้นพร้อมกับไฟล์ Feature - Based ได้มีการนำเสนอระบบการออกแบบชิ้นงานแบบ 3 มิติ มีผลทำให้เกิดความสะดวกต่อการรวมกันของระบบ CAPP/CAM โดยไม่มีความซับซ้อนของ Feature Recognition และ Extraction Process

Qiao. Li - Hong Yang. Zhi Bing; & Ben Wang. H.P. (1997: 83) Computer Aided Process Planning Methodology งานวิจัยนี้ได้นำเสนอ ระบบ CAP สำหรับการออกแบบทางวิศวกรรมและการประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ที่มาจากบริษัท แหล่งข้อมูลที่แตกต่างกัน ระบบ CAPP เริ่มต้นจากการตรวจสอบผิวของชิ้นงานหลักฐานทั้งหมดที่อาจเป็นไปได้เกิดขึ้นในขบวนการแปรรูปจากแง่ (ปัญหา) ทั้งหมด ณ. ช่วงเวลาหนึ่ง ในส่วนของการวางแผนมีวิธีการใช้หลักฐานของขบวนการแปรรูปที่เป็นกลาง (เอกเทศ) เกี่ยวกับสิ่งอำนวยความสะดวกในการผลิตโดยเฉพาะ

การวางแผนการแปรรูปที่เหมาะสม ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของผลิตภัณฑ์ ความสามารถในการแปรรูป กำหนดการส่งมอบงาน บุคลากร และอื่น ๆ เพราะระบบ CAPP ประการแรก คือ การตรวจสอบผิว ณ. ช่วงเวลานั้น ทำให้เกิดขบวนการแปรรูป การเปลี่ยนแปลง การออกแบบผิวของชิ้นงาน จะส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงผิวและขบวนการแปรรูปจะพบในระบบ CAPP ที่มีการนำหลักการของวิศวกรรมคู่ขนาน (Concurrent Engineering) เมื่อมีการออกแบบขนาดใหญ่หรือจำนวนมากสามารถทำการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายขึ้น

Tien - Chien Chang; & Richard A. Wysk (1983: 158) Integrating CAD and CAM Through Auto Mated Process Planning งานวิจัยนี้ได้กล่าวถึง CAPP/CAD/CAM เข้าด้วยกันมีหน้าที่สำคัญในการรวมของระบบให้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีการนำเสนอระบบของการวางแผนการผลิตแบบ Generative Totally Integrating Process Planning System (TIPPS) ได้ใช้หลักการนำเสนอของ B - Rep (Boundary Representation) จาก CAD Base ในการสร้างภาพและในการ Interface ระหว่างการออกแบบและกรรมวิธีการผลิต โดยมีวิธีการทดลองหรือสาธิตการวางแผนการผลิตสามารถทำได้โดยตรง จากรูปจำลองของการออกแบบ (Design Model)

ในส่วนของ Geometric Modeling ใช้หลักการหรือวิธีการของปฏิกิริยาตอบโต้ระหว่าง Human/Computer ในการนำเสนอ มีการจัดเตรียมความเป็นไปได้และแบบแผนที่มีความสำเร็จและในส่วนของการวางแผนการผลิตและ Sequences ใช้ในการกำหนดการทำเครื่องหมายบนผิวของชิ้นงาน ประกอบส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ Process Model และ Decision Mechanism เพื่อใช้ในการกำหนด Process และ Sequence

Zhsng Y.F. Nee A.Y.C.; & Fuh J.Y.H. (1994 : 437) Hybrid Approach to Computer Aided Process Planning for Prismatic Parts งานวิจัยได้กล่าวถึง สิ่งที่ยากลำบากประการหนึ่งในเรื่องของการวางแผนการผลิตอย่างอัตโนมัติ ก็คือการกำหนดส่วนของการปฏิบัติงาน (Operation Sequencing) ในงานวิจัยนี้จึงได้มีการตัดสินใจ นำวิธีการต่าง ๆ มาผสมผสานกันเพื่อใช้สำหรับการเลือกพิจารณาในส่วนของการปฏิบัติงาน (Operation Sequencing) ที่เหมาะสมการแปรรูปชิ้นงานที่

มีลักษณะรูปทรงเหลี่ยม (Prismatic) บนเครื่องจักรแบบ 3 แกน และในการนำเสนอวิธีการวางแผนในส่วนของการปฏิบัติงาน (Operation Sequencing) สามารถแบ่งออกได้ 2 ระดับ คือ Set - Up Planning และ Operation Planning

ในข้อบังคับหลายๆ อย่าง ในการลำดับความเกี่ยวข้องกับระหว่าง Feature ที่มีลักษณะที่เหมือนกัน กฎระเบียบและการสร้าง เป็นพื้นฐานในการลำดับความเกี่ยวข้องกับระหว่าง Feature และวิธีการที่เหมาะสม เป็นการพัฒนาไปสู่ระบบของการวางแผนที่เหมาะสมด้วย โดยในส่วนของการ Set - Up Planning มีการทำให้จำนวนของการ Set - Up น้อยที่สุด โดย ควรหลีกเลี่ยงการลำดับความเกี่ยวข้องกับระหว่าง Feature ที่แตกต่างกันมาก สำหรับส่วนของ Operation Planning มีการมีจำนวนของการเปลี่ยน Tool น้อยที่สุดด้วยเลือกส่วนที่จะทำการแปรรูปในลักษณะเหมาะสมเป็นตัวกำหนด



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาวิจัย ผู้วิจัยได้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้เพื่อออกแบบแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ความยาว 90.0 มิลลิเมตร โดยได้กำหนดแนวการดำเนินการวิจัยตามหัวข้อไว้ดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์ตัดเหล็กกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร
 2. ออกแบบแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรยาว 90 มิลลิเมตร
 3. ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเอกสารและให้คำแนะนำการออกแบบแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร
 4. กำหนดวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร
 5. กำหนดระยะเวลา สถานที่ การสร้าง การประกอบติดตั้งและทดลอง
 6. ทดลองการทำงานเพื่อหาสมรรถนะภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร
 7. ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบประสิทธิภาพแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร
 8. จัดทำการวิเคราะห์ข้อมูล
- สามารถเขียนเป็นกรอบแนวความคิดในการดำเนินการได้ดังภาพประกอบ 14



ไม่ผ่าน

ภาพประกอบ 14 แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษารายละเอียดการออกแบบส่วนประกอบต่าง ๆ ของแม่พิมพ์เหล็กเพลากลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร

ประกอบด้วย การศึกษารายละเอียดเพื่อค้นหาข้อมูลในการออกแบบ ซึ่งเป็นกระบวนการสุดท้ายของการทดลองในขั้นที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยได้แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาส่วนประกอบและชิ้นส่วนของของแม่พิมพ์ตัดเหล็กและการทำงานของแม่พิมพ์ตัดเหล็กในอุตสาหกรรมด้านแม่พิมพ์และอุตสาหกรรมปั๊มเหล็ก

1.2 ศึกษาค้นคว้าจากวารสารและตำราตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตัดเหล็กในรูปแบบต่าง ๆ ของงานอุตสาหกรรม

1.3 ศึกษาคุณสมบัติส่วนประกอบส่วนต่าง ๆ ของแม่พิมพ์ตัดเหล็กวัสดุที่เหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นชิ้นส่วนต่าง ๆ เหล่านั้นโดยการเข้าไปศึกษา ณ บริษัท เจ พี แอล (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งเป็นบริษัท ผลิตอะไหล่ และ งานสร้างประกอบเครื่องจักร รวมถึงการใช้แม่พิมพ์ต่าง ๆ

2. การออกแบบและเขียนแบบรวมถึงการคำนวณอุปกรณ์ที่นำมาใช้

2.1 คำนวณออกแบบร่างแบบและเขียนแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของแม่พิมพ์ตัด ในการเขียนแบบวิจัยอยู่ได้ดำเนินการเขียนแบบแบ่งรายละเอียดแบบประกอบและภาพแยกชิ้นส่วน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2 ภาพรวมของแม่พิมพ์ประกอบด้วย ชุดพันธ์์และชุดตายส์ ผู้วิจัยเลือกใช้เหล็กที่มีคุณสมบัติตรงตามตารางเหล็กที่ใช้ทำแม่พิมพ์ ซึ่งเป็นเหล็กที่มีราคาสูงและหาซื้อได้ทั่วไป มีความแข็งแรงต่อการรองรับการกระแทกและความคม

2.3 ชุดพันธ์์ เป็นชุดบนประกอบด้วย

2.3.1 ชุดล็อกเพลาชึ้นงาน (Upper Clamp) ขนาดความกว้าง 90 ความยาว 150 ความหนา 25 มิลลิเมตร

2.3.2 ชุดยึดใบตัด (Support Cutter) ขนาดความกว้าง 52 ความยาว 90 ความหนา 30 มิลลิเมตร

2.3.3 ใบตัด (Upper Shearing Cutting) ขนาด 93 X 72 X 44 มิลลิเมตร

2.3.4 แบบรองรับชุดพันธ์์ ทั้งหมด (Upper Plate) ขนาด 66 X 162 X 32 มิลลิเมตร

2.3.5 ยูรีเทน (Upper Urethane) ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 50 X 47 มิลลิเมตร

2.3.6 แบบตัวยึด บั้มตัด (Shank) ขนาด 38 X 97 มิลลิเมตร

2.4 ชุดตายส์ เป็นชุดด้านล่าง ประกอบด้วย

2.4.1 ตัวรองรับใบมีด (Support Lower Cutter) ขนาด 62 X 158 X 36.5 มิลลิเมตร

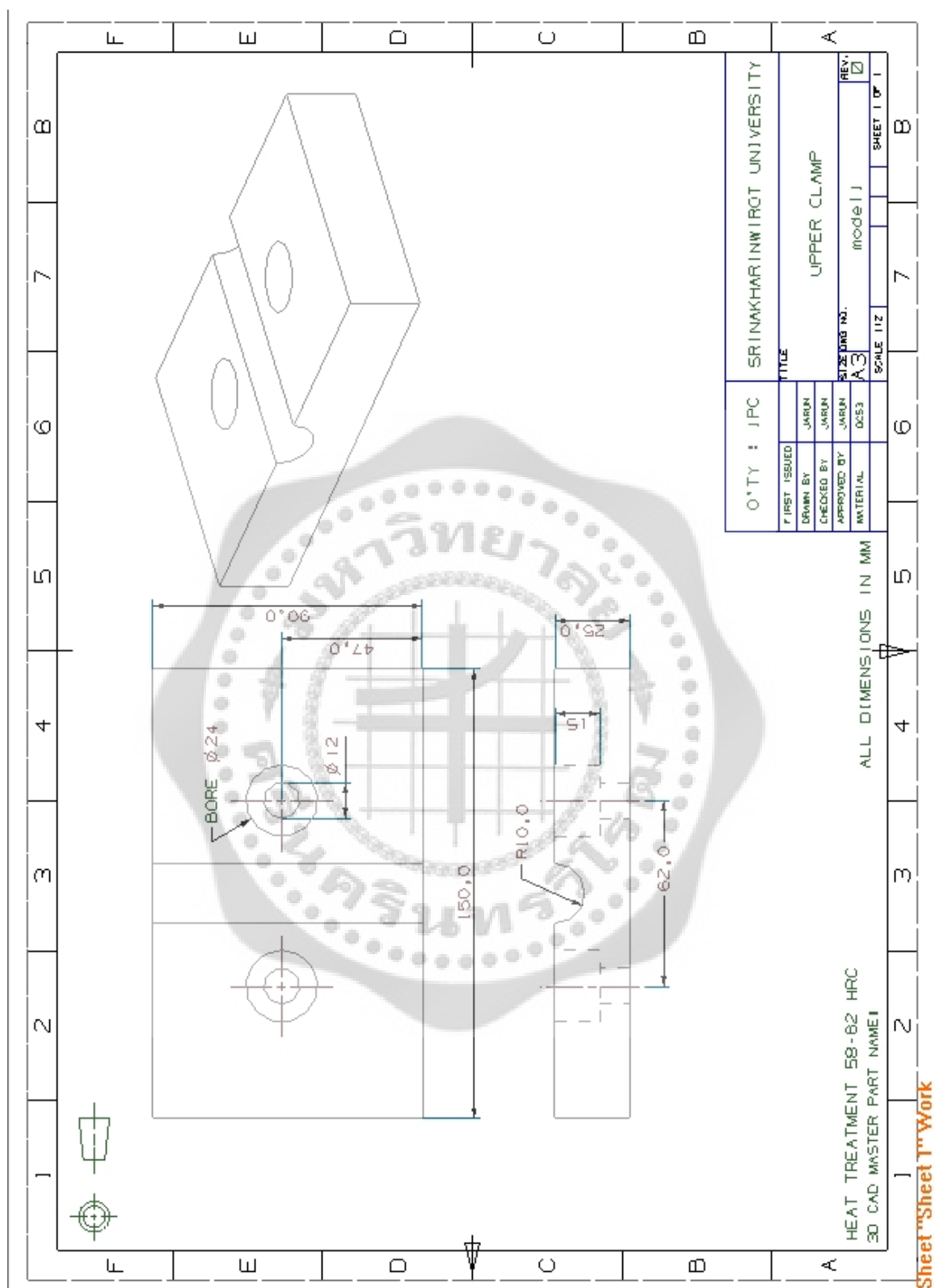
2.4.2 ตัวนำเพลาชึ้นงาน (Bar Feed Guide) ขนาด 53 X 61.5 X 22.5 มิลลิเมตร

2.4.3 ตัวตายส์ตัด (Lower Shearing Cutter) ขนาด 41.5 X 79 X 45 มิลลิเมตร

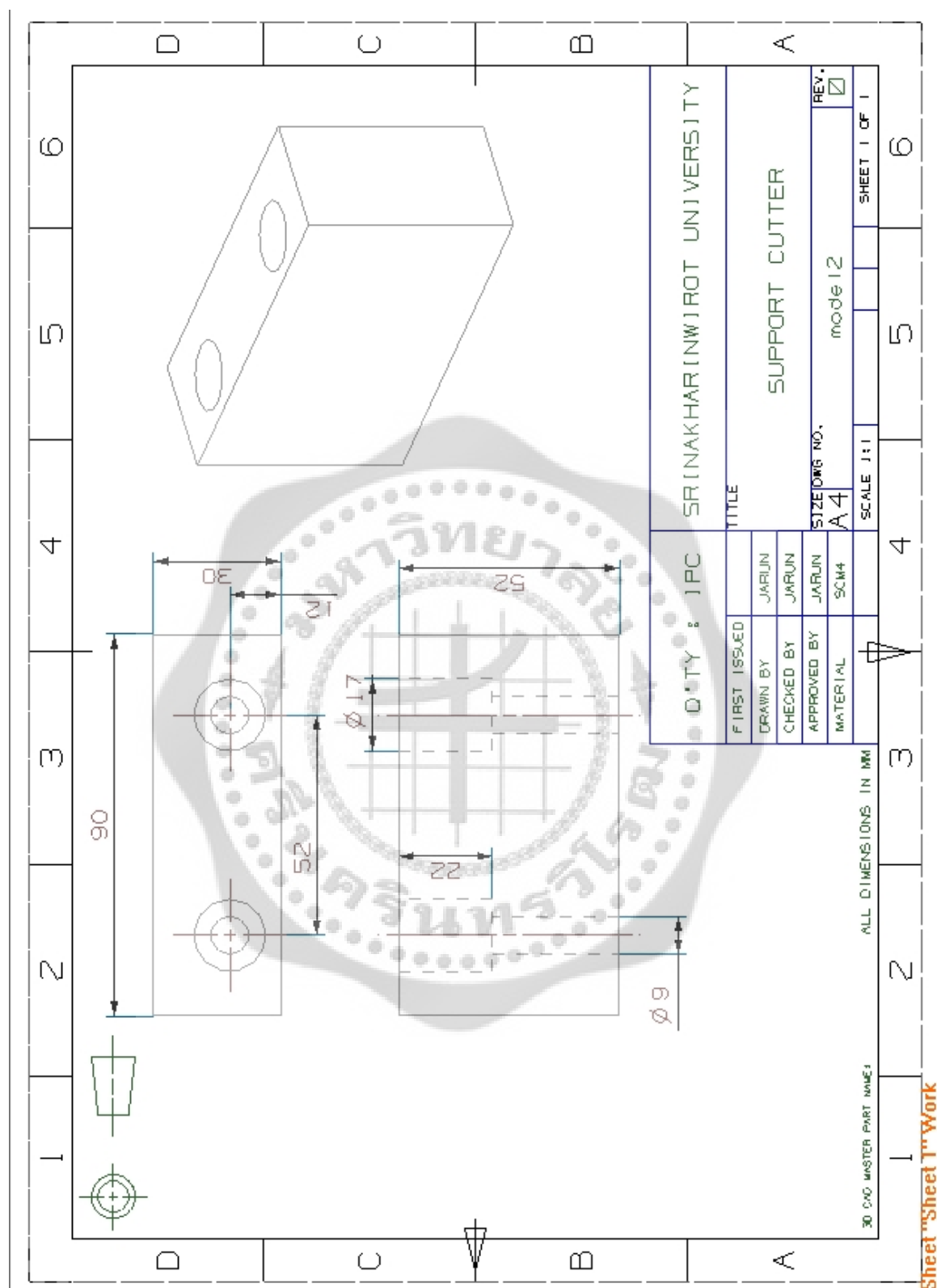
2.4.4 ตัวล็อกเพลาชึ้นงาน (Lower Clamp) ขนาด 56 X 158 X 25 มิลลิเมตร

- 2.4.5 ยูรีเทน (Cushion Urethane) ขนาด 50 X 30 มิลลิเมตร
- 2.4.6 แผ่นรองรับตัวตั้งความยาว (Support Stopper) ขนาด 37 X 37 X 59
- 2.4.7 เสาค้ำความยาว (Stopper Guide) ขนาด 12 X 120 มิลลิเมตร
- 2.4.8 ไม้บล็อก ตั้งความยาว (Stopper) ขนาด 25 X 20 มิลลิเมตร
- 2.4.9 แผ่นตั้งความยาว (Stopper) ขนาด 40 X 180 X 6 มิลลิเมตร
- 2.4.10 แผ่นฐานยึดชุดด้ายส์ทั้งหมด ขนาด 91 X 210.42 มิลลิเมตร
- 2.5 เสาสลักหน้า (GUIDE POST) เพื่อบังคับให้พินซ์และด้ายส์กดได้พอดี

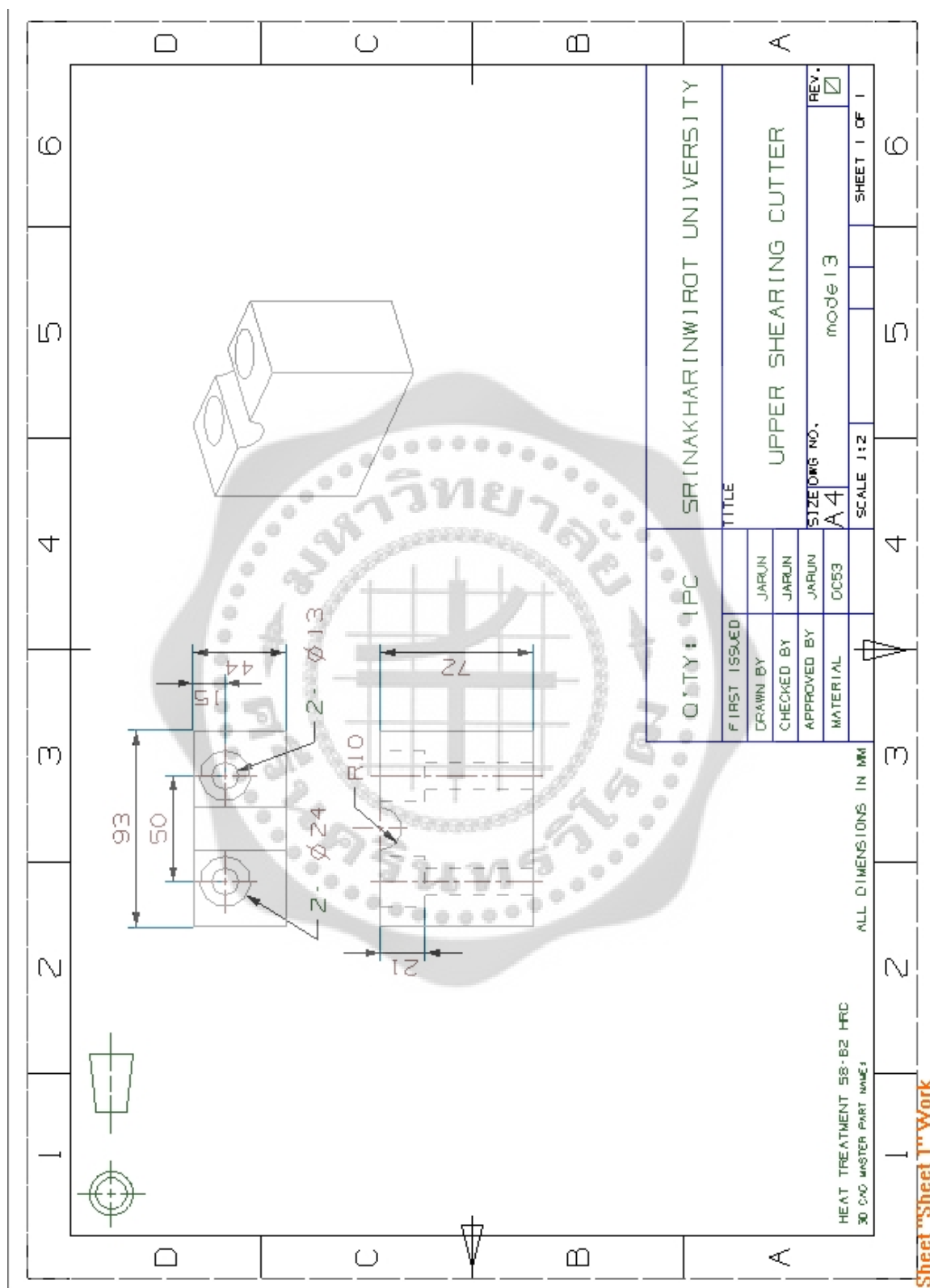




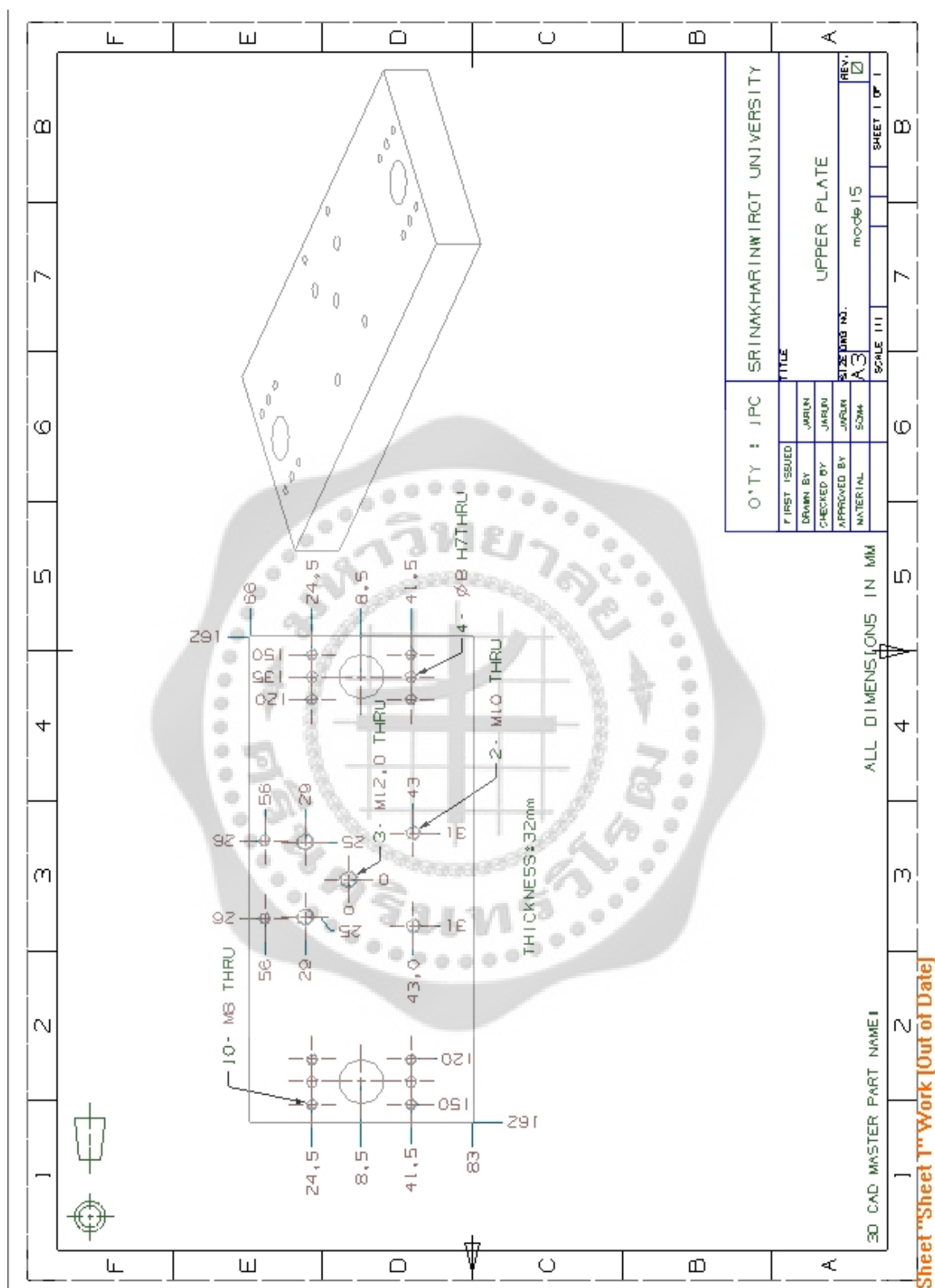
ภาพประกอบ 15 แบบแสดงภาพชุดล็อกเพลาชั่งงานด้านบน



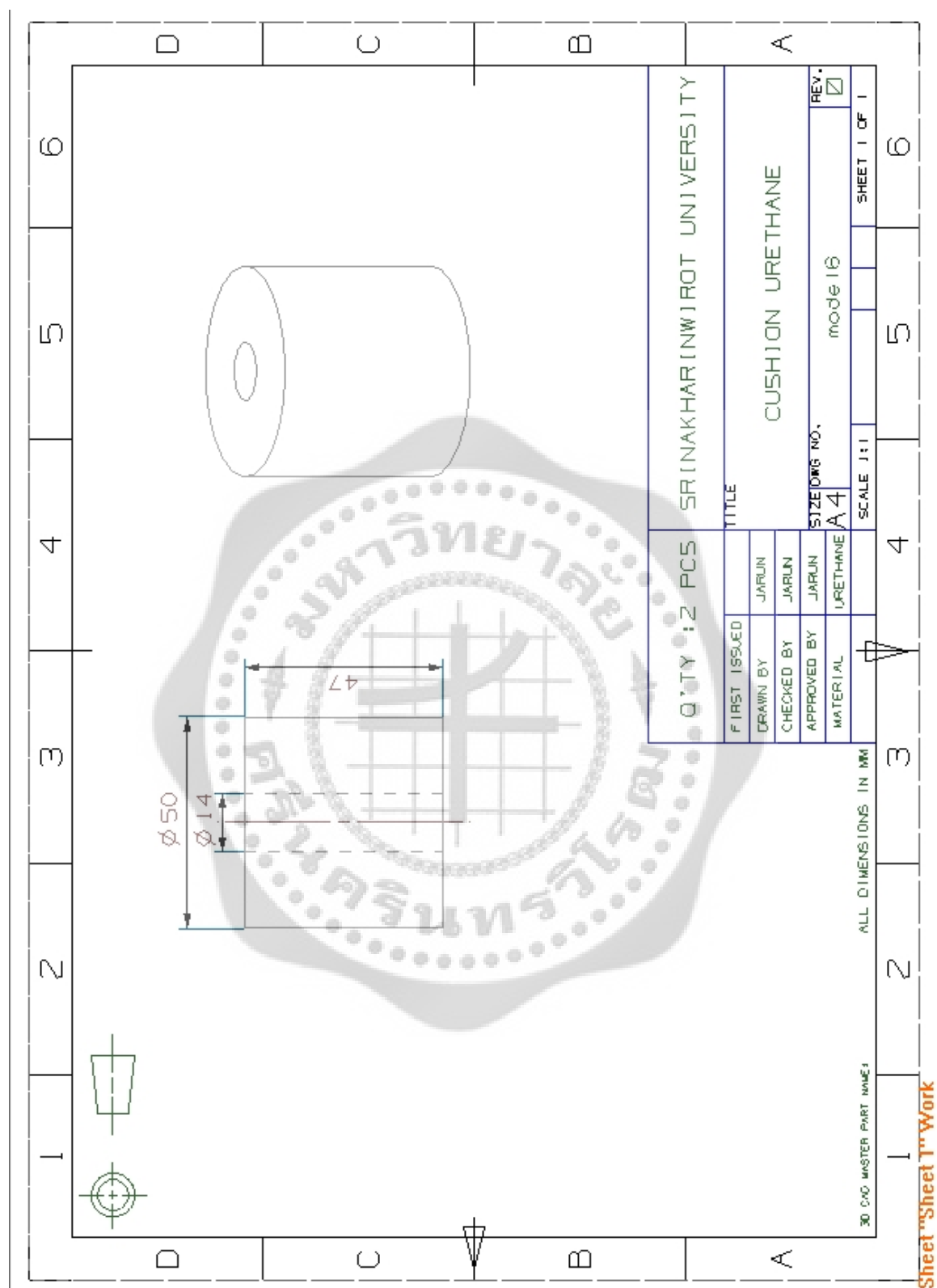
ภาพประกอบ 16 แบบแสดงภาพตัวยึดใบตัด



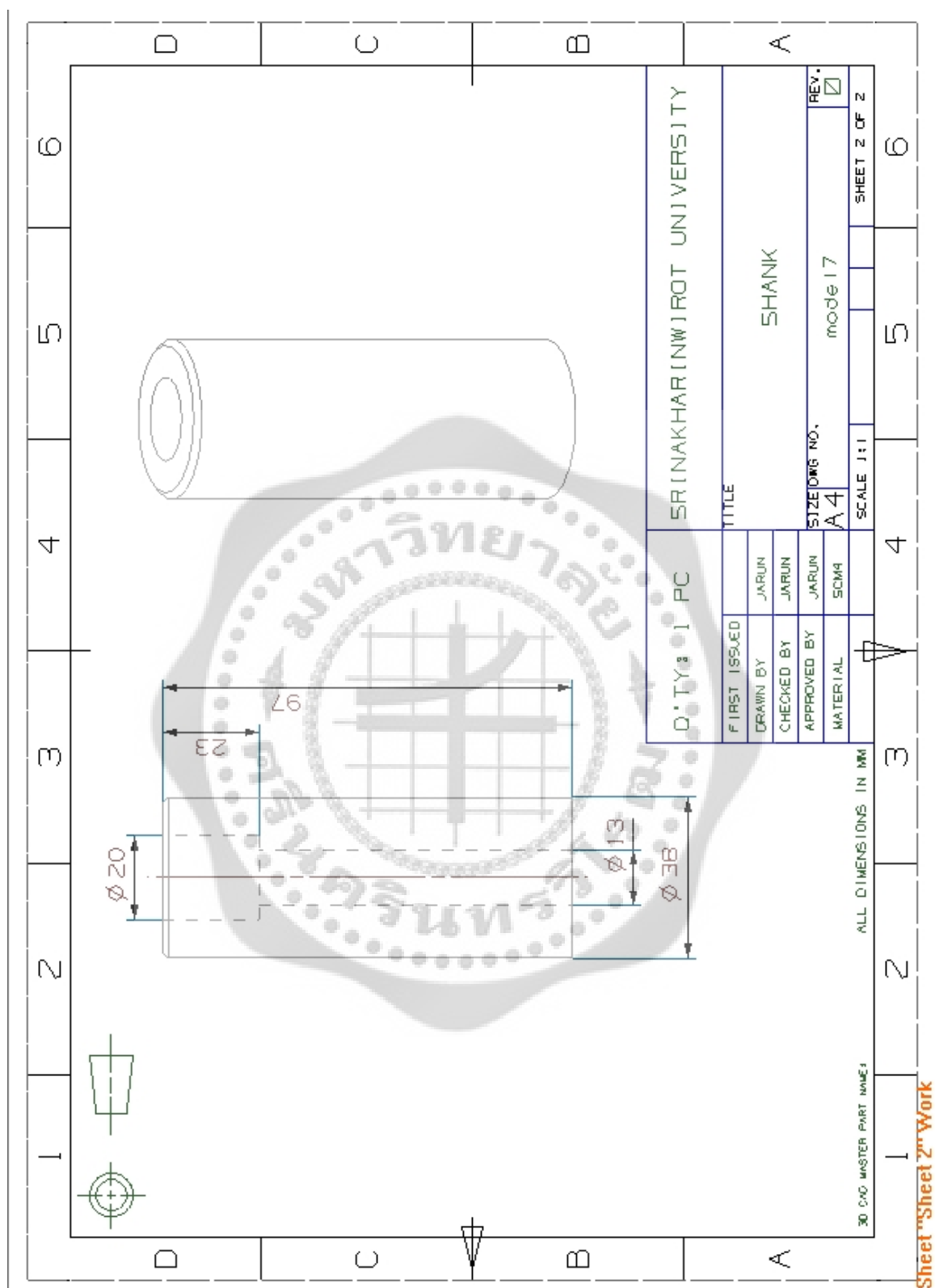
ภาพประกอบ 17 แบบแสดงภาพใบตัดตัวบน



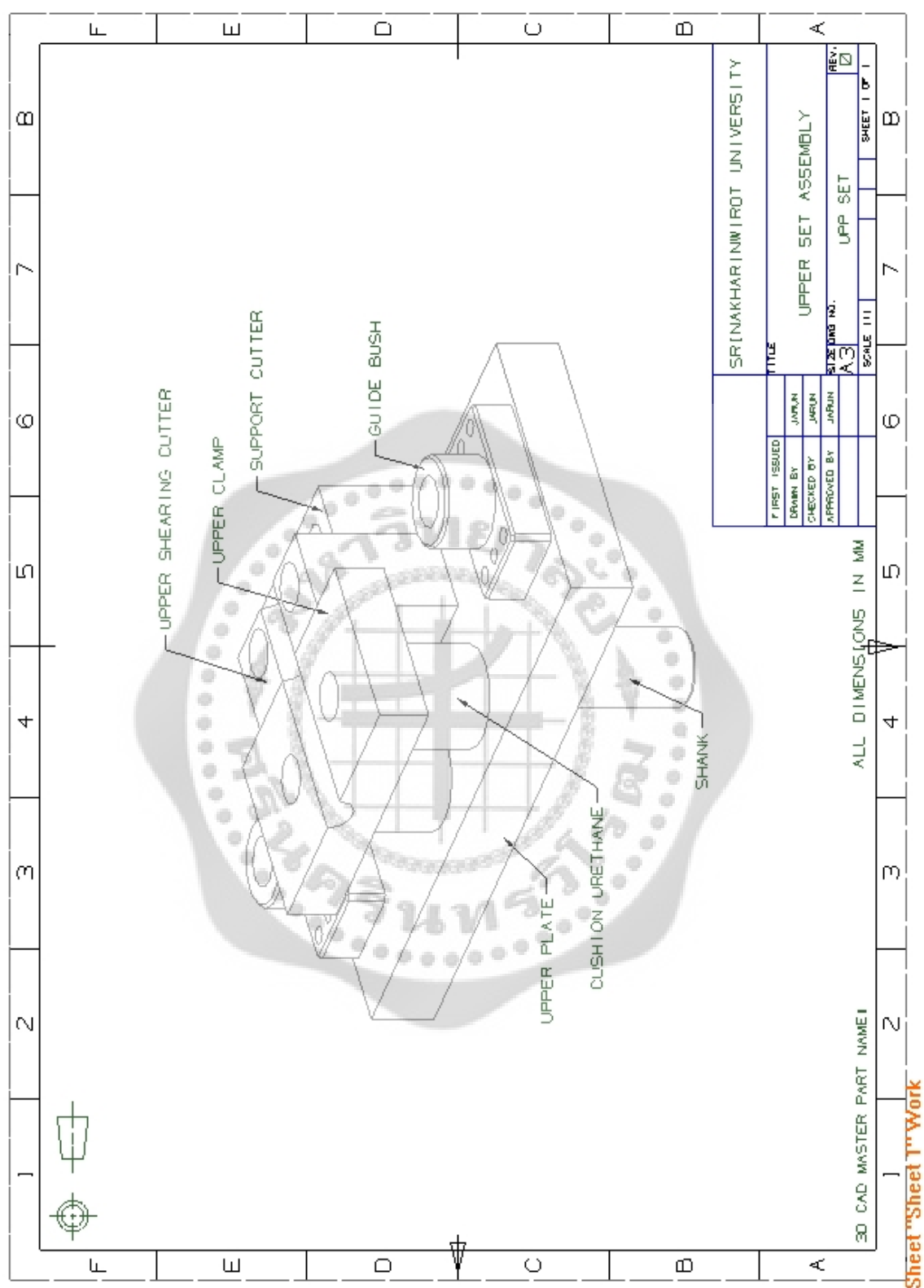
ภาพประกอบ 18 แบบแสดงภาพแผ่นรองรับชุดพื้นที่ทั้งหมด



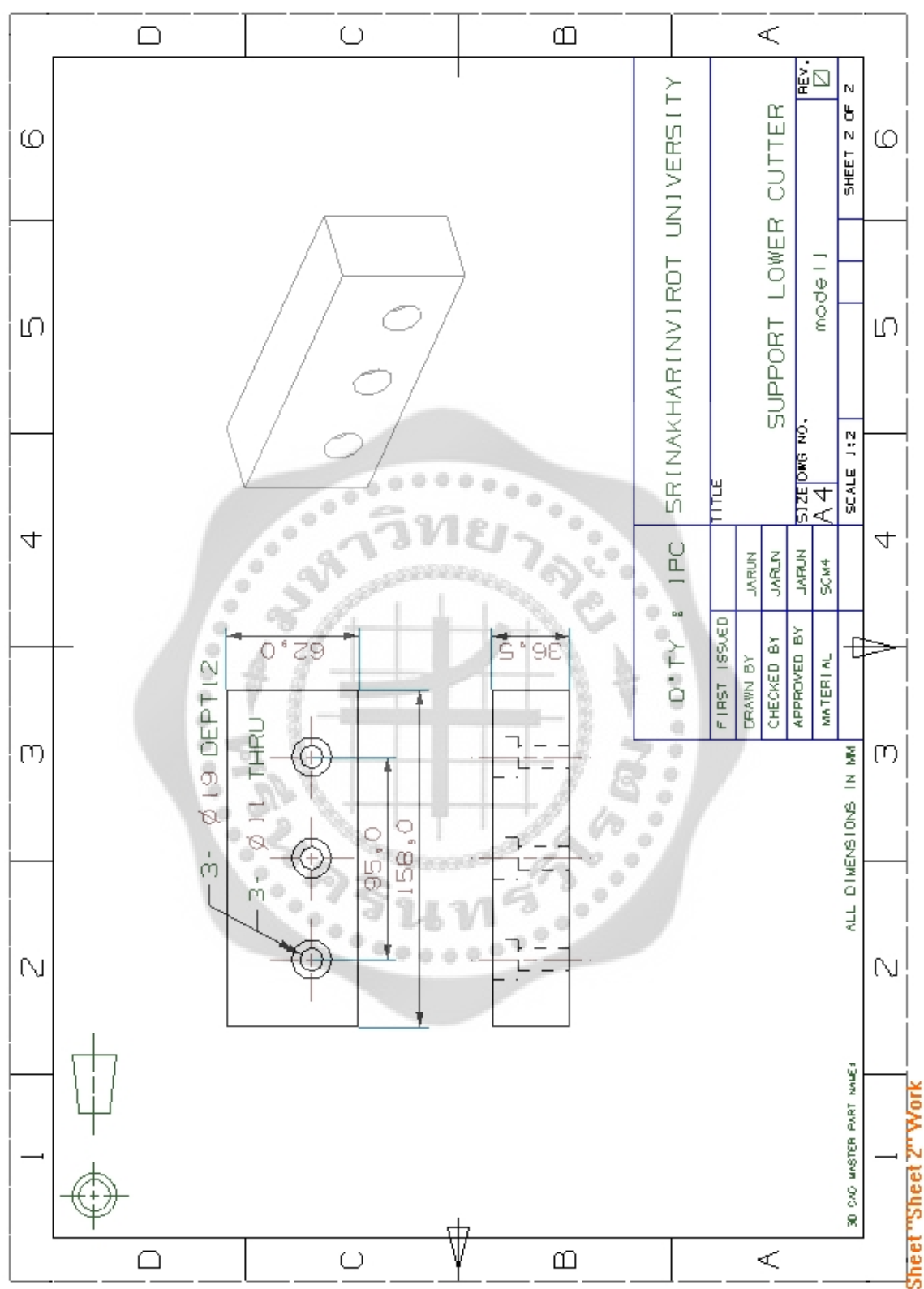
ภาพประกอบ 19 แบบแสดงภาพ ยูรีเทน



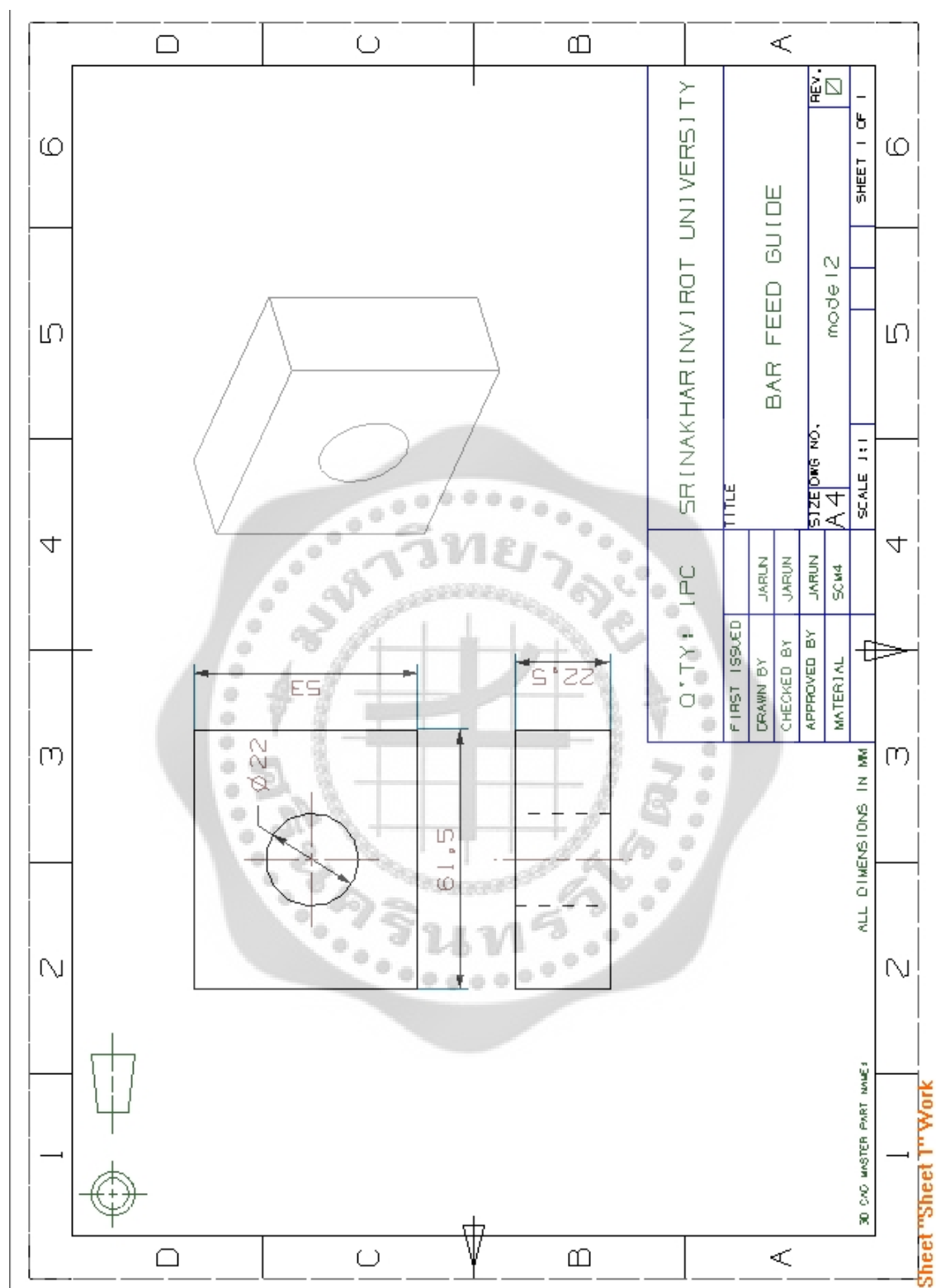
ภาพประกอบ 20 แบบแสดงภาพ ตัวยึดปั๊มตัด



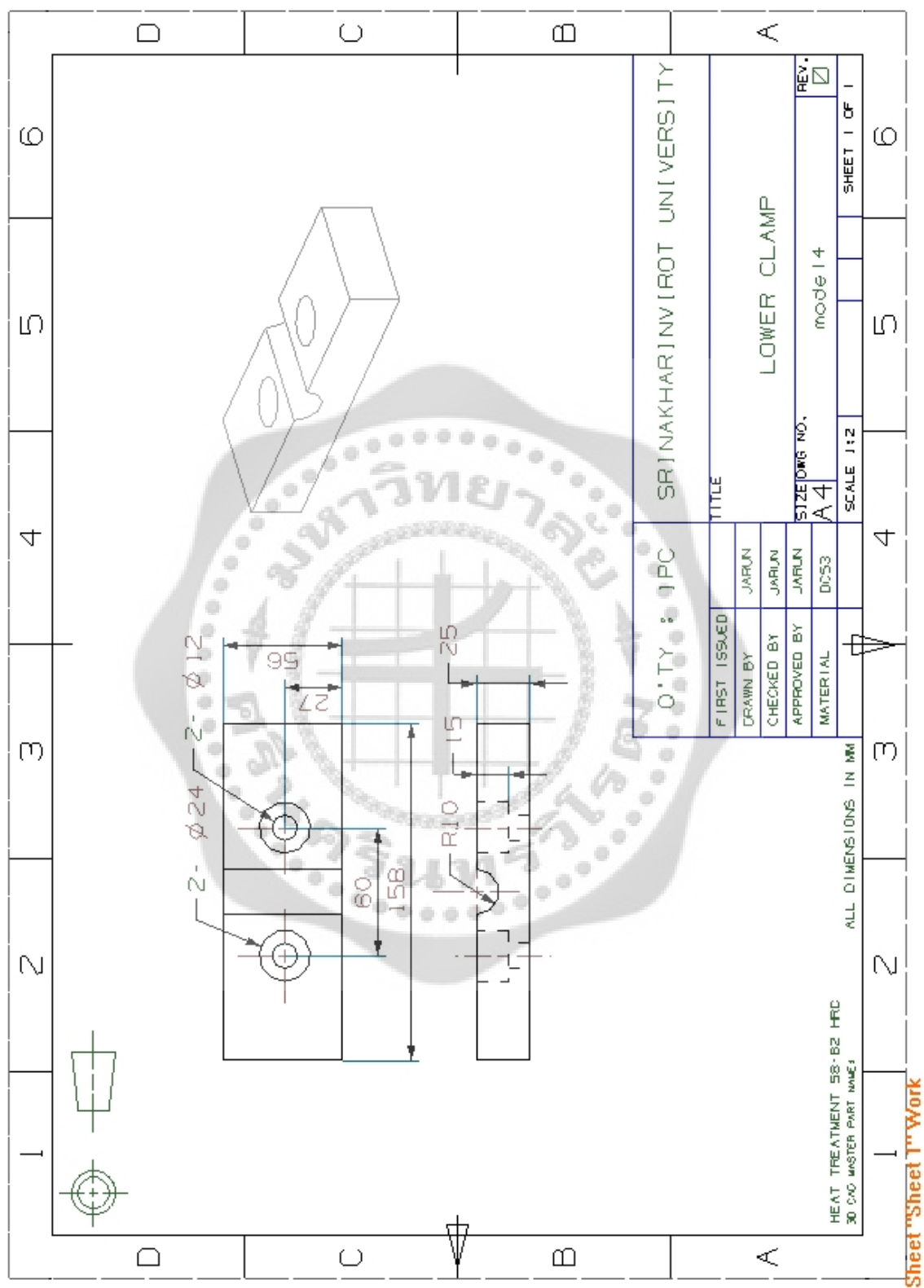
ภาพประกอบ 21 แบบแสดงภาพ ชุดประกอบฟัน



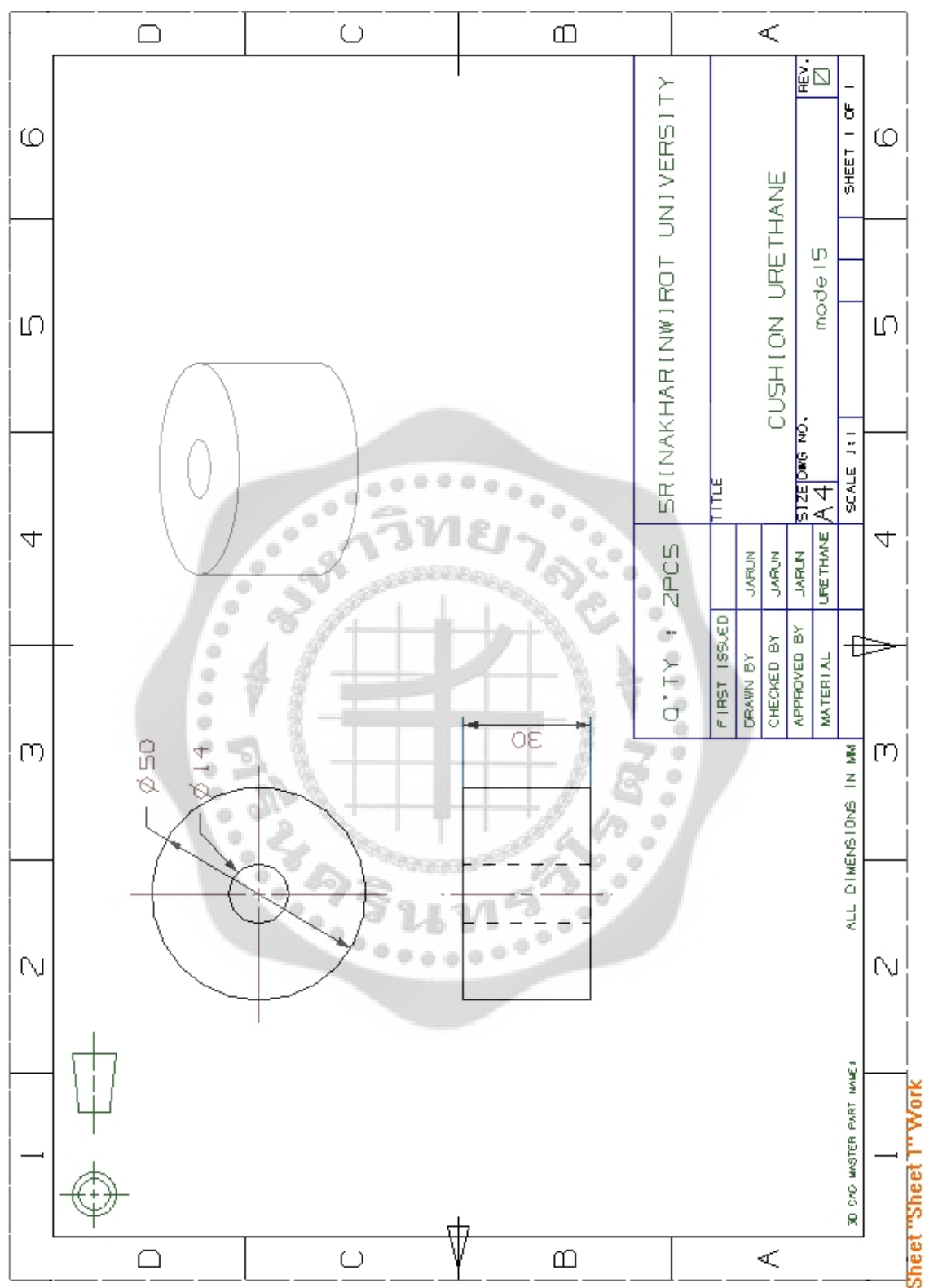
ภาพประกอบ 22 แบบแสดงภาพตัวรองรับใบมีดตัวล่าง



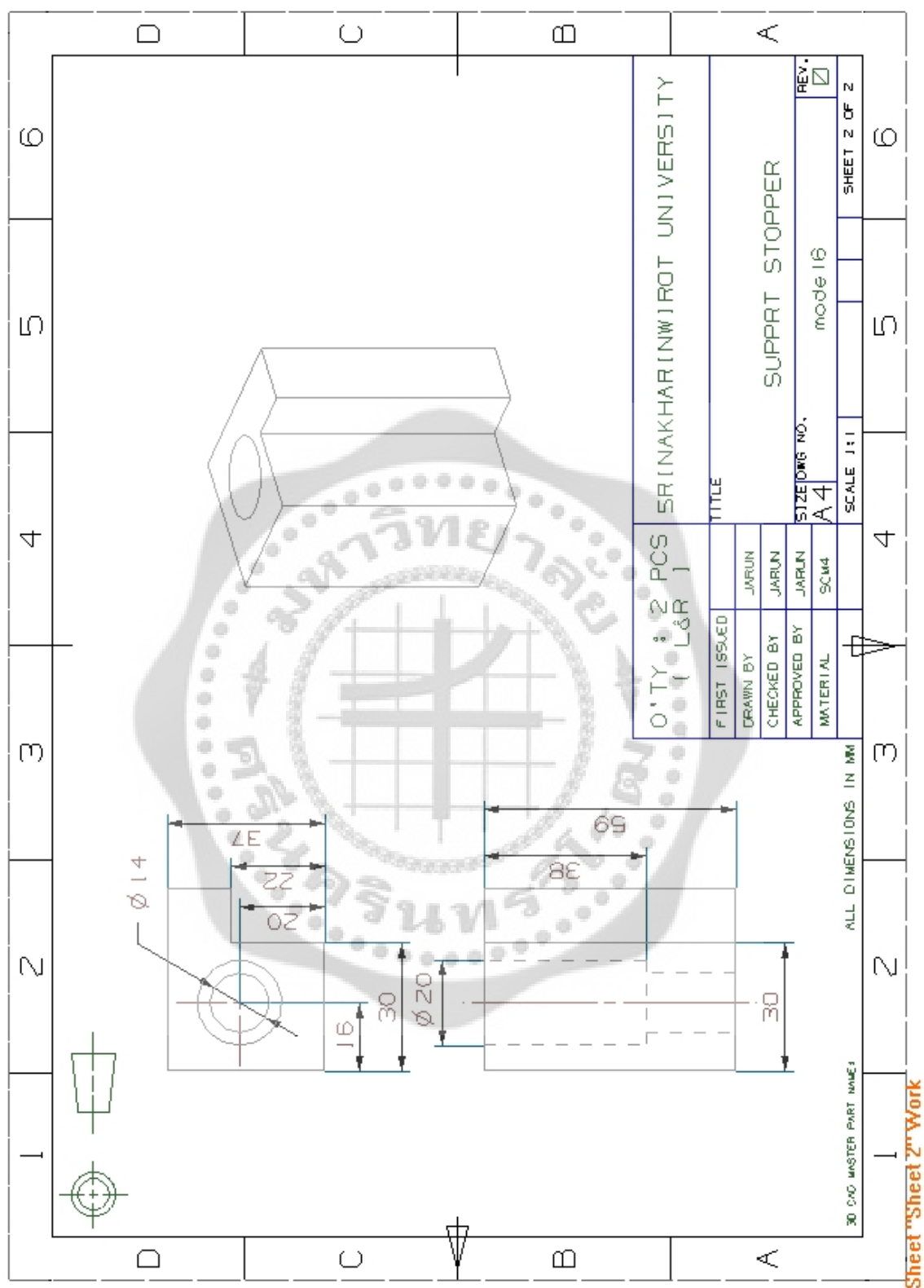
ภาพประกอบ 23 แบบแสดงภาพตัวนำเฟลาซีนิ่งงาน



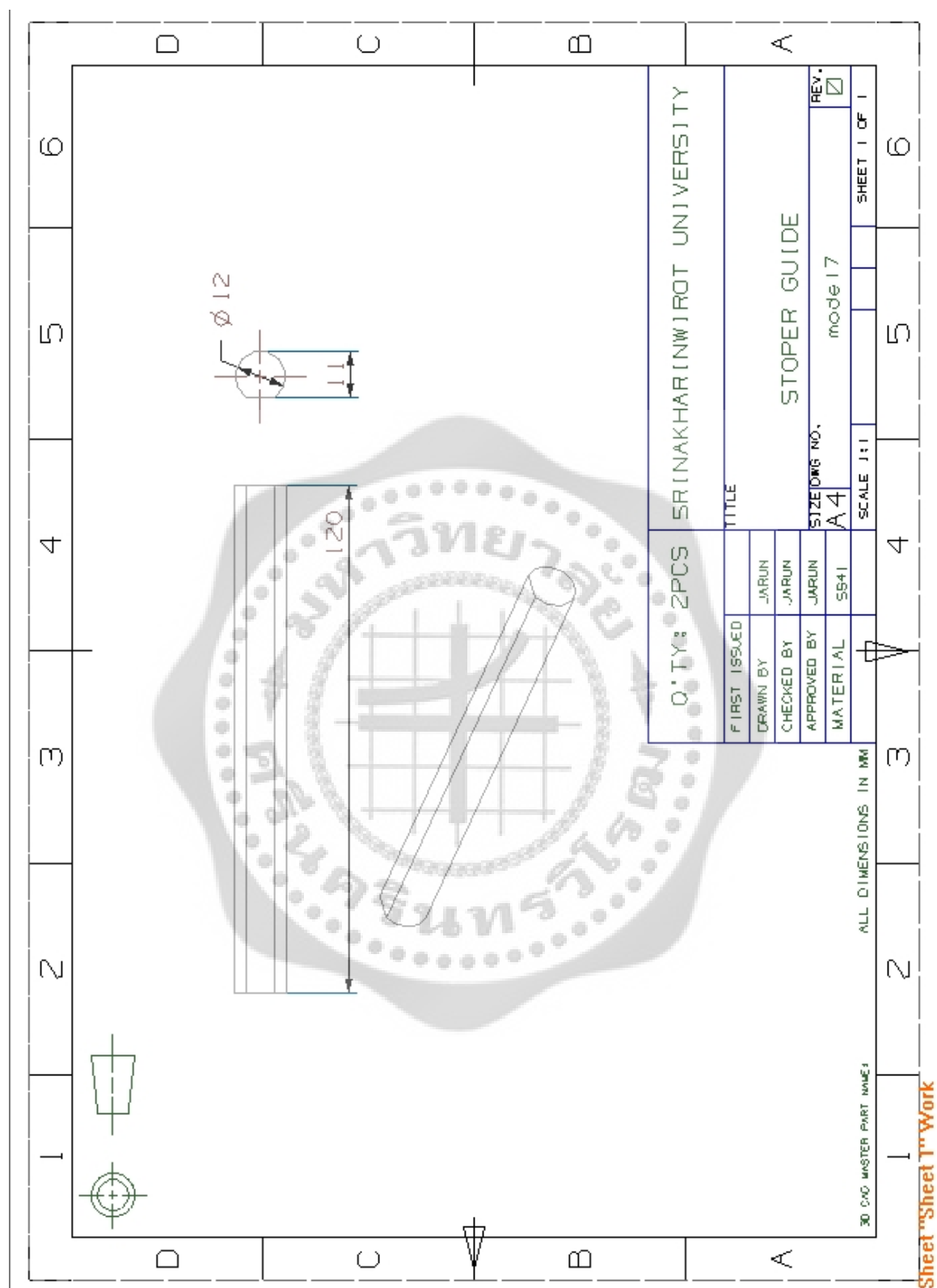
ภาพประกอบ 25 แบบแสดงภาพชุดล็อกเพลลาชิ้นงานด้านล่าง



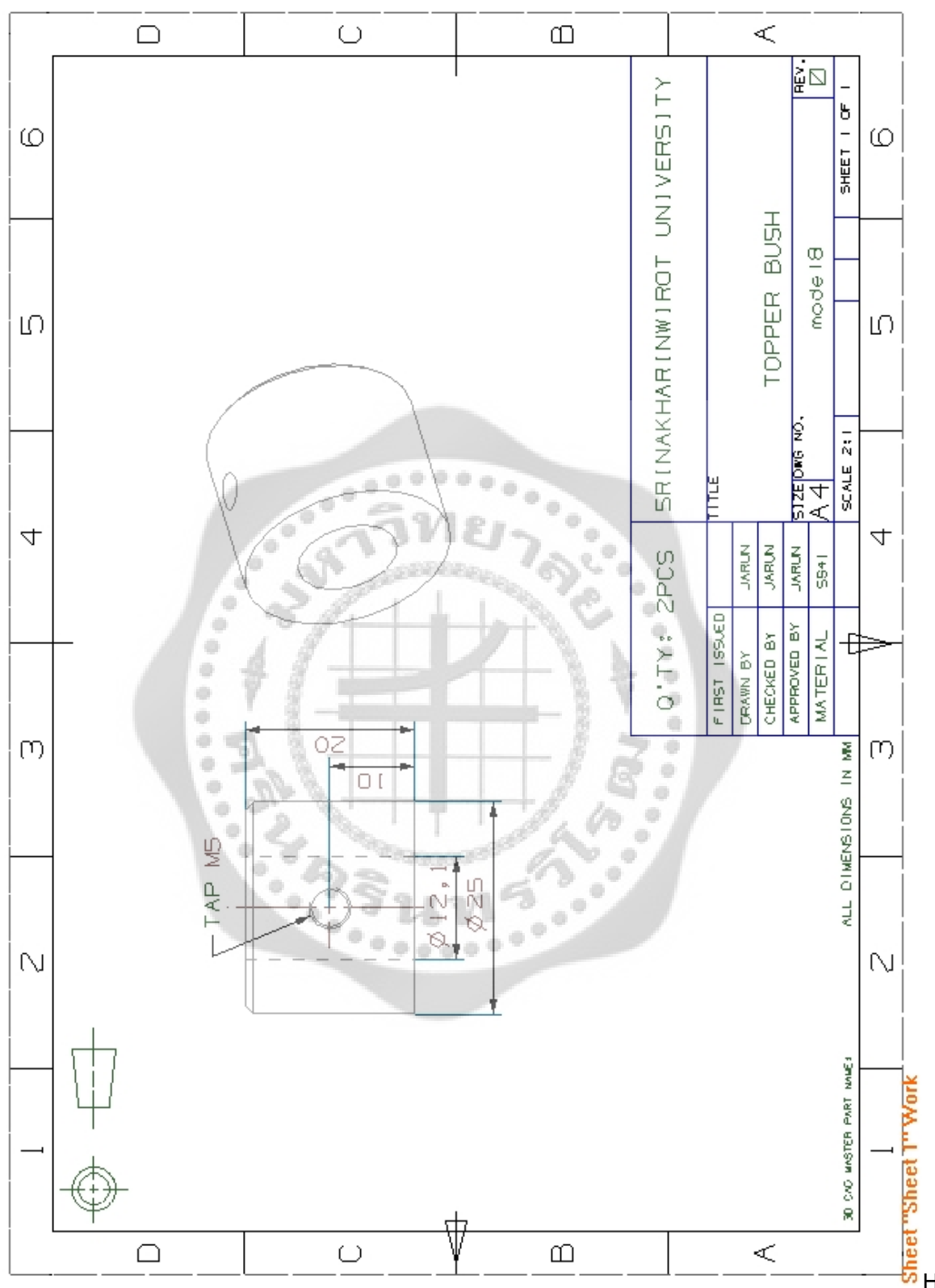
ภาพประกอบ 26 แบบแสดงภาพ ยูรีเทน



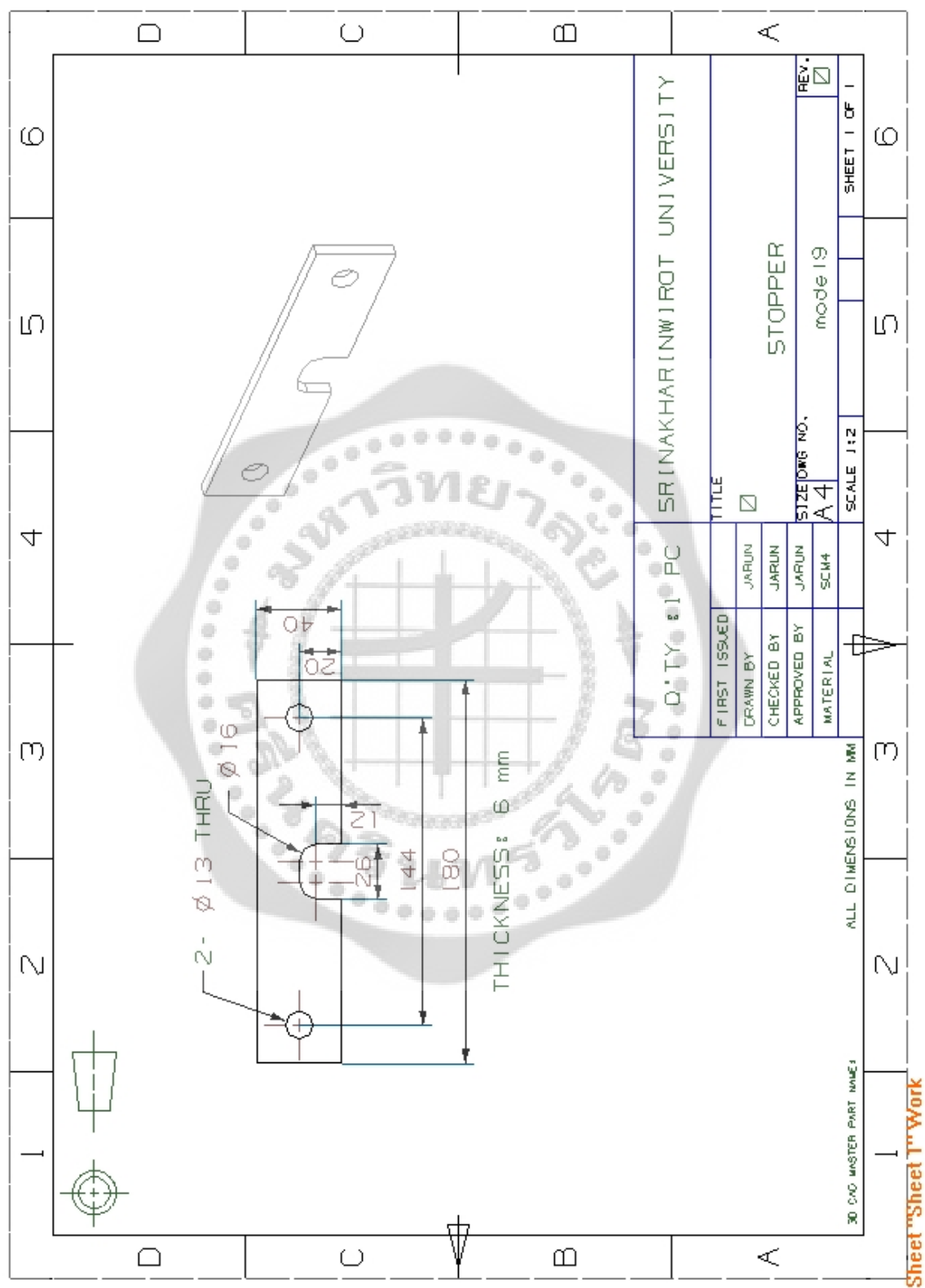
ภาพประกอบ 27 แบบแสดงตัวรองรับ ตั้งความยาว



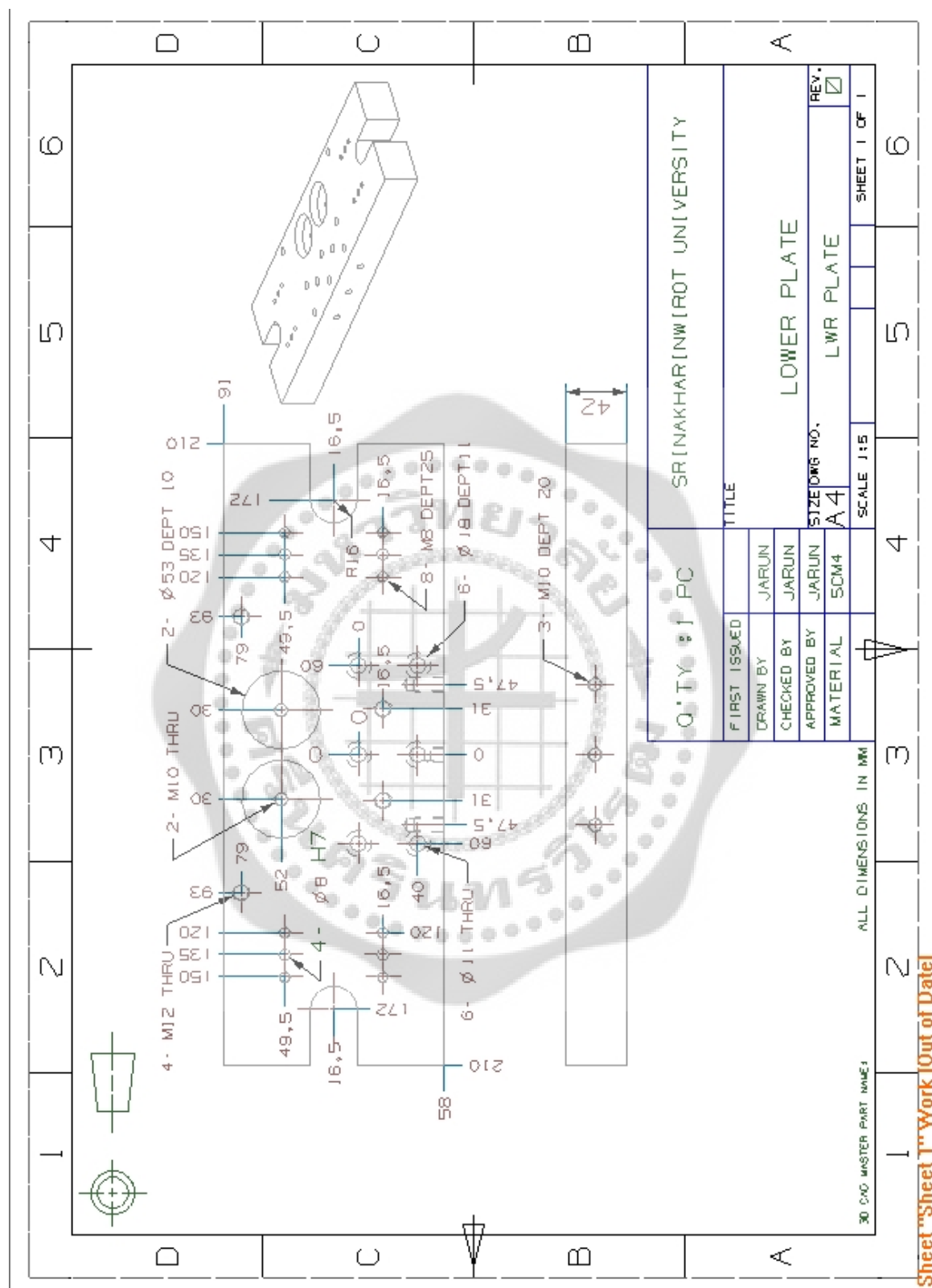
ภาพประกอบ 28 แบบแสดงภาพ ตัวตั้งความยาว



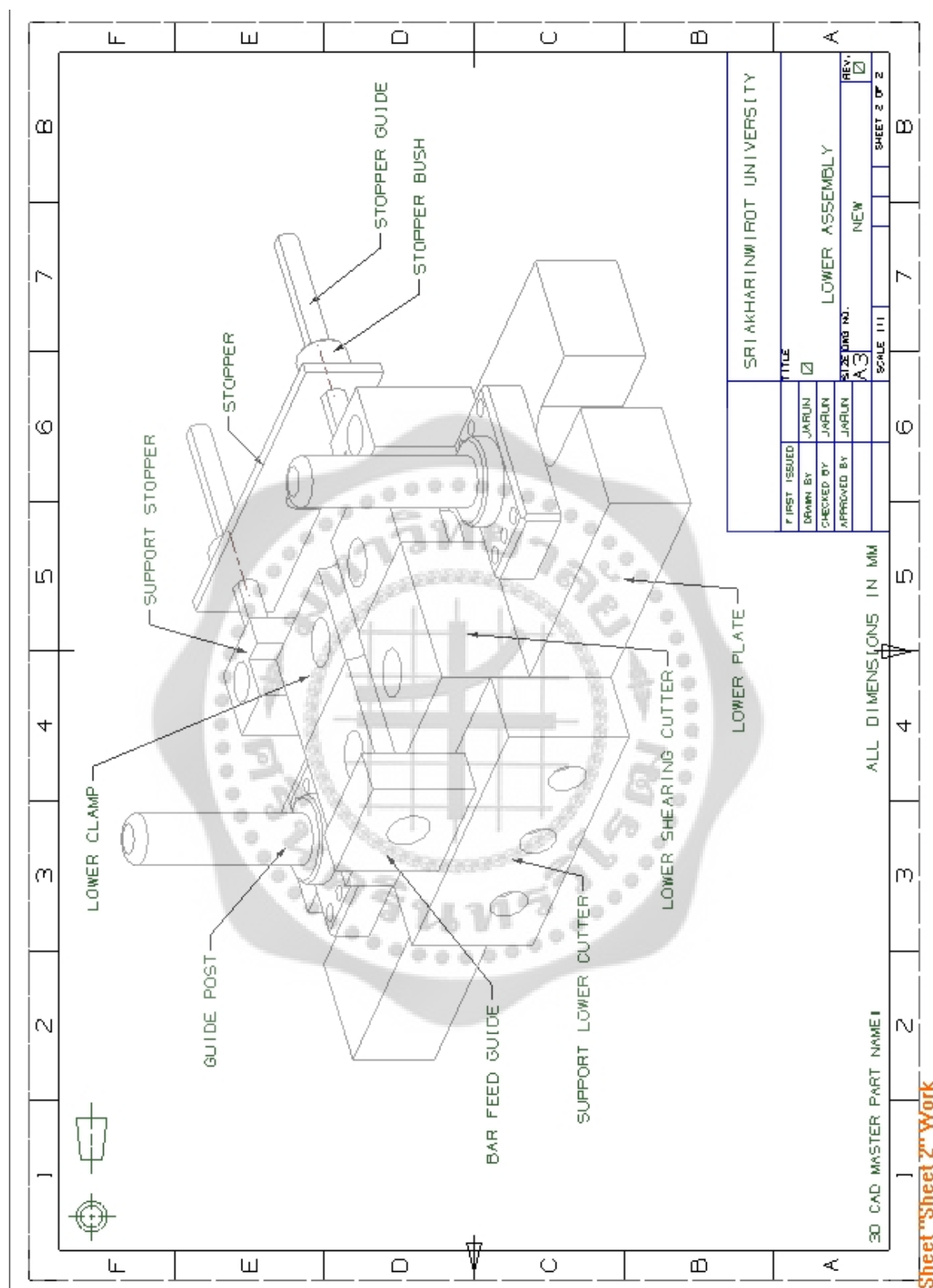
ภาพประกอบ 29 แบบแสดงภาพ ไม้ขี้ผึ้งลือกความยาว



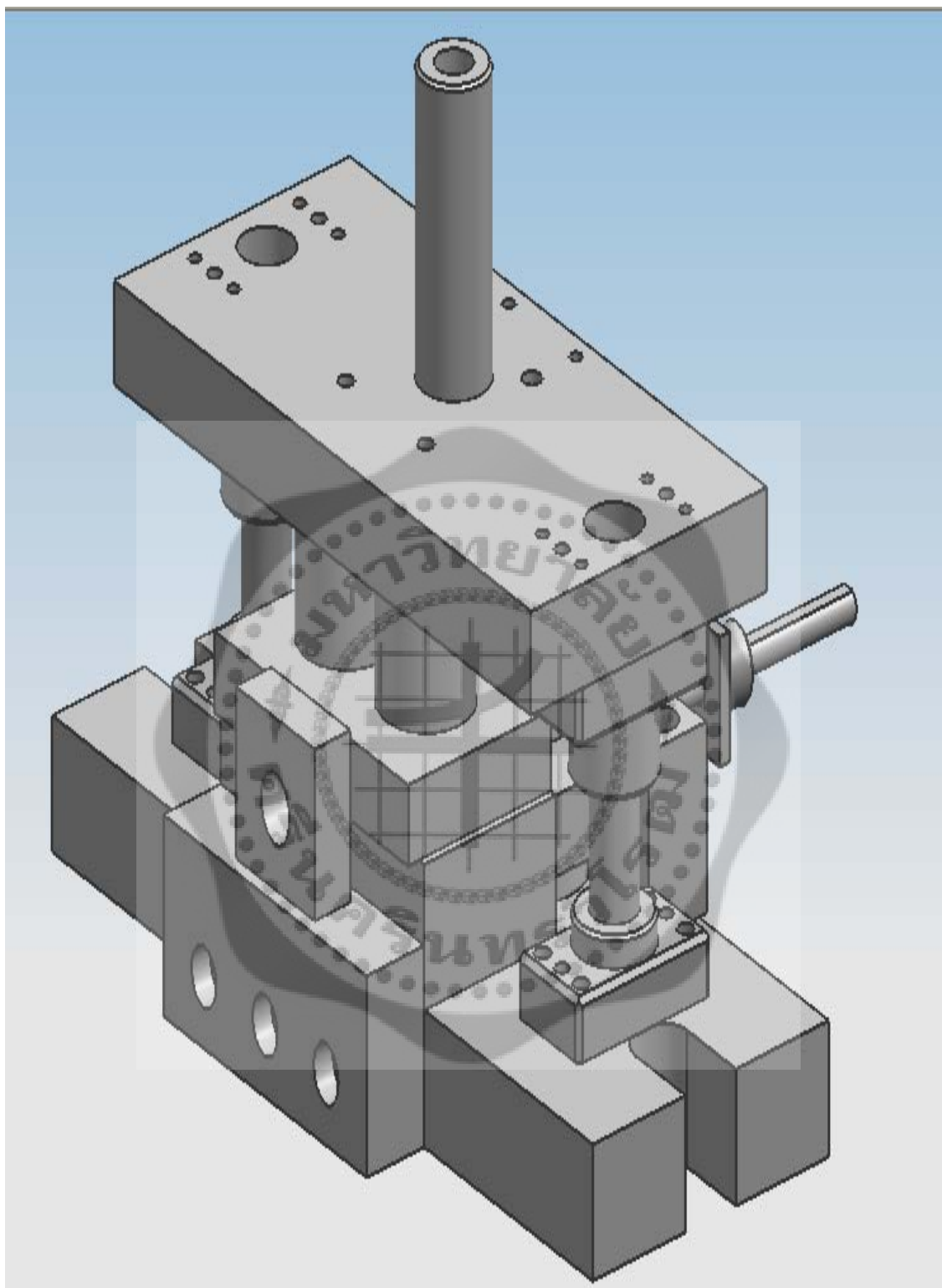
ภาพประกอบ 30 แบบแสดงภาพ ตัวตั้งความยาว



ภาพประกอบ 31 แบบแสดงภาพ แผ่นรองรับชุดฉายส์



ภาพประกอบ 32 แบบแสดงภาพ ชุดประกอบด้าย



ภาพประกอบ 33 แบบแสดงภาพ ชุดฟันซ์และชุดดาวยส์

3. ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเอกสารออกแบบและวัสดุอุปกรณ์ของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร

หลังจากออกแบบแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร และเลือกวัสดุที่เหมาะสมเรียบร้อยแล้ว โดย นาย บุญเฟ่ง ไชยเดช ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านงานออกแบบแม่พิมพ์ จากการออกแบบแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร และเลือกวัสดุที่เหมาะสมเรียบร้อยแล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบลักษณะทางกายภาพและวัสดุที่เลือกใช้ข้อบกพร่องต่างๆ รวมทั้งข้อเสนอแนะการปรับปรุงเพิ่มเติมจนได้แบบที่สมบูรณ์

4. กำหนดรายการวัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร

การสร้างแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรเพื่อการศึกษาครั้งนี้ใช้วัสดุและอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยด้วยวิธีทดลอง ซึ่งจะต้องใช้วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์เป็นส่วนใหญ่ ผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.1 รายการวัสดุ

4.1.1 ชุดพื้นซ์เป็นชุดบนของแม่พิมพ์ ประกอบด้วย

4.1.1.1 แผ่นเหล็กขนาด 92 X 152 X 25.4 มิลลิเมตรใช้วัสดุเหล็ก DC 53 (ตามตารางโลหะ) = 1 ชิ้น มามิลลิ่งผิวให้ได้ขนาด 90 X 150 X 25 มิลลิเมตร และนำมาเจาะรูขนาด 12 มิลลิเมตร ทำร่องตามแบบโดยใช้เครื่องมือลึงกัด ตามขนาดที่กำหนดไว้ตามแบบ ดังภาพประกอบ 15

4.1.1.2 แผ่นเหล็กขนาด 52 X 92 X 32 มิลลิเมตรใช้ทำตัวยึดใบตัดของพื้นซ์ โดยใช้เครื่องมือลึงกัดให้ได้ ตามขนาด 52 X 90 X 30 มิลลิเมตร วัสดุ SCM 4 เจาะรู ดังภาพประกอบ 16

4.1.1.3 แผ่นเหล็กขนาด 95 X 46 X 75 วัสดุ DC53 โดยใช้เครื่องมือลึงกัดให้ได้ตามขนาด 93 X 44 X 72 มิลลิเมตร ทำการชุบแข็ง และ เจียรให้ได้ความคมซึ่งใช้ทำใบตัด ดังภาพประกอบ 17

4.1.1.4 แผ่นเหล็กขนาด 165 X 85 X 32 มิลลิเมตร วัสดุ SCM 4 มามิลลิ่งและเจาะให้ได้ตามขนาด 162 X 83 X 32 มิลลิเมตร เพื่อใช้ทำฐานของชุดพื้นซ์ทั้งหมด ดังภาพประกอบ 18

4.1.1.5 ยูรีเทนขนาด OD 50 X 50 เจาะและปาดผิวหน้าให้ได้ ขนาด OD 50 X 47 ดังภาพประกอบ 19

4.1.1.6 เพลากลมขนาด OD 38 X 100 มิลลิเมตร วัสดุ SCM 4 เจาะรูและปาดผิวหน้าเพื่อสร้างตัวยึดปั๊มตัด ดังภาพประกอบ 20

4.1.1.7 แสดงภาพการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของชุดพื้นซ์ ดังภาพประกอบ 21

4.1.2 ชุดายล์ซึ่งเป็นชุดด้านล่างของแม่พิมพ์ตัด

4.1.2.1 แผ่นเหล็กขนาด 64 X 160 X 38.5 มิลลิเมตร วัสดุ SCM 4 นำมากัด มิลลิ่ง และ เจาะรู ให้ได้ตามขนาดตามแบบ ดังภาพประกอบ 22

4.1.2.2 ตัวนำเพลาชั๊นงาน (Bar Feed Guide) แผ่นเหล็กขนาด 55 X 63 X 25 มิลลิเมตร วัสดุ SCM 4 นำมากัด มิลลิ่ง และ เจาะรูตามแบบ ดังภาพประกอบ 23

4.1.2.3 แผ่นใบตัด (Lower Shearing Cutter) วัสดุ DC 53 นำมากัดให้ได้ ขนาด 80 X 42 X 50 มิลลิเมตร ได้ขนาดใกล้เคียงแบบ ชุบแข็ง และ เจียรให้ได้ขนาดตามแบบ 79 X 41.5 X 45 ดังภาพประกอบ 24

4.1.2.4 ตัวล็อกเพลาชั๊นงาน (Lower Clamp) แผ่นเหล็กขนาด 160 X 60 X 25 มิลลิเมตร วัสดุ DC 53 นำมากัด เจาะรูให้ได้ตามแบบ ตามขนาด 158 X 56 X 25 มิลลิเมตร ดังภาพประกอบ 25

4.1.2.5 ยูรีเทน (Cushion Urethane) ขนาด OD 50 X 32 ปาดผิวหน้า และ เจาะรูให้ได้ขนาด OD 50 X 30 มิลลิเมตร ดังภาพประกอบ 26

4.1.2.6 ตัวรองรับตัวปรับความยาว (Support Stopper) เหล็กแผ่นขนาด 60 X 40 X 38 วัสดุ SCM 4 นำมากัด มิลลิ่ง และ เจาะรู ตามแบบให้ได้ขนาด 59 X 40 X 37 มิลลิเมตร ดังภาพประกอบ 27

4.1.2.7 เพลตัวตั้งความยาว เพลขนาด OD 12 X 120 นำมาปาดผิวหน้า กัดและ มิลลิ่ง ดังภาพประกอบ 28

4.1.2.8 บูชล็อกตั้งความยาว (Stopper Bush) เหล็กเพล วัสดุ SS41 ขนาด OD 25 X 20 นำมาปาดผิวหน้า และ เจาะ ดังภาพประกอบ 29

4.1.2.9 แผ่นตั้งความยาว (Stopper) วัสดุ SS41 ขนาด 40 X 180 X 6 มิลลิเมตร นำมาเจาะตามแบบ ดังภาพประกอบ 30

4.1.2.10 ฐานยึดชุดด้าย (Lower Plates) ขนาด 210 X 91 X 42 วัสดุ SCM 4 นำมาดัดภาพประกอบที่ กัด เจาะ ตามขนาด ดังภาพประกอบ 31

4.1.2.11 ภาพประกอบชุดด้าย เมื่อนำชิ้นส่วนต่าง ๆ มาประกอบ 32

4.2 รายการเครื่องมืออุปกรณ์

4.2.1 เครื่องกลึงพร้อมอุปกรณ์	1	เครื่อง
4.2.2 เครื่องกัด (Milling)	1	เครื่อง
4.2.3 เจียรราบ	1	เครื่อง
4.2.4 ฟุตเหล็ก	1	อัน
4.2.5 เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	1	อัน
4.2.6 ประแจแอล	1	อัน

5. กำหนดระยะเวลาสถานที่การสร้างการติดตั้งและการทดลอง

สถานที่สำหรับใช้ในการทดสอบแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ผู้วิจัยได้ใช้ บ.เจพีแอล (ประเทศไทย) จำกัด ในการสร้างแม่พิมพ์ตัดเหล็ก ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยใช้เวลารวมระยะเวลา 3 เดือน

5.1 ระยะเวลาในการสร้างแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดความโต 20 มิลลิเมตรเริ่มต้นจนสร้างเสร็จรวมถึงการทดลอง เริ่มวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ 2551 ถึง วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ.2551

5.2 สถานที่สร้าง บริษัท.เจ พี แอล (ประเทศไทย) จำกัด

5.3 สถานที่ทดลองบริษัท เจ พี แอล (ประเทศไทย) จำกัด

6. ทดลองการทำงานเพื่อหาประสิทธิภาพและสมรรถนะลักษณะทางกายภาพแม่พิมพ์ตัดเหล็ก โดยแยกออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ เหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร

6.1 ประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรยาว 90 มิลลิเมตร

6.1.1 สามารถตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร

6.1.2 ความกลมเสียรูปไม่เกิน 0.3 มิลลิเมตร

6.1.3 พื้นที่หน้าตัดปลายเหล็กที่ตัดไม่เอียงเกิน 1 มิลลิเมตร / ข้าง

6.1.4 ความตรงของเหล็กหลังตัดแล้วไม่คด

6.2 สมรรถนะลักษณะทางกายภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ยาว 90 มิลลิเมตร

6.2.1 ลักษณะทางกายภาพด้านความประหยัดอยู่ในเกณฑ์ดี

6.2.2 ลักษณะกายภาพด้านความแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์ดี

6.2.3 ลักษณะกายภาพด้านความปลอดภัยอยู่ในเกณฑ์ดี

7. ให้ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบประสิทธิภาพและลักษณะทางกายภาพภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลม ดังนี้

เหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร

7.1 ประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ยาว 90 มิลลิเมตร

7.1.1 สามารถตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร

7.1.2 ความกลมเสียรูปไม่เกิน 0.3 มิลลิเมตร

7.1.3 พื้นที่หน้าตัดปลายเหล็กที่ตัดไม่เอียงเกิน 1 มิลลิเมตร / ข้าง

7.1.4 ความตรงของเหล็กหลังตัดแล้วไม่คด

7.2 สมรรถนะลักษณะทางกายภาพของแม่พิมพ์เหล็กเพลากลมขนาดความโต 20 มิลลิเมตร ยาว 90 มิลลิเมตร

7.2.1 ลักษณะทางกายภาพด้านความประหยัดอยู่ในเกณฑ์ดี

7.2.2 ลักษณะกายภาพด้านความแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์ดี

7.2.3 ลักษณะกายภาพด้านความปลอดภัยอยู่ในเกณฑ์ดี

7.3 สรุปผลการทดลองสมรรถนะลักษณะกายภาพและประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร วิจัยได้กำหนดดังนี้

มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) กำหนดเป็น 5 ระดับตามวิธีของ เคอร์ท

5	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับดีมาก
4	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับดี
3	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับพอใช้
2	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง
1	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับที่ไม่ได้

7.3 เป็นคำถามปลายเปิดสำหรับผู้เชี่ยวชาญ 2 กลุ่ม ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกล (แม่พิมพ์ตัด) ในการประเมินและแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมและเสนอแนะต่าง ๆ

การดำเนินการเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ

7.4.1. ติดต่อผู้เชี่ยวชาญเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ

7.4.2. มอบคู่มือการใช้งานก่อนการดำเนินการทดสอบ

7.4.3. แนะนำการใช้งานและให้ผู้เชี่ยวชาญทดลองใช้

7.4.4. เมื่อทดลองใช้แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นลงในแบบประเมินความเหมาะสมด้านการใช้งาน

7.4.5 นำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป

8. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลการประเมินผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านการใช้งานของแม่พิมพ์ตัดเหล็ก OD 20 มิลลิเมตร จากผู้เชี่ยวชาญ มาคำนวณด้วยวิธีทางสถิติ ดังนี้

8.1 สถิติที่ใช้ในการคำนวณคะแนน

8.1.1 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ	$\bar{X}$	คือ	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
	$\sum X$	คือ	ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด
	N	คือ	จำนวนกลุ่มตัวอย่างประชากร

8.1.2 หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$SD = \sqrt{\frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ	SD	คือ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มประชากร
	X	คือ	ข้อมูลแต่ละจำนวน
	N	คือ	จำนวนของกลุ่มประชากร

8.1.3 กำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ยต่าง ๆ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	แปลความ
4.50 - 5.00	ดีมาก
3.50 - 4.49	ดี
2.50 - 3.49	พอใช้
1.50 - 2.49	ต้องปรับปรุง
1.00 - 1.49	ใช้ไม่ได้

8.1.4 กำหนดเกณฑ์ในการแปลความทางด้ายกายภาพดังต่อไปนี้

คะแนน		แปลความ
5	ดีมาก	ผ่านเกณฑ์
4	ดี	ผ่านเกณฑ์
3	พอใช้	ไม่ผ่านเกณฑ์
2	ต้องปรับปรุง	ไม่ผ่านเกณฑ์
1	ใช้ไม่ได้	ไม่ผ่านเกณฑ์

8.2 การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล จัดกระทำ 2 แบบ ดังนี้

8.2.1 เสนอเป็นการบรรยายเกี่ยวกับประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็ก ของตาราง แปลความหมายเกี่ยวกับข้อมูลที่เป็นการประเมินประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กของผู้เชี่ยวชาญ ผู้ประกอบธุรกิจอุตสาหกรรม

8.2.2 ส่วนข้อมูลจากคำถามปลายเปิดแสดงความคิดเห็นอิสระ ผู้วิจัยนำคำตอบและ ข้อเสนอแนะมารวบรวมเรียงลำดับเสนอเป็นข้อๆ จากข้อที่มีความถี่ของผู้ตอบมากที่สุดไปจนถึง น้อยที่สุดตามลำดับ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญต่าง ๆ จำนวน 8 ขั้นตอนดังนี้ขั้นตอนที่ 1. ศึกษารายละเอียดต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบสร้างแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร 2. ออกแบบแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรยาว 90 มิลลิเมตร 3. ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบการออกแบบแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ยาว 90 มิลลิเมตร 4. กำหนดรายการวัสดุและเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรความยาว 90 มิลลิเมตร 5. กำหนดระยะเวลาสถานที่การสร้างการประกอบติดตั้งและทดลอง 6. ทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพและประเมินสมรรถนะของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร 7. ผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพและสมรรถนะของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร 8. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

20 มิลลิเมตร

1. ออกแบบและสร้างตามหลักการออกแบบแม่พิมพ์ ซึ่งมีอุปกรณ์ที่สร้าง และวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์โดยเฉพาะแม่พิมพ์ประกอบด้วย 2 ส่วนด้วยกัน คือ ชุดพ่นซ์ และตายส์ ชุดตายส์ประกอบด้วยชิ้นส่วนดังนี้ แผ่นตัวรองรับใบมีด (Support Upper Cutter) ขนาดความกว้าง 62 มิลลิเมตรความยาว 158 มิลลิเมตร ความหนา 36.5 มิลลิเมตร วัสดุ SCM 4 ตัวนำเพลาชั่งงาน (Bar Feed Guide) ขนาดความกว้าง 56 มิลลิเมตร ความยาว 63 มิลลิเมตร ความหนา 25 มิลลิเมตร วัสดุ SCM 4 แผ่นใบตัด (Upper Shearing Cutter) ขนาดความกว้าง 41.5 มิลลิเมตร ความยาว 79 มิลลิเมตร ความหนา 45 มิลลิเมตร วัสดุ DC 53 ชุดที่ความแข็ง 58 HRC ทำการเจียรไนใบมีดให้มีความคม ตัวล็อกเพลาชั่งงาน (Lower Clamp) เหล็กขนาดความกว้าง 56 มิลลิเมตร ความยาว 158 มิลลิเมตร ความหนา 25 มิลลิเมตร เหล็ก SCM 4 ยูรีเทน (Cushion Urethane) ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ความยาว 30 มิลลิเมตร ตัวรองรับตัวปรับความยาว (Support Stopper) ขนาดความกว้าง 40 มิลลิเมตร ความยาว 59 มิลลิเมตร ความหนา 37 มิลลิเมตร วัสดุ SCM 4 เพลาดัดตั้งความยาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตรความยาว 20 มิลลิเมตร บุทช์ล็อกตั้งความยาว (Stopper Bush) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตรความยาว 20 มิลลิเมตร แผ่นตั้งความยาว (Stopper) วัสดุ SS41 ขนาดความกว้าง 40 มิลลิเมตร ความยาว 180 มิลลิเมตร ความหนา 6 มิลลิเมตร ฐานยึดชุดตายส์ (Lower plate) ขนาด ความกว้าง 91 มิลลิเมตร ความยาว 210 มิลลิเมตร ความหนา 42 มิลลิเมตร วัสดุ SCM 4 ส่วนที่ 2 คือชุดพ่นซ์ ประกอบด้วย ชุดล็อกเพลาชั่งงาน (Upper Clamp) ขนาด ความกว้าง 90 มิลลิเมตร ความยาว 150 มิลลิเมตร ความหนา 42 25 มิลลิเมตร วัสดุ SCM 4 ชุดยึดใบตัด

(Support Cutter) ขนาดความกว้าง 52 มิลลิเมตร ความยาว 90 มิลลิเมตร ความหนา 30 มิลลิเมตร
 ใบตัด (Upper Shearing) ขนาดความกว้าง 93 มิลลิเมตรความยาว 72 มิลลิเมตร ความหนา 44 มิลลิเมตร
 วัสดุเหล็ก DC 53 ผ่านกระบวนการชุบแข็ง ที่ 58 HRC ชุดรองรับชุดพื้นที่ทั้งหมด (Upper Plate)
 ขนาดความกว้าง 66 มิลลิเมตร ความยาว 162 มิลลิเมตร ความหนา 32 มิลลิเมตร ยูรีเทน (Upper
 Urethane) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ความยาว 47 มิลลิเมตร ตัวยึดใบตัด (Shank)
 ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตรความยาว 97 มิลลิเมตร

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพแม่พิมพ์ตัดเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20.0 มิลลิเมตรที่
 ความยาว 90 มิลลิเมตรดังต่อไปนี้ (ตาราง 3)

2.1 สามารถตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ความยาว
 90 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละร้อย

2.2 ความกลมเสียรูปไม่เกิน 0.3 มิลลิเมตรจากการทดลองได้ = 0.04 มิลลิเมตร คิดเป็น
 ร้อยละร้อย

2.3 ความเอียงของพื้นที่ปลายหน้าตัดเอียงไม่เกิน 1 มิลลิเมตร / ข้าง จากการทดลอง
 ได้ = 0.59 และ 0.61 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละร้อย

2.4 ความตรงของเหล็กหลังตัดแล้วไม่คดงอ คิดเป็นร้อยละร้อย

3. ผลการประเมินสมรรถนะแม่พิมพ์ตัดเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20.0 มิลลิเมตรที่
 ความยาว 90 มิลลิเมตรดังต่อไปนี้(ตารางที่4)ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คนผู้เชี่ยวชาญทางด้าน
 เครื่องกล คนที่ 1 คือ นาย วิศิษฐ์ คงลิขิต วศบ.เครื่องกล มหาวิทยาลัยมหานคร ผู้จัดการโรงงาน
 บริษัทสตาร์โซลเลส์ กรุ๊ป จำกัด และผู้เชี่ยวชาญทางด้านแม่พิมพ์ตัดเหล็กคนที่ 2 คือนาย บุญเพ็ง
 ไชยเดช วศบ (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรรมการผู้จัดการ บริษัท บี พี เอส
 เอ็นจิเนียริง คนที่ 3 นาย ถาวร รัตนพันธ์ วศบ อุตสาหการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรรมการ
 ผู้จัดการบริษัท ที.วี.บี.เอส จำกัด สามารถสรุปผลโดยรวมอยู่ในระดับดี ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้
 (ตาราง 6)

3.1 ความประหยัด อยู่ระดับพอใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.33

3.2 ความแข็งแรง อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22

3.3 ความปลอดภัย อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44

ตาราง 3 ผลการวัดประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลาการขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ตัดที่มีความยาว 90 มิลลิเมตร N = 10

NO	INSPECTION ITEM	METHOD	STANDARD	DISCRPTIONS										UNIT : MM	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	X	
1	ปลายด้าน A	VERNIER	90.0 MM	90.50	90.56	90.57	90.50	90.78	90.68	90.34	90.80	90.86	90.35	90.59	
2	ปลายด้าน B	VERNIER	90.0 MM	90.48	90.50	90.65	90.61	90.69	90.69	90.48	90.76	90.78	90.50	90.61	
3	การเสียรูปความกลม	VERNIER	20 MM	19.98	19.97	19.98	19.97	19.98	19.88	19.97	19.89	19.98	19.97	19.96	
4	ความตรงของเหล็ก	VISUAL	ไม่คดงอ	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
5	APPRANCE	VISUAL	ไม่เป็นสนิม	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
6	APPRANCE	VISUAL	ไม่ขาดแหง	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
7	วัดดูดิบ	mill sheet	S 45 C	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
หมายเหตุ การวัด 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 หมายถึงความยาว ทุก ๆ 100 ชิ้น จะสุ่มวัดชิ้นหนึ่ง															
REMARK : หมายเหตุ การสุ่มตัวอย่างตรวจเช็ค 100 ชิ้น / 1 ตัวอย่าง														RESULT	
														OK	
														NG	

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการตัดของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรความยาว 90 มิลลิเมตร

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ทั้ง 3 ครั้งดังแสดงในตารางที่ 3 สามารถวิเคราะห์ข้อมูลของการทดสอบประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรและความยาว 90 มิลลิเมตรได้ทำการตรวจเช็คโดยการวัดส้อมตัวอย่างจำนวน 10 ตัวอย่างในจำนวน 1000 ชิ้นพื้นที่หน้าตัดมีความเอียงต่ำสุดเท่ากับ .34 และพื้นที่หน้าตัดที่สูงสุดจะเท่ากับ .69 ซึ่งยังอยู่ในค่าพิสัยที่กำหนดรวมถึงค่าเฉลี่ยแต่ละข้างเท่ากับ .59 และ .61 จะอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ไม่เกิน 1 มิลลิเมตร / ข้าง ส่วนค่าความกลมของเหล็กเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 20 มิลลิเมตรเมื่อถูกแม่พิมพ์ตัดเหล็กกดลงมาเพื่อตัด จะได้ค่าความกลมเกือบร้อยเปอร์เซ็นต์เพราะการรองรับแรงกระแทกที่สมบูรณ์ได้ค่าดังนี้ 19.96 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่า -0.03 มิลลิเมตร และค่า 19.96 มิลลิเมตร ซึ่งทั้งสองค่าที่ได้ไม่เกิน 0.3 มิลลิเมตร จะเห็นได้ว่าความกลมของเหล็ก 20 มิลลิเมตรจะไม่เสียรูปความกลม

ตาราง 4 ผลสรุปประสิทธิภาพแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรที่
ความยาว 90 มิลลิเมตร

ลำดับที่	รายละเอียด	มาตรฐาน	ค่าความเผื่อ	ค่าเฉลี่ย
1	ความยาวด้าน A	90.0	+1	90.59
2	ความยาวด้าน B	90.0	+1	90.61
3	ความกลม	20.0	-0.3	19.96
4	ความตรง	ดี	ดี	ดี

จากตาราง 4 สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้ ค่าปลายด้าน A = .59 มิลลิเมตร มีความผิดพลาดไม่เกิน 1 มิลลิเมตร ปลายด้าน B เท่ากับ .61 มิลลิเมตร ซึ่งถือว่าไม่เกิน 1 มิลลิเมตรและความกลมที่วัดได้สูงสุด เท่ากับ 0.04 มิลลิเมตร ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าความกลมแทบจะไม่เสียรูปเลยโดยภาพรวมอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ การประเมิน สมรรถนะลักษณะทางกายภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ยาว 90 มิลลิเมตร โดยผู้เชี่ยวชาญ N = 3 คน

ตาราง 5 ผลการประเมินสมรรถนะลักษณะทางกายภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลม
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ยาว 90 มิลลิเมตร โดยผู้เชี่ยวชาญ N = 3 คน

หัวข้อประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญประเมิน			ค่าเฉลี่ยที่	SD	ความหมาย
	N1	N2	N3			
1. ความประหยัด						
1.1 วัสดุที่ใช้หาง่าย	3	4	3	3.33	.57	พอใช้
1.2 วัสดุที่ใช้ราคาถูก	2	2	3	2.33	.57	พอใช้
1.3 อุปกรณ์บำรุงรักษาหาง่าย	4	5	4	4.33	.57	ดี
ค่าเฉลี่ย				3.33		
2. ความแข็งแรง						
2.1 โครงสร้างรับแรงที่กระทำได้	4	4	3	3.67	.57	ดี
2.2 อุปกรณ์ทำจากวัสดุตามหลักวิศวกรรม	4	5	4	4.33	.57	ดี
2.3 ชิ้นส่วนประกอบถูกต้องตามองค์ประกอบแม่พิมพ์	4	5	5	4.66	.57	ดี
ค่าเฉลี่ย				4.22		
3. ความปลอดภัย						
3.1 ชิ้นส่วนออกแบบให้มีความปลอดภัย	5	5	5	5	0	ดีมาก
3.2 ขณะใช้งานจะเกิดเสียงปกติ	4	4	3	3.66	.577	ดี
3.3 ชิ้นส่วนภายในสามารถแยกชิ้นและประกอบได้	5	5	4	4.66	.577	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย				4.44		

จากตาราง 5 ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่าการประเมิน สมรรถนะลักษณะทางกายภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ยาว 90 มิลลิเมตรผู้เชี่ยวชาญ N = 3 มีความปลอดภัยมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ 5 รองลงมาคือความแข็งแรงในด้านอุปกรณ์ชิ้นส่วนประกอบถูกต้องตามองค์ประกอบแม่พิมพ์โดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.66 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีมากส่วนในด้านวัสดุโครงสร้างราคาถูกเท่ากับ 2.33 ควรปรับปรุงแต่การกระทำแม่พิมพ์มีความจำเป็นต้องใช้วัสดุที่เป็นไปตามหลักการด้านวิศวกรรมสร้างแม่พิมพ์เพื่อความปลอดภัยและได้ประสิทธิภาพสูงสุด

ตาราง 6 ผลสรุปการประเมินสมรรถนะลักษณะทางกายภาพของผู้เชี่ยวชาญ N = 3 คน

หัวข้อประเมิน	ค่าเฉลี่ย	SD	ความหมาย
1 ความประหยัด	3.33	.57	พอใช้
2 ความแข็งแรง	4.22	.50	ดี
3 ความปลอดภัย	4.44	.70	ดี
ค่าเฉลี่ย	3.99	.10	ดี

จากตาราง 6 ผลสรุปการประเมิน สมรรถนะลักษณะทางกายภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ยาว 90 มิลลิเมตรจากผู้เชี่ยวชาญ สามารถวิเคราะห์ข้อมูล สมรรถนะลักษณะกายภาพด้านความปลอดภัยอยู่ในเกณฑ์ดี เท่ากับ 4.44 รองลงมา ลักษณะกายภาพด้านความแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์ดีเท่ากับ 4.22 และสมรรถนะลักษณะทางกายภาพด้านความประหยัดอยู่ในเกณฑ์ดีเท่ากับ 3.33 อยู่ในระดับพอใช้จากการประเมินโดยรวมเท่ากับ 3.99 แม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ยาว 90 มิลลิเมตรอยู่ในเกณฑ์ดี

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และเสนอแนะ

การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมเพื่อตัดเหล็กเพลามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรและความยาว 90 มิลลิเมตรได้ออกแบบสร้างตามหลักการด้านวิศวกรรมและทดสอบหาประสิทธิภาพการตัดและสมรรถนะลักษณะทางกายภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกลและประกอบการด้านธุรกิจอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ปั๊มเหล็กและธุรกิจสร้างแม่พิมพ์รวมทั้งสิ้น 3 คนเป็นผู้ประเมินสมรรถนะของแม่พิมพ์ปั๊มตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรและความยาว 90 มิลลิเมตร

สรุปผลการวิจัย

1. ผู้วิจัยการออกแบบสร้างแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรตัดที่มีความยาว 90 มิลลิเมตร ได้ออกแบบ และ สร้างตามหลักการออกแบบแม่พิมพ์ ซึ่งมีอุปกรณ์ที่สร้าง และวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์โดยเฉพาะ แม่พิมพ์ประกอบด้วย 2 ส่วนด้วยกัน คือ ชุด 펀ช์ และ ดายส์ ชุดดายส์ประกอบด้วยชิ้นส่วนดังนี้ แผ่นตัวรองรับใบมีด (Support Upper Cutter) ขนาดความกว้าง 62 มิลลิเมตร ความยาว 158 มิลลิเมตร ความสูง 36.5 มิลลิเมตร วัสดุ SCM 4 ตัวนำเพลาชั่งงาน (Bar Feed Guide) ขนาดความกว้าง 56 มิลลิเมตร ความยาว 63 มิลลิเมตร ความสูง 25 มิลลิเมตร วัสดุ SCM 4 แผ่นใบตัด (Upper Shearing Cutter) ขนาดความกว้าง 41.5 มิลลิเมตร ความยาว 79 มิลลิเมตร ความสูง 45 มิลลิเมตร วัสดุ DC 53 ชุดที่ความแข็ง 58 HRC ทำการเจียรไนใบมีดให้มีความคม ตัวล็อกเพลาชั่งงาน (Lower Clamp) เหล็กขนาดความกว้าง 56 มิลลิเมตร ความยาว 158 มิลลิเมตร ความสูง 25 มิลลิเมตร เหล็ก SCM 4 ยูรีเทน (Cushion Urethane) ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ความยาว 30 มิลลิเมตร ตัวรองรับตัวปรับความยาว (Support Stopper) ขนาดความกว้าง 40 มิลลิเมตร ความยาว 59 มิลลิเมตร ความสูง 37 มิลลิเมตร วัสดุ SCM 4 เพลาดัดตั้งความยาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 ความยาว 20 มิลลิเมตร บูทช้อล็อกตั้งความยาว (Stopper Bush) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 ความยาว 20 มิลลิเมตร แผ่นตั้งความยาว (Stopper) วัสดุ SS41 ขนาดความกว้าง 40 มิลลิเมตร ความยาว 180 มิลลิเมตร ความสูง 6 มิลลิเมตร ฐานยึดชุดดายส์ (Lower plate) ขนาดความกว้าง 210 ความยาว 91 มิลลิเมตร ความสูง 42 มิลลิเมตร วัสดุ SCM 4 ส่วนที่ 2 คือชุด 펀ช์ ประกอบด้วย ชุดล็อกเพลาชั่งงาน (Upper Clamp) ขนาดความกว้าง 90 มิลลิเมตร ความยาว 150 มิลลิเมตร ความสูง 25 มิลลิเมตร วัสดุ SCM 4 ชุดยึดใบตัด (Support Cutter) ขนาดความกว้าง 52 มิลลิเมตร ความยาว 90 มิลลิเมตร ความสูง 30 มิลลิเมตร ใบตัด (Upper Shearing) ขนาดความกว้าง 72 มิลลิเมตร ความยาว 93 มิลลิเมตร ความสูง 44 มิลลิเมตร วัสดุเหล็ก DC 53 ผ่านกระบวนการชุบแข็ง ที่ 58 HRC ชุดรองรับชุด 펀ช์ทั้งหมด (Upper Plate)

ขนาดความกว้าง 66 มิลลิเมตร ความยาว 162 มิลลิเมตร ความสูง 32 มิลลิเมตร ยูรีเทน (Upper Urethane) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 ความยาว 47 มิลลิเมตร ตัวยึดปั๊มตัด (Shank) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 ความยาว 97 มิลลิเมตร

2. ประสิทธิภาพ แม่พิมพ์ตัดเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20.0 มิลลิเมตร

2.1 สามารถตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ได้ยาว 90 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละร้อย

2.2 ความกลมเสียรูปไม่เกิน 0.3 มิลลิเมตรจากการทดลองได้ = 0.04 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละร้อย

2.3 ความเอียงของพื้นที่ปลายหน้าตัดเอียงไม่เกิน 1 มิลลิเมตร / ช่าง จากการทดลองได้ = 0.59 และ 0.61 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละร้อย

2.4 ความตรงของเหล็กหลังตัดแล้วไม่คดงอ คิดเป็นร้อยละศูนย์

3. ลักษณะทางกายภาพประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน สามารถสรุปผลโดยรวมอยู่ในระดับดี ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ความประหยัด อยู่ระดับพอใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.33

3.2 ความแข็งแรง อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22

3.3 ความปลอดภัย อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44

อภิปรายผล

1. ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างพัฒนาแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร โดยได้ใช้แนวความคิดและทฤษฎีการตัดโลหะแผ่น (จุลศิริ ศรีงามผ่อง, 2540: 1.1) ซึ่งสามารถผลิตงานได้รวดเร็วและมีความละเอียดปานกลางทำให้ผลิตงานได้อย่างรวดเร็วสามารถลดภาระคนงานและการบำรุงรักษา ก่อนออกแบบมีการศึกษาจากบริษัทปั๊มโลหะและอุตสาหกรรม การผลิตแม่พิมพ์ที่มีคุณภาพ และได้ทำการออกแบบโดย มีผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบแม่พิมพ์ ช่วยตรวจสอบความถูกต้องของแบบ อย่างละเอียดเพื่อให้ได้แบบที่ถูกต้องตามหลักการสร้างแม่พิมพ์ เมื่อตรวจแบบเห็นว่าถูกต้อง จึงได้กำหนดวัสดุอุปกรณ์ตามหลักวิศวกรรมที่ใช้ในการสร้างแม่พิมพ์ ตัดเหล็กเพลากลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรที่ความยาว 90 มิลลิเมตร โดยนำเหล็ก ตามแบบที่กำหนด ได้สร้างและทดลองตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2551 เสร็จสิ้น วันที่ 30 ธันวาคม 2551

2. การประเมินประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร สามารถตัดได้เหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ที่ความยาว 90 มิลลิเมตร ความเอียงของเหล็กไม่เกิน 1 มิลลิเมตร / ช่างจากการทดลองได้เท่ากับ 0.59 และ 0.61 มิลลิเมตร และการเสียรูปความกลมไม่เกิน 0.3 มิลลิเมตร จากการทดสอบได้ 0.04 มิลลิเมตร ซึ่งแทบจะไม่เสียความกลมเลยสามารถนำไปใช้งานได้ดีในขั้นตอนต่อไป

3. ผลการประเมินสมรรถนะลักษณะทางกายภาพแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 แบ่งออกเป็น 3 ด้านดังต่อไปนี้

3.1 ด้านความประหยัดจากแบบการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คนพบว่าความประหยัดอยู่ในระดับพอใช้ 3.33 ทั้งนี้เป็นเพราะว่าผู้วิจัยได้ใช้วัสดุถูกต้องตามหลักวิศวกรรมซึ่งมีราคาแพง ทำให้ต้นทุนสูง ในขณะที่สร้างผู้วิจัยได้บวกค่าความปลอดภัยอีกทำให้น้ำหนักเหล็กที่สร้างเพิ่มขึ้นทำให้ต้นทุนการสร้างเพิ่มขึ้น

3.2 ด้านความแข็งแรง อยู่ในระดับดีจากผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ย 4.22 สามารถรับแรงกระแทกได้เป็นอย่างดีขณะตัดเหล็กได้ดีที่ความยาว 90 มิลลิเมตรโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คนจากการฟังเสียงกระแทกขณะตัดซึ่งมีเสียงดังเบามาก

3.3 ด้านความปลอดภัยอยู่ในระดับดีโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 อยู่ในระดับดีเพราะวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ได้ออกแบบตามหลักวิศวกรรมโลหะที่นำมาสร้างเป็นโลหะที่ใช้ทำแม่พิมพ์โดยเฉพาะการใช้งานได้ง่าย

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้การศึกษาและค้นคว้านี้สมบูรณ์ผู้วิจัยได้เสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าในอนาคต

1. การออกแบบและสร้างด้านความประหยัดของวัสดุควรใช้วัสดุที่หาง่ายและราคาถูกกว่าด้านการบำรุงรักษาควรใส่น้ำมันตัดเมื่อทำการตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรยาว 90 มิลลิเมตรจะช่วยให้ลดการสึกหล่อของใบตัดและตัวยึดจับพันธ์กับแท่นปั๊มควรถอดได้เมื่อมีการเปลี่ยนขนาดปั๊ม

2. ด้านความแข็งแรงโครงสร้างการรับแรงกระแทกมีความแข็งแรงแต่ควรเปลี่ยนยูริเทนให้เป็นสปริงจะเพิ่มความแข็งแรงได้มากกว่า ชิ้นส่วนอุปกรณ์ควรเพิ่มขนาดไกด์โพลให้ใหญ่กว่าเดิม

3. ความปลอดภัยชิ้นส่วนทุกชิ้นมีความปลอดภัยสูงเนื่องจากโครงสร้างใหญ่เมื่อติดตั้งบนเครื่องปั๊มควรสร้างอุปกรณ์ป้องกันปิดจุดที่เคลื่อนไหวต่างๆ ให้มิดชิดเพื่อป้องกันอวัยวะต่างๆ ของร่างกายไม่ให้เข้าไปได้

4. ด้านประสิทธิภาพแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรที่ความยาว 90 มิลลิเมตรสามารถใช้งานได้แต่ความกลมของเหล็ก

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ด้านประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรที่ความยาว 90 มิลลิเมตรควรออกแบบให้ตัดความยาวอื่นๆ ได้

2. วัสดุที่ใช้รับแรงและบังคับเหล็กควรใช้สปริงซึ่งมีความคงทนมากกว่ายูริเทน

3. ควรออกแบบให้มีความกะทัดรัดและมีน้ำหนักเบาเพื่อจะได้ลดต้นทุนได้

4. ควรสร้างแม่พิมพ์ที่สามารถตัดเหล็กเพลากลมได้หลายขนาด



บรรณานุกรม

- จุลศิริ ศรีงานผ่อง. (2540). วิศวกรรมงานแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะแผ่นเบื้องต้น. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ. หน้า 71-74.
- _____. (2546). การคำนวณในงานแม่พิมพ์ตัด. เอกสารประกอบการสอน TME 437 Sheet Metal Die Design. หน้า 1-34.
- ชาญชัย ทรัพย์ากร, ประสิทธิ์ สวัสดิศรพ์ และวิรุฬ ประเสริฐวรนนท์. (2534). หนังสือออกแบบแม่พิมพ์. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). หน้า 9-16.
- _____. (2538). การออกแบบแม่พิมพ์. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: ดวงกมลสมัย. หน้า 85-86.
- ณรงค์เดช จันทวงษ์, ประยุทธ์ ธงเขียว และ สุรรรยง อติภูมิลักษณ์. (2542). การผลิตแม่พิมพ์แบบผสมเพื่อผลิตที่วางนามบัตร. ปรินูญานิพนธ์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- ดำรง ไชยธีรานุวัณศิริ. (2537). การขึ้นรูปโลหะ. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ธเนศ ลายเมฆ. (2539). พื้นฐานการออกแบบแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะ. กรุงเทพฯ : หน้า (3-1)-(3-34).
- ธวัชชัย แซ่ไคว้, สมภาพ เพชรคล้าย และ อรรถพร ทวีประดิษฐ์ผล. (2540). แม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะแผ่นแบบต่อเนื่อง. ปรินูญานิพนธ์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุคณะวิศวกรรมศาสตร์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- ธวัชชัย อาทกรกิจ และ นรเศรษฐ คำบำรุง. (2542). ได้ศึกษาแรงที่ใช้การตีขึ้นรูปจริงและแรงที่ได้จากการคำนวณ. ปรินูญานิพนธ์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- พงศ์เทพ บุญทัต และสุภัทรชัย วัฒนเจริญ. (2541). การศึกษาเวลาและคุณภาพชิ้นงานตัดขึ้นรูปบนแม่พิมพ์แบบรวม. ปรินูญานิพนธ์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- วันชัย วิจิรวนิช และคณะ. (2540). การวิเคราะห์ต้นทุนอุตสาหกรรมและงบประมาณ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 215-219.
- วิจิตร ตันทสุททิ, วันชัย วิจิรวนิช, จรูญ มหิทร่าฟองกุล และ ชูเวช ชาญสง่าเวช. (2537). การศึกษาการทำงาน. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 83-85.

- Chow, J.G.; & Sakal, R.L. (1994). Integrated Intelligent machining system for axisymmetric part using PC-based CAD and CAM Software Packages. *Journal of Intelligent Manufacturing*. 5: 93-102.
- _____. (1994). An Integrated intelligent Process Planning System for Prismatic Parts Using Pc- based CAD and CAM software Packages. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 9: 166-174.
- Eversheim, W; Marczynski, G.; & Cremer, R. (1991). Structured Modeling of Manufacturing Processes as NC - Data Preparation. *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics*. 1: 129-432.
- Jiang, B.; Baines, K.; & Zockel, M. (1997). New coding scheme for the optimization of milling operations for utilization by generative expert CAPP system. *Journal of Materials Processing Technology*. 63: 163-168.
- Mamalis, A.G.; Ganovsky, V.S.; & Guenola, V. (1994). System - Based Approach to the Development of a CAPP system for Automated Discrete Production. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 9 : 175-179.
- Ozturk, F. (1997). Use of machining features on set - up planning and fixture design to interface CAD to CAPP. *International Journal of Vehicle Design*. 558-573.
- Peng, D.; Baau.; & Chang, Chao-Fan. (1997). New Feature - based design system with dynamic editing. *Computer & Industrial Engineering*. 383-397.
- Qiao, Li - Hong; Yang, Zhi - Bing; & Ben, Wang .H.P. (1997). Computer aided process planning methodology. *Computer in Industry*. 18: 83-94.
- Tine-Chin, Chang; & Richard A. WYSE. (1983). Integrating CAD and CAM through automated process planning. *International Journal of Production Research*. 158-172.



ภาคผนวก ก

แบบฟอร์ม ตารางการตรวจเช็คประสิทธิภาพและสมรรถนะลักษณะ
ทางกายภาพ ของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง
20 มิลลิเมตร ความยาว 90 มิลลิเมตร

ตาราง 7 ตรวจเช็คประสิทธิภาพ การตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร
ความยาว 90 มิลลิเมตร

INSPECTION DATA

PART NO : -	REVISE	MANAGER	CHIEF	INSPECTOR
PART NAME				

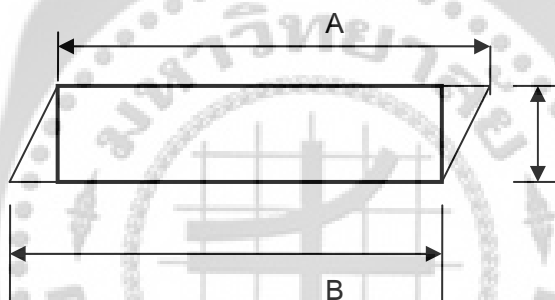
MODEL

COSTOMER

DATE...../...../.....LOT SIZE

INSPECTION REASON : -

OLE 5*5 MM



NO	INSPECTION ITEM	METHOD	STANDARD	DISCRIPTIONS							UNIT: MM		
				A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ปลายด้าน A	VERNIER	90.0 MM	90.50	90.56	90.57	90.50	90.78	90.68	90.34	90.80	90.86	90.35
2	ปลายด้าน B	VERNIER	90 MM	90.48	90.50	90.65	90.61	90.69	90.69	90.48	90.76	90.78	90.50
3	ความกลม	VERNIER	20 MM	19.98	19.97	19.98	19.97	19.98	19.88	19.97	19.89	19.98	19.97
4	ความตรง	VISUAL	ไม่คด งอ	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
5	APPRANCE	VISUAL	ไม่ขาดแห้ว	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
6	APPRANCE	VISUAL	ไม่เป็นสนิม	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
7	MATERIAL	MILL SHEET	S 45 C	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok

หมายเหตุ : การเช็ค A,B,C,D,E,F,G,I,J หมายความว่าทุก ๆ 100 ชิ้น จะสุ่มวัด 1 ชิ้น ประชากรที่ใช้สุ่ม 1,000 ชิ้น

หมายเหตุ : การสุ่มตัวอย่างตรวจเช็ค 100 ชิ้น / 1 ตัวอย่าง

RESULT

	OK
	NG

ตาราง 8 แบบประเมินสมรรถนะลักษณะทางกายภาพตัดเหล็กเพลากลมเส้นผ่าศูนย์กลาง
20 มิลลิเมตรยาว 90 มิลลิเมตร

หัวข้อประเมิน	N1	N2	N3	X	ความหมาย
1. ความประหยัด					
1.1 วัสดุที่ใช้หาง่าย	3	4	3	3.33	
2.2 วัสดุที่ใช้ราคาถูก	2	2	3	2.33	
2.3 อุปกรณ์ บำรุงรักษาหาง่าย	4	5	4	4.33	
ค่าเฉลี่ย				3.33	
2. ความแข็งแรง					
2.1 โครงสร้างรับแรงที่กระทำได้	4	4	3	3.67	
2.2 อุปกรณ์ทำจากวัสดุตามหลักวิศวกรรม	4	5	4	4.33	
2.3 ชิ้นส่วนประกอบถูกต้องตามองค์ประกอบแม่พิมพ์	4	5	5	4.66	
ค่าเฉลี่ย				4.22	
3. ความปลอดภัย					
3.1 ชิ้นส่วนออกแบบให้มีความปลอดภัย	5	5	5	5	
3.2 ขณะใช้งานจะเกิดเสียงปกติ	4	4	3	3.66	
3.3 ชิ้นส่วนภายในสามารถแยกชิ้นและประกอบได้	5	5	4	4.66	
ค่าเฉลี่ย				4.40	

หมายเหตุ กำหนดค่าดังต่อไปนี้

- 5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก
- 4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี
- 3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้
- 2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง
- 1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับที่ใช้ไม่ได้

ผลสรุปการประเมินสมรรถนะลักษณะทางกายภาพของผู้เชี่ยวชาญ N = 3 คน

ชื่อ

ตาราง 9 ผลการประเมินสมรรถนะลักษณะทางกายภาพของแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลม
เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ความยาว 90 มิลลิเมตร

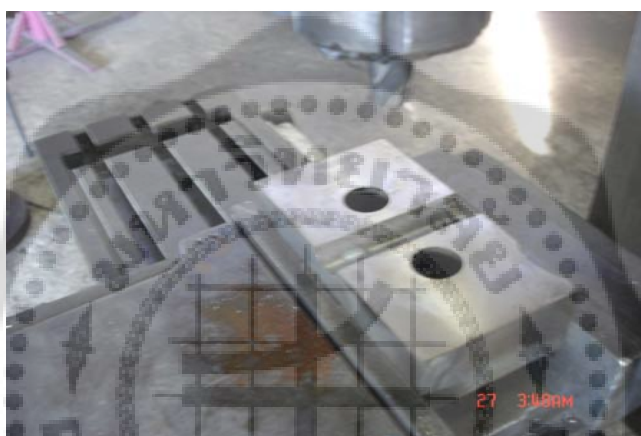
หัวข้อประเมิน	ค่าเฉลี่ย	SD	ความหมาย
1 ความประหยัต์	3.33	.57	พอใช้
2 ความแข็งแรง	4.22	.50	ดี
3 ความปลอดภัย	4.44	.70	ดี
ค่าเฉลี่ย	3.99	.10	





ภาคผนวก ข

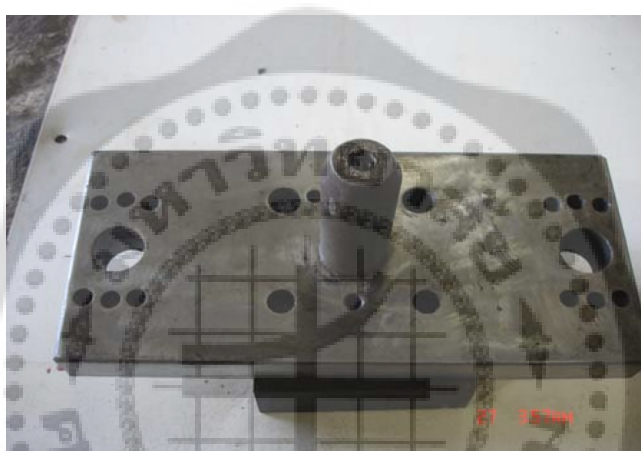
รูปแสดงขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนและการประกอบแม่พิมพ์
ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร



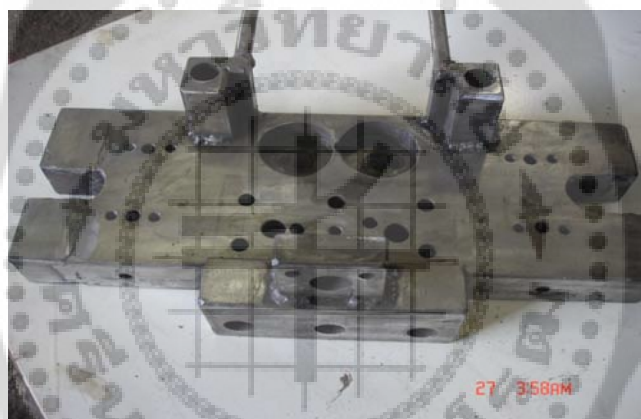
ภาพประกอบ 34 แสดงการผลิตชิ้นส่วนและการประกอบแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลม
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 35 แสดงการผลิตชิ้นส่วนและการประกอบแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลม
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 36 แสดงการผลิตชิ้นส่วนและการประกอบแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลม
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 37 แสดงชิ้นส่วนและการประกอบแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลม
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร



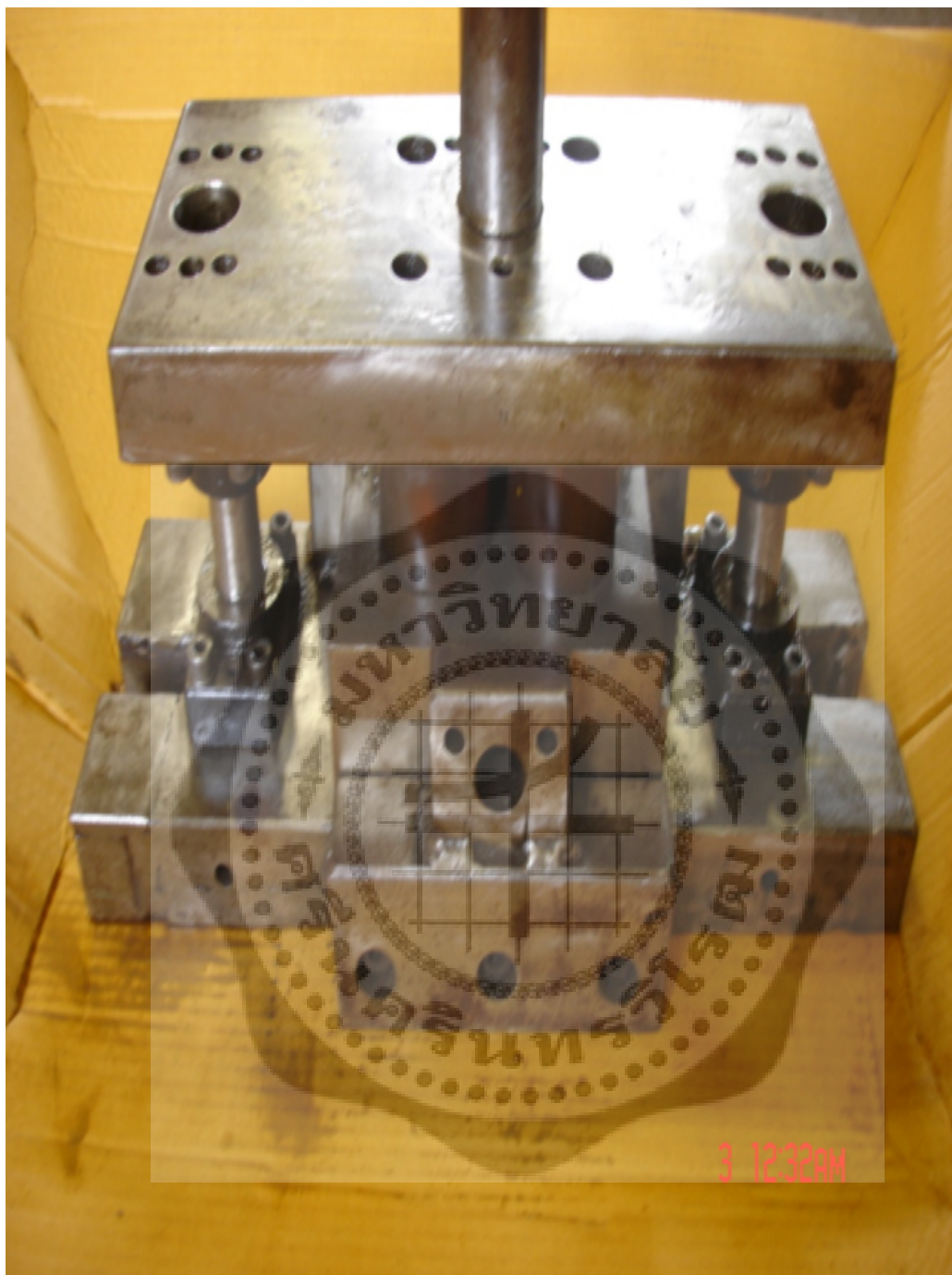
ภาพประกอบ 38 แสดงชิ้นส่วนแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร



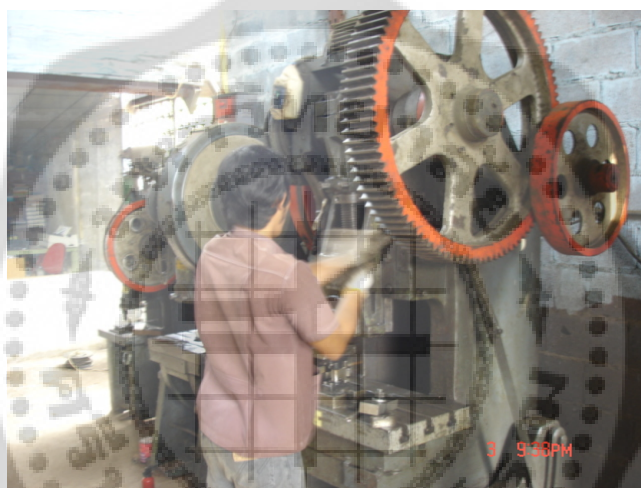
ภาพประกอบ 39 แสดงชิ้นส่วนแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร



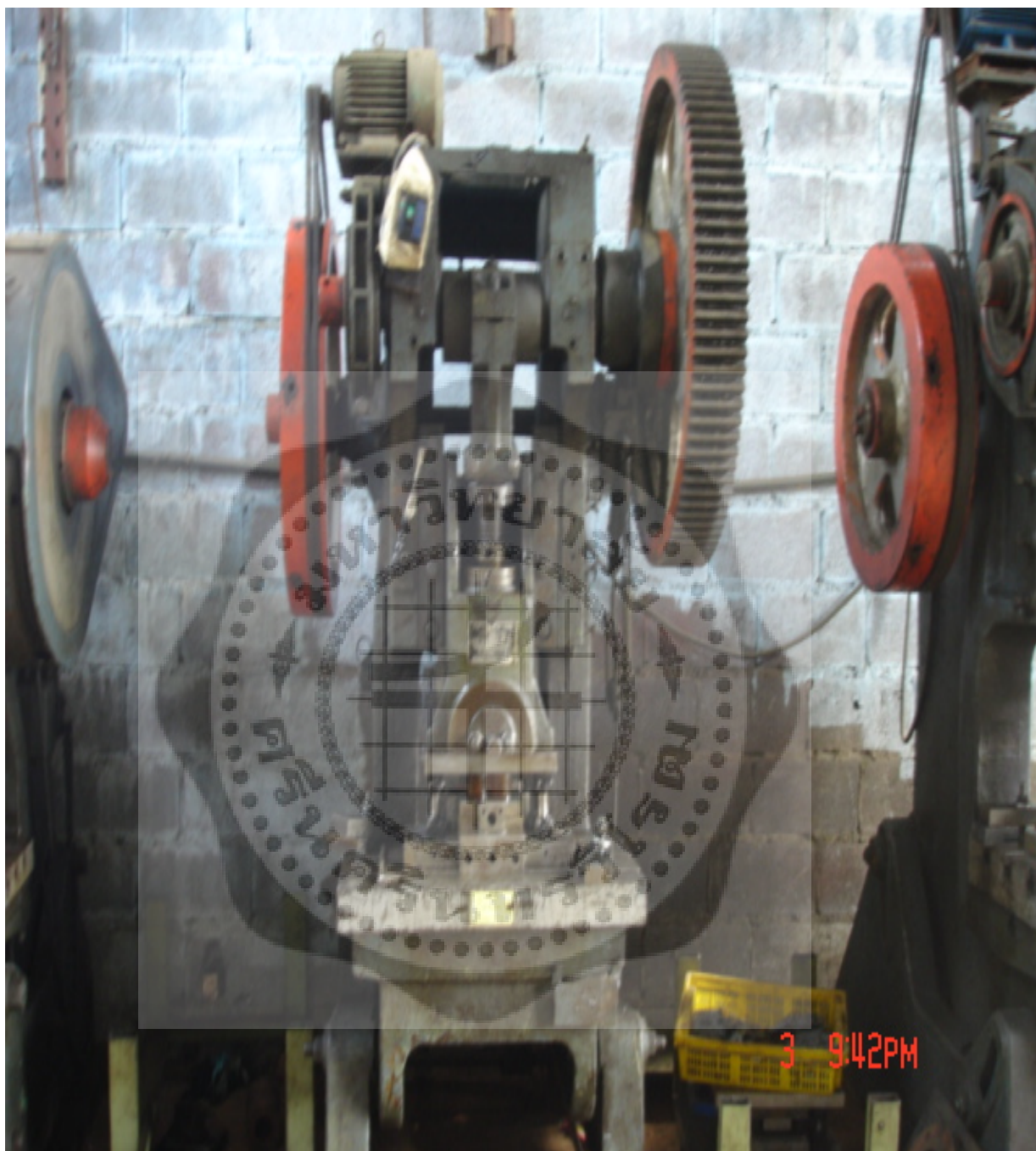
ภาพประกอบ 40 แสดงชิ้นส่วนและการประกอบแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลม
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 41 แสดงส่วนประกอบแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาด 20 มิลลิเมตร



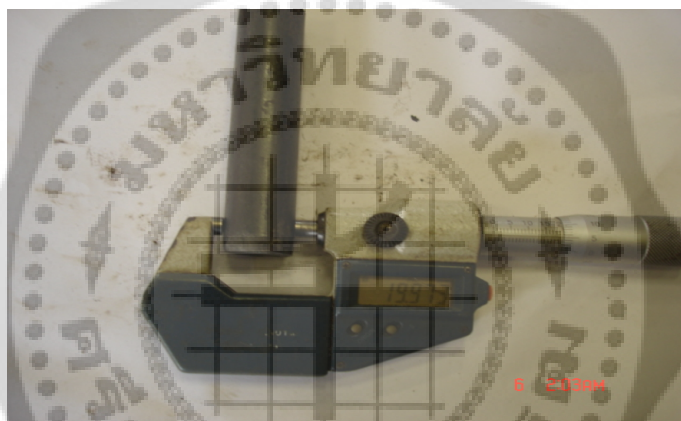
ภาพประกอบ 42 แสดงการนำแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขึ้นวางบนเครื่องปั๊ม



ภาพประกอบ 43 แสดงการนำแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขึ้นวางบนเครื่องปั๊ม



ภาพประกอบ 44 แสดงการตัดเหล็กเพลากลมขนาด 20 มิลลิเมตรบนเครื่องปัด



ภาพประกอบ 45 แสดงการวัดค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กเพลากลมขนาด 20 มิลลิเมตร
ความยาว 90 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 46 แสดงพื้นที่หน้าตัดรวมถึงชิ้นงานและเครื่องมือวัดเหล็กเพลากลม



ภาคผนวก ค

ตารางโลหะ

ความรู้ต่าง ๆ เกี่ยวกับเหล็ก
ตารางเทียบความแข็งเหล็ก

ตาราง 10 เทียบความแข็งของเหล็ก

HB Brinell Hardness 10 mm load 3000kg Standard ball	HRC Rockwell Hardness C Scale load 150kgf Diamond Penetrator	HV Vickers Hardness	HS Shore Hardness	Tensile Strenght N/mm2 (kgf/mm2) Approximate value
-	52.5	553	-	1912 (195)
-	52.1	547	70	1893 (193)
495	51.6	539	-	1853 (189)
-	51.1	530	-	1824 (186)
-	51	528	68	1824 (186)
477	50.3	516	-	1775 (181)
-	49.6	508	66	1736 (177)
461	48.8	495	-	1687 (172)
-	48.5	491	65	1667 (170)
444	47.2	474	-	1589 (162)
-	47.1	472	63	1589 (162)
429	45.7	455	61	1510 (154)
415	44.5	440	59	1461 (149)
401	43.1	425	58	1393 (142)
388	41.8	410	56	1334 (136)
375	40.4	396	54	1265 (129)
363	39.1	383	52	1216 (124)
352	37.9	372	51	1177 (120)

ตาราง 11 เทียบเกรดเหล็ก

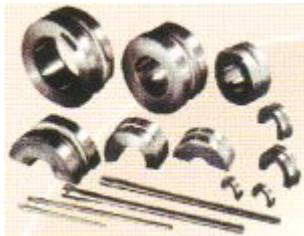
ตารางเทียบเกรดเหล็ก									
เหล็กเครื่องมืองานเย็น (Cold Work Tool Steel)									
SKD 11	D2	DC53	AUD11	SLD	KD11	XW-41	K110	2379	RCC SUPRA
SKD11	D2	DC53	-	-	-	-	K110	2601	-
SKS3	01	-	GOA	SGT	KS3	DF-2	K105	2510	RUS 3
-	-	G05	SX105V	HMD-5	FH5	-	K460	-	-
เหล็กเครื่องมืองานร้อน (Hot Work Tool Steel)									
SKD61	H13	1.2344	DHA1	DAC	KDA-1	8407	W302	2344	RDC 2 V
SKT	L6	1.2714	GFA	DM	KTV	SOMDIE	W500	-	-
เหล็กเครื่องมือรอบสูง (High Speed Tool Steel)									
SKH51	M2	1.3343	MH51	YXM-1	SKH51	-	S600	3343	GIANT M5
SKH55	M41	1.3243	MH55	-	SKH55	-	S705	3243	-
เหล็กทำแม่พิมพ์พลาสติก (Plastic Mould Steel)									
-	P21	1.2312	NAK80	-	-	718	N695	2312	MOULREX A
-	P20	1.2311	PX4	-	PLASMOLD-20	618	M202	2311	MFR
-	-	1.2738	-	-	-	-	M238	-	-
-	431	1.2316	-	-	-	909	M300	2316	RHO X
-	-	-	-	-	-	-	M461	-	-
เหล็กกล้าคาร์บอน แม่พิมพ์ทั่วไป (Carbon Steel)									
S45C	C1045	CK45	S45C	S45C	S45C	-	-	CK45	R 4
S50C	C1050	CK50	S50C	S50C	S50C	760	CM50	-	-
S55C	C1055	CK55	S55C	-	-	-	CM55	CK55	-
เหล็กกล้าผสมนิกเกิล-โครเมียม-โมลิบดีนัม (Low-alloy Steel)									
SCM440	4140	1.7225	SCM440	SCM440	SCM-440	709	V320	7225	MO 40
SCM415	4115	1.7218	SCM415	SCM415	SCM-415	-	-	-	EC 80
SNCM439	4340	1.6582	SNCM439	SNCM439	SNCM-439	705	V155	6582	MONIX 15
เหล็กแข็งลูกปืน (Bearing Steel)									
SUJ2	3505	1.3505	E52100	-	S135	-	R100	-	-

ความรู้ต่าง ๆ เกี่ยวกับเหล็ก
ตารางเทียบเกรดเหล็ก

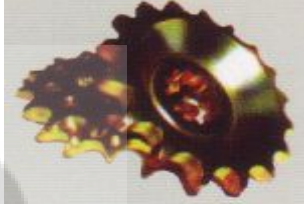
ตาราง 12 เทียบเกรดเหล็ก

JIS	AISI	DIN	AICHI	DAIDO	HITACHI	NIPPON KOSHUHA	ASSAB	BOHLER	THYSSEN
SKD11	D2	1.2379	AUD11	DC53	SLD2	SKD11V	XW41	K110	2379
SKS3	O1	1.2510	SKS3	GOA	SGT	KS3	DF2	K460	2510
SKD61	H13	1.2344	AUD61	DHA1	DAC	KDA1	8407	W302	2344
SKT4	L6	1.2714	SKT4A	GFA	DM	KTV	SOMDIE	W500	2714
-	-	-	SX105V	GO5	HMD5	FH-5	-	-	-
-	P20	1.2311	-	PX4	-	PLASMOLD20	718	W330	2311
-	P20+5	1.2312	-	NAK80	-	-	HOLDAX	M200	2312
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
SCM415	5115	1.7262	SCM415	SCM415	SCM415	SCM415	-	-	-
SK5	W1	1.1625	SK5	SK5	-	-	K100	K980	1545
SS400	-	-	SS400	SS400	SS400	SS400	-	MS	-

ตาราง 13 ตารางแสดงคุณสมบัติของเหล็กที่ใช้งาน

ประเภท	เกรด	JIS	AISI	DIN	คุณสมบัติและการใช้งาน	ตัวอย่างการนำไปใช้งาน
เหล็กทำ พิมพ์ งานเย็น	AUD11	SKD11	D2	1.2379	เหล็กทำพิมพ์งานเย็นคุณภาพสูง ชุบแข็งได้ง่าย และทนทานการ เสียดสีสูงมาก มีความเหนียว เป็น เลิศ เหมาะสำหรับทำพิมพ์ปั๊ม พิมพ์ขึ้นรูป ลูกรีดเหล็ก ไขมีดตัด เหล็กคุณภาพสูง และอื่น ๆ	
	SX105V	GO5	-	-	เหล็กชุบแข็งด้วยเปลวไฟ แล้ว ปล่อยให้เย็นตัว ในอากาศปกติ เหมาะสำหรับทำพิมพ์ปั๊มโลหะ พิมพ์ขึ้นรูปตัดขอบ ฯลฯ โดย เฉพาะงานที่ต้องการ ความแข็ง เฉพาะที่ อีกทั้งยังสามารถซ่อมแซม โดยการเชื่อมได้ง่าย	
	DC53	SKD11	D2	1.2379	เหล็กทำพิมพ์งานเย็นคุณภาพสูง ชุบแข็งได้ง่าย และทนทานการ เสียดสีสูงมาก มีความเหนียว เป็น เลิศ เหมาะสำหรับทำพิมพ์ปั๊ม พิมพ์ขึ้นรูป ลูกรีดเหล็ก ไขมีดตัด เหล็กคุณภาพสูง และอื่น ๆ	
	GO5	GO5	-	-	เหล็กทำพิมพ์งานเย็นคุณภาพสูง ชุบแข็งได้ง่าย และทนทานการ เสียดสีสูงมาก มีความเหนียว เป็น เลิศ เหมาะสำหรับทำพิมพ์ปั๊ม พิมพ์ขึ้นรูป ลูกรีดเหล็ก ไขมีดตัด เหล็กคุณภาพสูง และอื่น ๆ	
เหล็กทำพิมพ์ งานร้อน	DHA1	SKD61	H13	1.2344	เหล็กงานร้อนมาตรฐานสูง ใช้งาน โดยทั่วไป รักษาความแข็งได้ดี มี อุณหภูมิใช้งานสูง เหมาะสำหรับทำ พิมพ์ปั๊มโลหะงานร้อน เสือสูบ เครื่องฉีดโลหะ พิมพ์โลหะงานร้อน และอื่น ๆ	
เหล็กกล้า ทำพิมพ์ พลาสติก	PX4	-	P20	1.2311	เหล็กทำพิมพ์พลาสติก สำหรับงาน ที่ต้องการ ปริมาณกำลังผลิตสูง ทนทาน สามารถเชื่อมติด ได้ง่าย ไม่เปราะ	

ตาราง 13 (ต่อ)

ประเภท	เกรด	JIS	AISI	DIN	คุณสมบัติและการใช้งาน	ตัวอย่างการนำไปใช้งาน
	NAK80	-	P21	1.2312	เหล็กทำพิมพ์พลาสติกชั้นสูง สำหรับงานที่ต้องการ ความงาม เป็นเลิศ มีความใสมาก เงาเหมือนกระจก	
เหล็กทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกล	SCM440	SCM440	4140	1.7225	เหล็กคาร์บอนปานกลาง มีส่วนผสม Cr, Mo สามารถชุบแข็งได้หลายวิธี ทนแรงดึงสูงถึง 100 kgf/mm ² ใช้ทำเพลลา เพื่องขับเคลื่อนตัว สกรู สลัก ฯลฯ	
	SCM415	SCM415	4115	1.7262	เหล็กคาร์บอนต่ำ มีส่วนผสม Cr, Mo ชุบแข็งโดยวิธีชุบผิว เช่น คาร์บูไรซิง ใช้ทำเพื่องรอบจัด และงานที่ต้องการผิวงานแข็ง แต่ภายในปกติ	
	SNCM439	SNCM439	4340	1.6582	เหล็กคาร์บอนปานกลาง มีส่วนผสม Cr, Mo, Ni ชุบแข็งได้หลายวิธี ทนแรงดึงได้สูงกว่า 100 kgf/mm ² ใช้ทำชิ้นส่วนคุณภาพสูง เช่น เพลลา ขับกำลังสูง เพื่อง สกรู ฯลฯ	
เหล็กแข็งคาร์บอนปานกลาง	S45C	S45C	1045	CK45	เหล็กคาร์บอนปานกลาง ชุบแข็งได้ง่าย ทนทาน การเสียดสีได้ดี มีความแข็งแรงสูง เหมาะสำหรับ ทำชิ้นส่วนพื้นฐาน หรือโครงสร้างของแม่พิมพ์ และงานทั่วไป	
	S50C	S50C	1050	CK50	เหล็กคาร์บอนปานกลาง ชุบแข็งได้ง่าย ทนทาน การเสียดสีได้ดี มีความแข็งแรงสูง เหมาะสำหรับ ทำชิ้นส่วนพื้นฐาน หรือโครงสร้างของแม่พิมพ์ และงานทั่วไป	
เหล็กแผ่นสปริง	SK5	SK5	-	1.1625	เหล็กคาร์บอนสูง ชุบแข็งได้ง่าย ทนทานการ เสียดสีได้ดี มีความแข็งแรงสูง มีคุณสมบัติเป็น สปริงสูง ใช้ทำชิ้นส่วนที่เป็นสปริงในเครื่องจักรกล	
เหล็กแผ่นรีดร้อน (เหล็กเหนียว)	SS400	SS400	-	-	เหล็กแผ่นรีดร้อนใช้สำหรับงานโครงสร้างทั่วไป มีคุณสมบัติในการเชื่อมที่ดี สามารถเชื่อมต่อกันได้ง่าย เป็นโครงสร้างต่าง ๆ ใช้ในการก่อสร้าง ตึก ก่อสร้างสะพาน สร้างเรือ หรือใช้ใน อุตสาหกรรมยานยนต์	



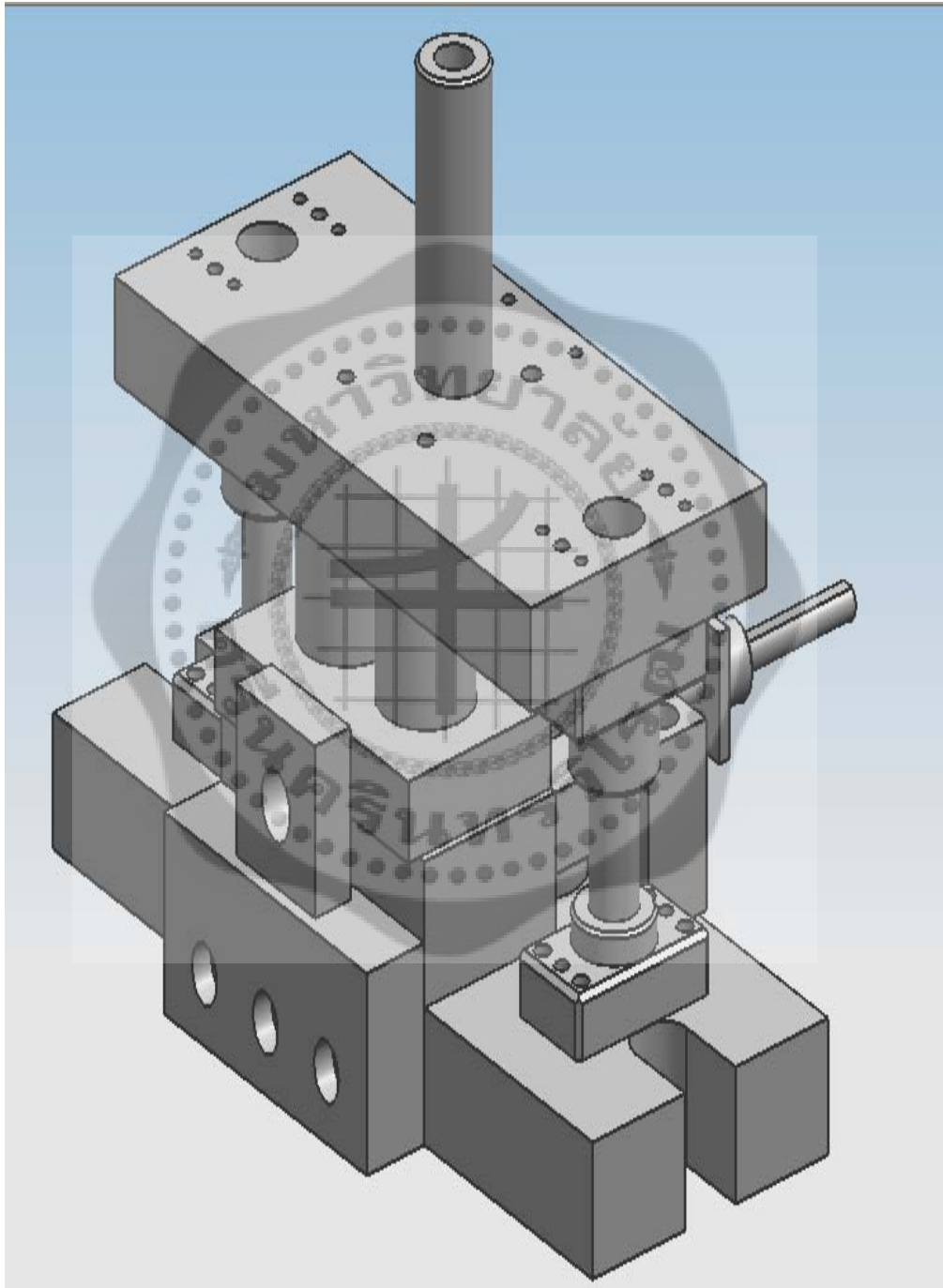
คู่มือการใช้งานแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร
ขนาด กว้าง*ยาว*สูง= 350*450*300 มิลลิเมตร น้ำหนัก = 51 กิโลกรัม

1. ควรตรวจสอบน็อตทุกตัวที่ยึดแม่พิมพ์ให้แน่นเสมอ
2. ติดตั้งปั๊มที่มีแรงกดมากกว่า 30 ตัน
3. เมื่อติดตั้งเสร็จควรใช้มือหมุนเครื่องปั๊มด้วยมือเพื่อให้พันซ์และตายส์กลง
4. ตั้งระยะห่างระหว่างพันซ์และตายส์ให้มีช่องว่างที่เหมาะสม
5. เปิดให้ปั๊มทำงานโดยไม่มีชิ้นงาน
6. ใส่น้ำมันหล่อลื่นอย่างสม่ำเสมอ
7. ปิดปั๊มและนำชิ้นงานมาเพื่อวัดและตั้งระยะ
8. เปิดสวิชท์ปั๊ม
9. ตัดแล้ววัดระยะความยาวที่กำหนดไว้

หมายเหตุ ข้อควรระวัง

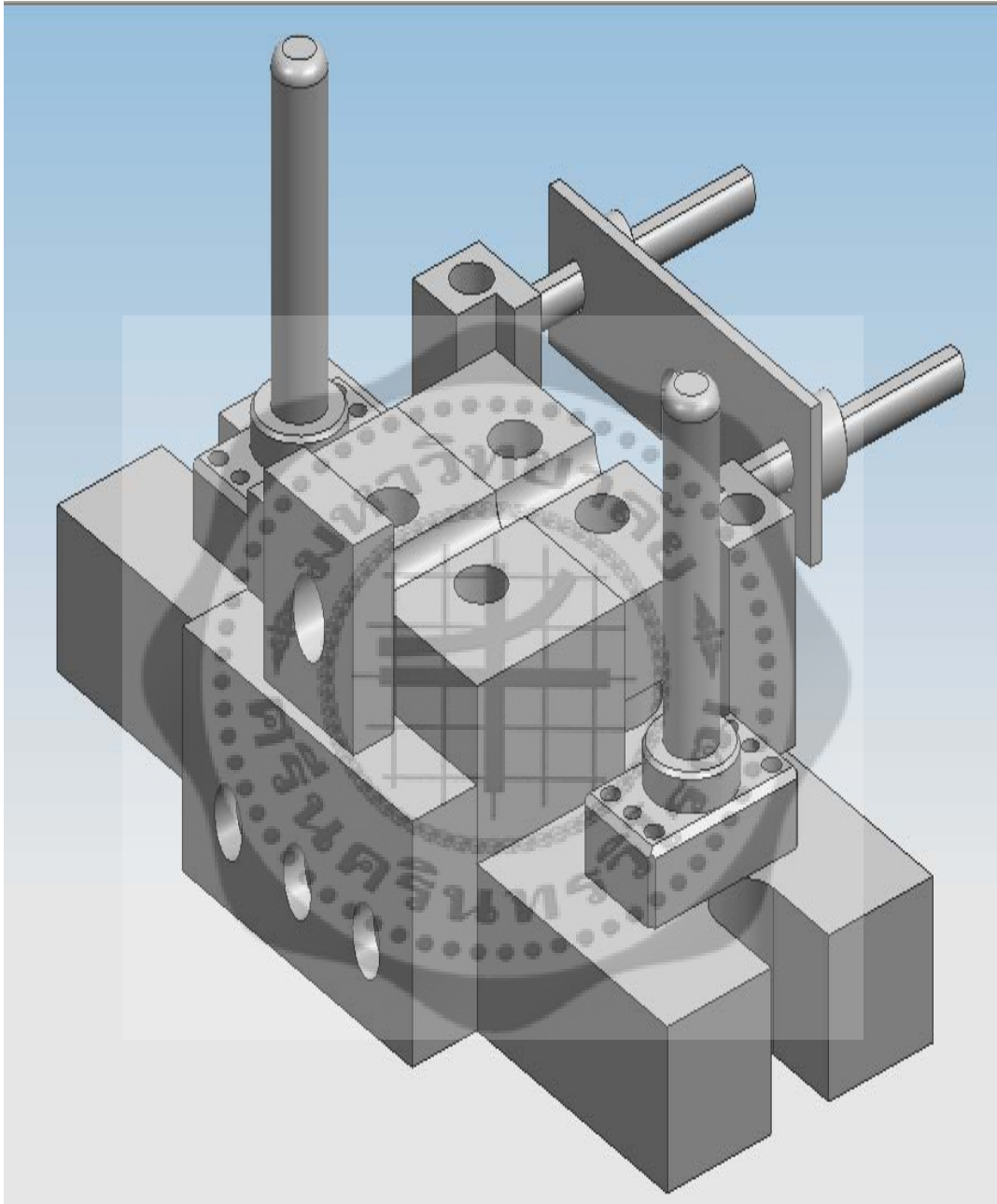
1. ในการตัดเหล็กทุกครั้งต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นเสมอ
2. การปรับเช็ทแม่พิมพ์ควรปรับให้ระยะที่เหมาะสม
3. ห้ามใช้ปั๊มที่มีแรงกดน้อยกว่าที่กำหนด
4. ขณะทำงานห้ามใช้มือหรืออวัยวะส่วนต่าง ๆ ใส่ในแม่พิมพ์ขณะปั๊มยังเปิดอยู่
5. แม่พิมพ์นี้เหมาะกับการตัดเหล็กขนาด 20 มิลลิเมตรความยาวที่เหมาะสม 90 -100 มิลลิเมตร
6. การแสดงภาพประกอบแม่พิมพ์ตัดเหล็กเพลากลม

ภาพประกอบ แสดงแม่พิมพ์ที่ประกอบสมบูรณ์



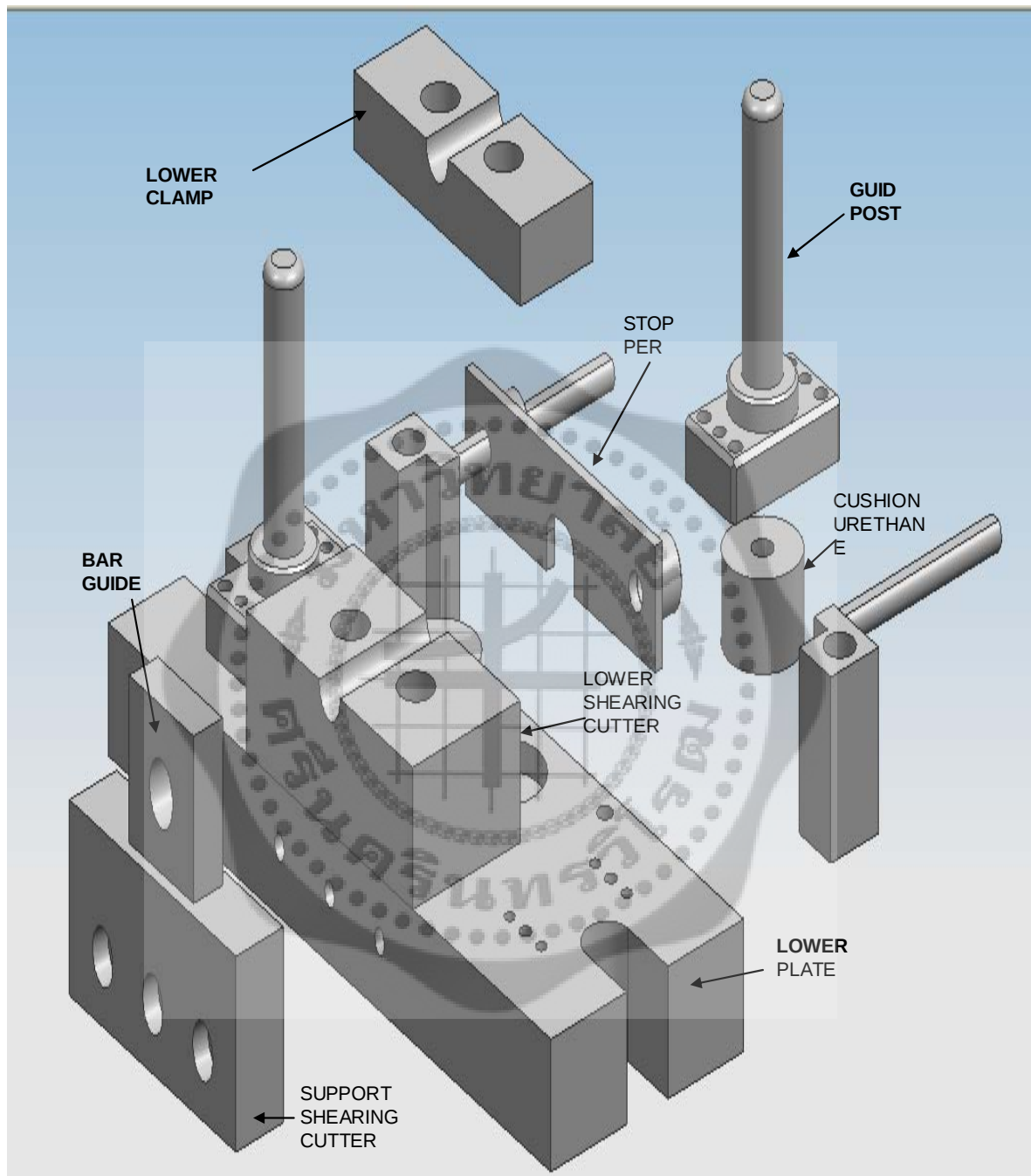
ภาพประกอบ 47 แสดงการประกอบแม่พิมพ์ที่สมบูรณ์

ภาพประกอบ แม่พิมพ์ ชุดล่าง



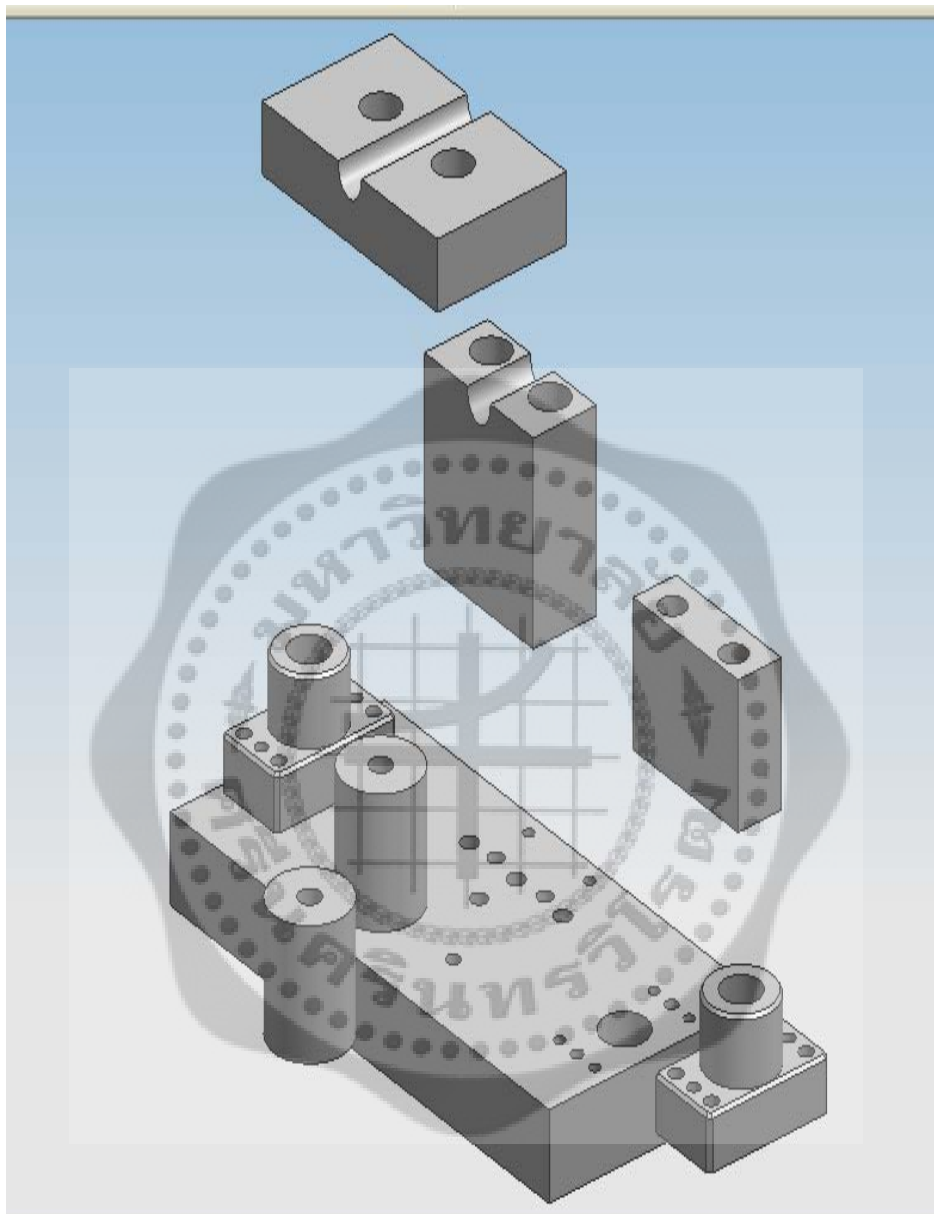
ภาพประกอบ 48 แสดงการประกอบชุดตายส์

ภาพประกอบ แม่พิมพ์ชุดล่างแสดงรายละเอียดแยกชิ้น



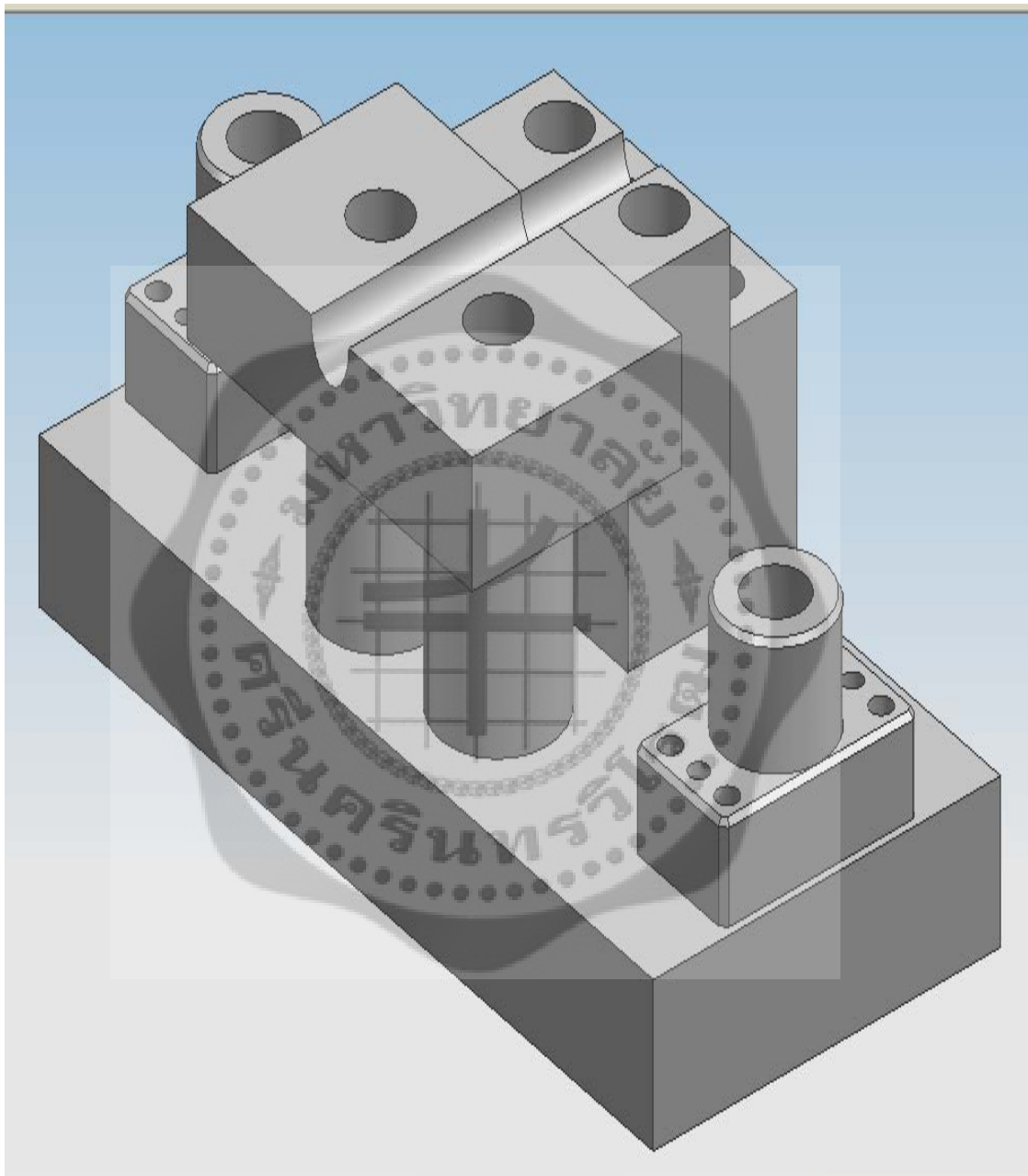
ภาพประกอบ 49 แสดงรายละเอียดชิ้นส่วนด้ายล์

ภาพประกอบ แสดงรายละเอียดของแม่พิมพ์ชุดบน



ภาพประกอบ 50 แสดงรายละเอียดของแม่พิมพ์ชุดพื้นส์

ภาพประกอบ แสดงการประกอบชุดบนของ
แม่พิมพ์



ภาพประกอบ 51 แสดงรายละเอียดชิ้นส่วนพื้นที่



ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายจรัส อุทิศจรูญรัมย์
วันเดือนปีเกิด	8 เมษายน 2507
สถานที่เกิด	21 ถ. สีโรรส อ. เมือง จ. ยะลา
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	340/492 หมู่ที่ 3 ถนนสุขุมวิท ตำบลบางปูใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10280
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	กรรมการผู้จัดการบริษัท เอ็น.ที.แอล เอ็นจิเนียริ่ง
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	214 หมู่ที่ 2 ถนนสุขุมวิท ตำบลท้ายบ้าน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10280
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ 2524	มัธยมศึกษาปีที่ 5 จากโรงเรียน คณะราษฎร์บำรุง ยะลา จังหวัดยะลา
พ.ศ 2526	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) จากวิทยาลัยเทคนิคยะลา จังหวัดยะลา
พ.ศ 2530	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) จากโรงเรียนนครราชสีมาศึกษา จังหวัดนครราชสีมา
พ.ศ 2540	อุตสาหกรรมบัณฑิต (สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม) จากมหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต จังหวัดกรุงเทพมหานคร
พ.ศ 2552	การศึกษามหาบัณฑิต (อุตสาหกรรมศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จังหวัดกรุงเทพมหานคร