



รายงานสหกิจศึกษาบับสมบูรณ์

กระบวนการผลิตแหวนรถยนต์โดยใช้แม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่

MANUFACTURING PROCESS OF LEAF SPRING
BY USING DOUBLE CENTER PUNCH DIE

ศุภวิชญ์ บางเหลือ
SUPAWICH BANGLUA

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการผลิตแทนบรดยนต์โดยใช้แม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่

MANUFACTURING PROCESS OF LEAF SPRING
BY USING DOUBLE CENTER PUNCH DIE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MANUFACTURING PROCESS OF LEAF SPRING
BY USING DOUBLE CENTER PUNCH DIE



A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON
2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2023

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

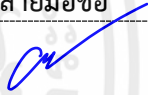


PRINCE OF CHUMPHON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

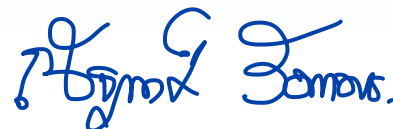
หัวข้อปริญญาานิพนธ์ กระบวนการผลิตแหวนบรดยนต์โดยใช้แม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่
PROJECT TITLE MANUFACTURING PROCESS OF LEAF SPRING BY USING
DOUBLE CENTER PUNCH DIE

ชื่อนักศึกษา นายศุภวิชญ์ บางเหลือ รหัสประจำตัว 62201094
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ชมพูนุช กุลเกตวงศ์
ปริญญาานิพนธ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ดิษฐพร ตุงโสธานนท์
ปริญญาานิพนธ์ร่วม อาจารย์ที่ปรึกษา นายศุภชาติ คำแหง

| คณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ | | | ลายมือชื่อ |
|----------------------------|-------------|------------------|---|
| ผศ.ดร.ดิษฐพร | ตุงโสธานนท์ | ประธานกรรมการสอบ |  |
| ผศ.ววรรษชล | วัฒน์นะ | กรรมการสอบ |  |
| ผศ.ดร.ชมพูนุช | กุลเกตวงศ์ | อาจารย์ที่ปรึกษา |  |

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 20 ธันวาคม 2565 เวลา 11.00 – 12.00 น.
สถานที่สอบ ณ ห้องประชุมวิทยาศาสตร์ ชั้น 1 ตึก C


ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ รัตนเดช)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์
ประจำปีการศึกษา 2565

โครงการสหกิจศึกษา กระบวนการผลิตแทนบรณนตโดยใช้แม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่
นักศึกษา นายศุภวิชญ์ บางเหลือ รหัสประจำตัว 62201094
สถานประกอบการ บริษัท เอ็นเอชเค สปริง(ประเทศไทย) จำกัด
ที่อยู่ 115 กม 36 หมู่ 5 นิคมอุตสาหกรรมเวลโกรว์ ถนนบางนา-ตราด ตำบล
บางสมัคร อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24180
วิศวกรที่ปรึกษา นายศุภชาติ คำแหง


(ผศ.ดร.ชมพูนุช กุลเกตวงศ์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

หนังสือส่งรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เรื่อง ขอส่งรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

ข้าพเจ้า นายศุภวิชญ์ บางเหลือ นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ได้ปฏิบัติงานสหกิจศึกษาระหว่างวันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2565 ถึงวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565 ในตำแหน่งนักศึกษาฝึกงานในฝ่ายวิศวกรรม แผนกวิศวกรรมการผลิต ณ บริษัท เอ็นเอชเค สปริง(ประเทศไทย) จำกัด และได้รับมอบหมายจากวิศวกรที่ปรึกษาสหกิจศึกษาให้ทำการศึกษาและจัดทำโครงการเรื่องกระบวนการผลิตแหวนรถยนต์โดยใช้แม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่

บัดนี้ การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้เสร็จสิ้นลงไปแล้ว จึงใคร่ขอส่งรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ดังกล่าว จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

นายศุภวิชญ์ บางเหลือ

นักศึกษาสหกิจศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

| | | |
|--------------------|---|-----------------------|
| หัวข้อปริญญานิพนธ์ | กระบวนการผลิตแหวนบรดยนต์โดยใช้แม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่ | |
| ชื่อนักศึกษา | นายศุภวิชญ์ บางเหลือ | รหัสประจำตัว 62201094 |
| ปริญญา | วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต | |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องกล | |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผศ.ดร.ชมพูนุช กุลเกตุวงศ์ | |
| ปริญญานิพนธ์ | | |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผศ.ดร.ดิษฐพร ตุงโกลานนท์ | |
| ปริญญานิพนธ์ร่วม | | |
| วิศวกรที่ปรึกษา | นายศุภชาติ คำแหง | |

บทคัดย่อ

แหวนบรดยนต์เป็นสินค้าและรายได้หลักของบริษัท เอ็นเอชเค สปริง(ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งในปี พ.ศ. 2565 กลุ่มลูกค้ามีความต้องการที่จะลดต้นทุนการผลิตแหวนบรดยนต์ โดยปรับเปลี่ยนการเจาะรูศูนย์กลางของแหวนบรดยนต์จาก 1 รู เป็น 2 รู ทำให้ไม่ต้องใช้ตัวประกอบรัดแหวนบรดยนต์และแหวนบรดยนต์สามารถยึดติดกันเป็นชุดที่แน่นขึ้นกว่าเดิม จึงส่งผลให้ภาระการผลิตชิ้นงานของไลน์ผลิตมีมากขึ้น ดังนั้นโครงการนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะออกแบบแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่สำหรับเครื่องปั๊มโลหะและประมาณการกระจายและสมดุลปริมาณงานระหว่างไลน์ผลิต ทำการทดลองโดยผลิตชิ้นงานแหวนบรดยนต์เบอร์ 2 จำนวน 30 ชิ้น และแหวนบรดยนต์เบอร์ 3 จำนวน 30 ชิ้น เพื่อวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตตามมาตรฐานของบริษัท พบว่าแม่พิมพ์โลหะที่ได้ทำการออกแบบสามารถผลิตชิ้นงานได้ตรงตามมาตรฐานของบริษัทที่ได้กำหนดเอาไว้ จากนั้นจึงได้ทำการผลิตชิ้นงานจริงและได้ผลการเปรียบเทียบระหว่างไลน์ผลิต พบว่าการกระจายภาระชิ้นงานจากไลน์ผลิต B มายังไลน์ผลิต A สามารถผลิตชิ้นงานแหวนบรดยนต์ได้ครบตามจำนวนที่ได้กำหนดเอาไว้ได้ทั้งหมด คิดเป็น 100%

คำสำคัญ: แหวนบรดยนต์, แม่พิมพ์โลหะ, ภาระชิ้นงาน, ชั่วโหม่งการทำงาน

| | | |
|---------------------------|---|----------------------------|
| Project Title | Manufacturing Process of Leaf Spring by Using Double Center Punch Die | |
| Student | Mr. Supawich Banglua | Student ID 62201094 |
| Degree | Bachelor of Engineering | |
| Program | Mechanical Engineering | |
| Project Advisor | Asst.Prof.Dr. Chompoonud Kulketwong | |
| Project Co-advisor | Asst.Prof.Dr. Dithaporn Thungsotanon | |
| Project Engineer | Mr. Suppachart Kumhang | |

ABSTRACT

The leaf springs are the main product and income of NHK Spring (Thailand) Co., Ltd. In 2022, a customer wanted to reduce the cost of leaf spring production by modifying the center hole of the leaf springs from 1 to 2 holes, in order to do not use the U-bolts and the set of the leaf springs is more fasten. So, it caused the workload of the production line was increased. Therefore, this project aimed to design a double center punch die for a press machine and estimate the work distribution and balance between the production lines. The 30 pieces of the No. 2 and the 30 pieces of No. 3 leaf springs were tested for assessing the abilities of manufacturing processes in accordance with the company's standards. The results were found that, the designed punch die could press the prototypes that according to the standards of the company. Then, the work pieces were manufactured. The workloads were compared between the production lines and found that the job distribution from the B line to the A line was able to produce the number of leaf springs completely that was 100%.

Keywords: Leaf spring, Punch die, Workload, Work hours

กิตติกรรมประกาศ

โครงการสหกิจศึกษาฉบับนี้สำเร็จได้นั้นผู้จัดทำขอขอบพระคุณ บริษัท เอ็นเอชเค สปริง (ประเทศไทย) จำกัด เป็นอย่างสูงที่ให้โอกาสข้าพเจ้าได้มาสหกิจศึกษาเพื่อเรียนรู้การทำงาน

ขอขอบพระคุณอาจารย์ชมพูนุช กุลเกตุวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการสหกิจศึกษา และอาจารย์ดิษฐพร ตุงโสธานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการสหกิจศึกษาร่วม ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวคิด ความรู้ต่าง ๆ และความช่วยเหลือเสมอมาจนโครงการสหกิจศึกษาสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้เป็นวิศวกรที่ปรึกษา คุณศุภชาติ คำแหง หัวหน้าแผนกวิศวกรรมการผลิต แหนบรถยนต์ และเจ้าหน้าที่ทุกคนในแผนกวิศวกรรมการผลิตแหนบรถยนต์ที่ให้ความเอาใจใส่ดูแล แนะนำความรู้ และให้ความช่วยเหลือเสมอมาตลอดที่ทำการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ขอขอบคุณโพรมแมนและพี่พนักงานทุกคนที่ให้การต้อนรับเป็นอย่างดีซึ่งให้ความรู้คำแนะนำการทำงานภายในโรงงาน ทำให้ได้รับประสบการณ์และความรู้อันมีค่าอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา บุคคลสำคัญที่สุดที่ให้ข้าพเจ้าได้มีวันนี้ ผู้มีพระคุณและเป็นทีเคารพรัก ที่คอยให้การสนับสนุนและกำลังใจแก่ผู้จัดทำเสมอมา พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ ที่นี้

ศุภวิชญ์ บางเหลือ
ธันวาคม 2565

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญตาราง | V |
| สารบัญรูป | VI |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ | 1 |
| 1.3 สมมติฐานการศึกษา | 1 |
| 1.4 ขอบเขตของโครงการ | 2 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| 1.6 ขั้นตอนการดำเนินการ | 2 |
| 1.7 แผนการดำเนินงาน | 3 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 4 |
| 2.1 ข้อมูลทั่วไปของแหวนรถยนต์ | 4 |
| 2.2 ทฤษฎีการวิเคราะห์ภาระงาน (Workload Analysis) | 5 |
| 2.3 ทฤษฎีการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ | 5 |
| 2.4 การประเมินความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ | 6 |
| 2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับงานตัด | 8 |
| 2.6 หลักการของงานตัดโลหะ | 9 |
| 2.7 การเลือกขนาดของเครื่องป้อนโลหะ | 10 |
| 2.8 การคำนวณแรงตัดเฉือน (Cutting Force) | 10 |
| 2.9 การคำนวณแรงปลดชิ้นงาน (Stripping Force) | 11 |
| 2.10 ระยะช่องว่างระหว่างคมตัด (Cutting Clearance) | 11 |
| 2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 13 |
| บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ | 16 |
| 3.1 การออกแบบแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่ | 16 |
| 3.2 การเก็บข้อมูลการทดลองจากการใช้งาน | 27 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล | 28 |
| 4.1 การคำนวณหาแรงที่กระทำกับแม่พิมพ์โลหะเจาะรูขึ้นแบบคู่ | 28 |
| 4.2 ผลการทดสอบการใช้งานแม่พิมพ์โลหะเจาะรูขึ้นงานแบบคู่ | 29 |
| 4.3 ผลการวิเคราะห์ภาวะขึ้นงานระหว่างไลน์ผลิต A และไลน์ผลิต B | 35 |
| บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ | 37 |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง | 37 |
| 5.2 ปัญหาที่พบ | 37 |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ | 37 |
| เอกสารอ้างอิง | 38 |
| ภาคผนวก | 40 |
| ภาคผนวก ก ภาพฉาย 2 มิติของแม่พิมพ์โลหะเจาะรูขึ้นงานแบบคู่ | 41 |
| ประวัติผู้จัดทำ | 64 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|---|------|
| 1.1 | แผนการดำเนินงาน | 3 |
| 3.1 | กระจายภาระชิ้นงานและชั่วโมงการทำงานระหว่างไลน์ผลิต | 26 |
| 4.1 | แรงที่เครื่องปั๊มโลหะใช้งานขณะตัดและเจาะรูแทนบรลยนต์เบอร์ 2 | 28 |
| 4.2 | แรงที่เครื่องปั๊มโลหะใช้งานขณะตัดและเจาะรูแทนบรลยนต์เบอร์ 3 | 29 |
| 4.3 | ผลการทดสอบค่ามาตรฐานของแทนบรลยนต์เบอร์ 2 จำนวน 30 ชิ้น | 30 |
| 4.4 | ผลการทดสอบค่ามาตรฐานของแทนบรลยนต์เบอร์ 3 จำนวน 30 ชิ้น | 33 |
| 4.5 | ข้อมูลการผลิตชิ้นงานจริงของไลน์ผลิต A และไลน์ผลิต B | 35 |
| 4.6 | การเปรียบเทียบผลการกระจายชิ้นงาน | 36 |



สารบัญรูป

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 1.1 | ขั้นตอนการดำเนินงาน | 2 |
| 2.1 | แหวนสปริง (Leaf Spring) | 4 |
| 2.2 | การตัดแบบ Blanking | 8 |
| 2.3 | การตัดแบบ Piercing | 9 |
| 2.4 | ลักษณะของการตัดชิ้นงาน | 9 |
| 3.1 | ชุดตายล่างที่ไลน์ผลิต ณ ปัจจุบัน | 17 |
| 3.2 | ชุดพินซ์เจาะบนที่ไลน์ผลิต ณ ปัจจุบัน | 17 |
| 3.3 | ชุดปลดชิ้นงานที่ไลน์ผลิต ณ ปัจจุบัน | 17 |
| 3.4 | วัดระยะตำแหน่งของแม่พิมพ์โลหะที่ไลน์ผลิต ณ ปัจจุบัน | 18 |
| 3.5 | นำภาพฉาย 2 มิติ ตรวจสอบหน้างานอีกครั้งเพื่อเป็นการยืนยันที่จะส่งผลิต | 18 |
| 3.6 | ชุดแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่ | 19 |
| 3.7 | ชุดตายล่างสำหรับใส่เบ้าเจาะแบบคู่ | 19 |
| 3.8 | ชุดพินซ์บนสำหรับใส่ดอกเจาะแบบคู่ | 20 |
| 3.9 | ชุดปลดชิ้นงานสำหรับแม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่ | 20 |
| 3.10 | นำฝาปิดเบ้าดอกเจาะมาวางไว้ตำแหน่งกายเศษชิ้นงานเดิมและใช้ปากกาวาดตามฝาปิดเบ้าดอกเจาะ | 21 |
| 3.11 | ใช้แก๊สตัดขยายตามเส้นที่ได้ทำการวาดเอาไว้ | 21 |
| 3.12 | ช่องกายเศษชิ้นงานที่พร้อมใช้งาน | 22 |
| 3.13 | ทำการเจาะรูที่เครื่องปั๊มโลหะ | 22 |
| 3.14 | แม่พิมพ์โลหะที่พร้อมใช้งาน | 22 |
| 3.15 | Snap gage วัดความหนาชิ้นงาน | 24 |
| 3.16 | Plug gauge ใช้ตรวจสอบความโค้งมนของรูชิ้นงาน | 24 |
| 3.17 | เตรียมวัตถุดิบมายังไลน์ผลิต | 24 |
| 3.18 | มาตรฐานระยะความสูงของแม่พิมพ์ในไลน์ผลิตของบริษัท | 25 |
| 3.19 | วัดระยะความห่างระหว่างรูชิ้นงาน | 25 |
| 3.20 | วัดความเยื้องของรูชิ้นงาน | 25 |
| 3.21 | วัดความโค้งมนและระยะห่างของทั้ง 2 รูชิ้นงาน | 26 |
| 4.1 | ชิ้นงานชิ้นแรกที่ได้ทำการตรวจเช็คในไลน์ผลิต | 31 |
| 4.2 | มาตรฐานการวัดระยะห่างของรูชิ้นงาน | 32 |
| 4.3 | มาตรฐานการวัดความโค้งมนของรูชิ้นงาน | 32 |
| 4.4 | มาตรฐานการวัดความเยื้องของรูชิ้นงาน | 32 |
| 4.5 | ชุดปลดชิ้นงานได้รับความเสียหาย | 34 |
| 4.6 | ชุดใส่เบ้าดอกเจาะเกิดความเสียหาย | 35 |
| 4.7 | ปรับลดระดับความสูงของ Die Hight | 35 |

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|--|------|
| ก.1 | ชุดแม่พิมพ์ตัด, เจาะรู, และชุดปลดชิ้นงาน | 42 |
| ก.2 | ชุดแม่พิมพ์ตัดและเจาะรูชิ้นงาน | 43 |
| ก.3 | STEP AP214 | 44 |
| ก.4 | ชุดตายล่าง | 45 |
| ก.5 | Sub holder die | 46 |
| ก.6 | Roller clamp | 47 |
| ก.7 | Support roller clamp | 48 |
| ก.8 | Insert Die | 49 |
| ก.9 | Cover Die | 50 |
| ก.10 | Joint Clamp Width | 51 |
| ก.11 | Support air cylinder | 52 |
| ก.12 | Bracket lock Shaft | 53 |
| ก.13 | End Rod Air Cyl. | 54 |
| ก.14 | Support Air Cyl. | 55 |
| ก.15 | Plate LW Support die | 56 |
| ก.16 | Upper center punch | 57 |
| ก.17 | Sub plate Upper die | 58 |
| ก.18 | Sub plate Holder Punch | 59 |
| ก.19 | Support Stripper | 60 |
| ก.20 | ชุดปลดชิ้นงาน | 61 |
| ก.21 | Shim Stripper | 62 |
| ก.22 | Shaft Slide | 63 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

บริษัท เอ็นเอชเค สปริง(ประเทศไทย) จำกัด เป็นบริษัทในสาขาของ บริษัท เอ็นเอชเค สปริง(ประเทศญี่ปุ่น) จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตสปริงเป็นอันดับ 1 ของโลก [1] ซึ่งกระบวนการผลิตแผนบรรดยนต์ของทางบริษัทใช้กรรมวิธีการตัดและเจาะรูศูนย์กลางของเหล็กแผ่น ถือเป็นกระบวนการผลิตหลักของบริษัท ดังนั้นเครื่องตัดและเจาะรูศูนย์กลางของชิ้นงานจึงทำงานอยู่ตลอดเวลาเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าทุกกลุ่ม [2-4] โดยในแต่ละปีกลุ่มของลูกค้าแต่ละกลุ่มได้ทำการออกแบบชิ้นงานแผนบรรดยนต์รูปแบบใหม่ ๆ มาเรื่อย ๆ ซึ่งในปี พ.ศ. 2565 กลุ่มของลูกค้าที่ต้องการที่จะลดต้นทุนการผลิตแผนบรรดยนต์ โดยต้องการที่จะไม่ใช้ตัวประกอบรัดแผนบรรดยนต์ โดยจะเพิ่มการเจาะรูศูนย์กลางของชิ้นงานจาก 1 รู เพิ่มให้เป็น 2 รู เพื่อให้แผนบรรดยนต์สามารถยึดติดกันเป็นชุดที่แน่นขึ้นกว่าเดิม จึงส่งผลให้ภาระชิ้นงานของไลน์ผลิตมีเพิ่มมากขึ้นจากเดิม ซึ่งในไลน์การผลิตแผนบรรดยนต์สำหรับตัดและเจาะรูศูนย์กลางของชิ้นงานสามารถทำการผลิตชิ้นงานได้เพียง 1 ไลน์ผลิตเท่านั้น จึงทำให้การผลิตชิ้นงานแผนบรรดยนต์ของบริษัทไม่สามารถผลิตชิ้นงานได้ตามเป้าหมายจำนวนชิ้นงานที่ได้กำหนดไว้ได้ [5-7] ด้วยเหตุผลนี้ทางบริษัทจึงต้องการผลิตแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่ สำหรับทำงานที่ถูกต้องตามขนาดมาตรฐานของบริษัทที่ได้กำหนดเอาไว้ และเพื่อกระจายและสมดุลภาระชิ้นงานในไลน์ผลิต ซึ่งจะทำให้ไลน์ผลิตสามารถผลิตชิ้นงานได้ตามเป้าหมายที่กำหนด [7-9] จึงได้นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางวิศวกรรมศาสตร์มาช่วยในการคำนวณและสร้างแบบจำลองแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่เพื่อให้สามารถผลิตชิ้นงานได้ตามมาตรฐานของบริษัท และนำข้อมูลที่ผลิตได้มาหาความสามารถในกระบวนการผลิตแผนบรรดยนต์เพื่อหาความสามารถการตัดและเจาะรูชิ้นงานแบบคู่ของแม่พิมพ์โลหะที่ได้ทำการออกแบบ [10-13]

ดังนั้นโครงการนี้จึงทำการศึกษาและออกแบบแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่ให้สามารถผลิตชิ้นงานได้ตามมาตรฐานของบริษัท และกระจายภาระชิ้นงานและสมดุลปริมาณงานของไลน์ผลิตให้สามารถผลิตชิ้นงานได้ตามเป้าหมายที่กำหนดเมื่อทำการผลิตชิ้นงานจริง

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่สำหรับเครื่องปั๊มโลหะ
- 1.2.2 เพื่อกระจายและสมดุลปริมาณงานระหว่างไลน์ผลิต A กับไลน์ผลิต B

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

- 1.3.1 ไลน์ผลิต A และ ไลน์ผลิต B มีกระบวนการทำงานที่ใกล้เคียงกัน

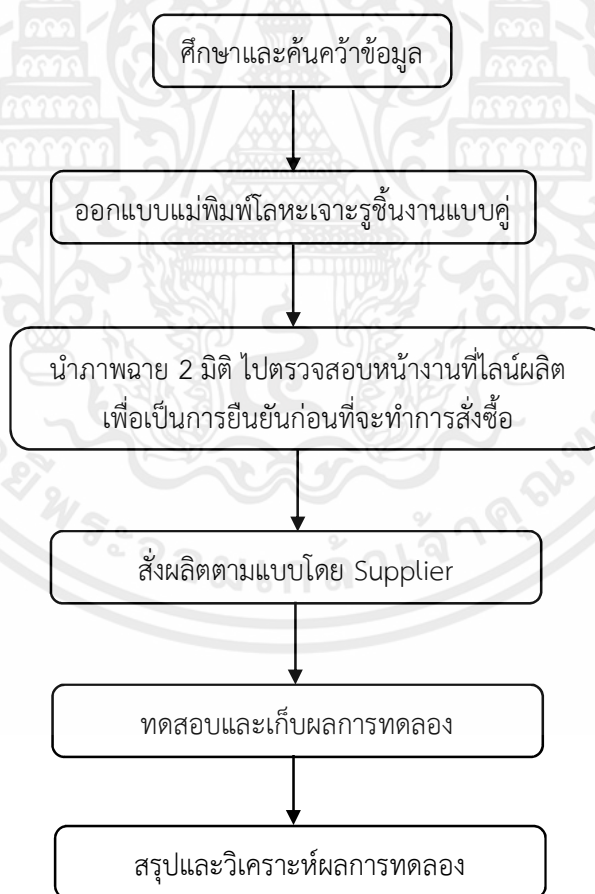
1.4 ขอบเขตการศึกษา

- 1.3.1 ใช้แหวนบรยนต์เบอร์ 2 และแหวนบรยนต์เบอร์ 3
 - 1.3.1.1 แหวนบรยนต์เบอร์ 2 ขนาดความหนา 9 mm
 - 1.3.1.2 แหวนบรยนต์เบอร์ 3 ขนาดความหนา 8 mm
- 1.3.2 ใช้เครื่องปั๊มโลหะขนาดกำลัง 150 Ton
- 1.3.3 ขนาดความกว้างของรูเจาะชิ้นงานที่ใช้ คือ 10.5 mm
- 1.3.4 ระยะเวลาที่บันทึกข้อมูลการผลิตชิ้นงานจริง คือ 17 ตุลาคม ถึง 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 สามารถออกแบบแม่พิมพ์โลหะที่ง่ายต่อการปรับตั้งค่าการเจาะรูชิ้นงาน
- 1.4.2 สามารถกระจายและสมดุลภาระชิ้นงานในไลน์ผลิต
- 1.4.3 สามารถลดชั่วโมงการผลิตแหวนบรยนต์ในไลน์ผลิต

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินการสร้างแม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่

| ขั้นตอนการทดลอง | ระยะเวลาการดำเนินงานปี 2565 | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. |
| 1. ค้นคว้าและหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง | ↔ | | | | | | |
| 2. ออกแบบแม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่ | | ↔ | | | | | |
| 3. สร้างแม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่ | | | ↔ | | | | |
| 4. ทดสอบแม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่ | | | | | ↔ | | |
| 5. ทำการผลิตชิ้นงานจริง | | | | | | ↔ | |
| 6. วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการทดลอง | | | | | | ↔ | |
| 7. ทำเล่มปริญญานิพนธ์ | | | | | | | ↔ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงข้อมูลเบื้องต้นของแหนบรถยนต์ ทฤษฎีการวิเคราะห์ภาระงาน ทฤษฎีการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิต การประเมินความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แหนบรถยนต์

แหนบรถยนต์ (Leaf Spring) ใช้รองรับน้ำหนักของตัวรถรวมถึงสิ่งของที่บรรทุก และรองรับการสั่นสะเทือนที่เกิดจากสภาพพื้นผิวของถนนขณะรถเคลื่อนที่ จะใช้ทั้งในรถกระบะ (Pick Up) รถโดยสาร (Bus) และรถบรรทุก (Truck) ดังรูปที่ 2.1 [2]



รูปที่ 2.1 แหนบรถยนต์ (Leaf Spring) [3]

2.2 ทฤษฎีการวิเคราะห์ภาระงาน (Workload Analysis)

ภาระงาน (Workload) คือ การวิเคราะห์ว่าหน่วยงาน ตำแหน่งงาน และพนักงาน รับผิดชอบในงานทั้งหมดเป็นจำนวนมากเท่าใดในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ [5]

2.2.1. การเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด (ภาระงาน) กับระยะเวลาที่มีอยู่ ได้แก่

1. งานเท่ากับคน คือ ใช้คนอย่างมีประสิทธิภาพ
2. งานมากกว่าคน คือ ใช้คนมีประสิทธิภาพสูงกว่ามาตรฐานขององค์กร จึงต้องทำให้มีการทำงานล่วงเวลา และการกระจายภาระงานไปยังไลน์ผลิตต่าง ๆ
3. คนมากกว่างาน คือ ใช้คนยังไม่เกิดประสิทธิภาพอย่างเต็มที่กับงาน จึงต้องมีการเพิ่มงาน และกระจายกำลังคนไปยังไลน์ผลิตต่าง ๆ

2.2.2. ประโยชน์ของการวิเคราะห์ภาระงาน

1. ทำให้ทราบชัดเจนถึงรายละเอียดของงานทั้งหมดที่ทำในไลน์ผลิต
2. ทำให้ทราบภาระงานทั้งหมดที่ต้องรับผิดชอบของหน่วยงาน ตำแหน่งงาน และพนักงาน
3. นำไปใช้ในการบริหารงานของพนักงานในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การกระจายงานและวางแผนการกระจายกำลังคนในอนาคต
4. นำไปใช้เป็นข้อมูลในการเพิ่มประสิทธิภาพและผลผลิต

2.3 ทฤษฎีการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิต

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis) คือ การประเมินความผันแปรของกระบวนการ (อาจอยู่ในรูปแบบของฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่ระบุทั้งรูปทรงค่ากลาง และปริมาณการกระจายของการแจกแจง) และวิเคราะห์ข้อกำหนดมาตรฐานหรือสเปกของผลิตภัณฑ์ [7]

2.3.1 ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ มีขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

1. การตรวจสอบข้อกำหนดเฉพาะหรือสเปกชิ้นงาน ซึ่งสามารถดำเนินการได้จากการตรวจสอบแบบ (Design Output) ของผลิตภัณฑ์และทบทวนข้อตกลงกับลูกค้าว่ายอมรับข้อกำหนดเฉพาะดังกล่าวหรือไม่
2. การนำเอาชิ้นงานตัวอย่างจากกระบวนการ ทั้งแบบระยะสั้นและแบบระยะยาว
3. การตรวจสอบสภาวะเสถียรภาพของกระบวนการ โดยอาศัยแผนภูมิควบคุม เพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่จากตัวอย่างอยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติสำหรับการกำหนดคุณสมบัติในด้านความสามารถการคาดการณ์ได้หรือไม่
4. การประเมินค่ามาตรฐานของสเปกชิ้นงาน (Z-score)
5. การประเมินค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ พร้อมวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปร เพื่อดำเนินการแก้ไขต่อไป

2.3.2 ประโยชน์ของการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis) นี้จัดเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากของโปรแกรมการปรับปรุงคุณภาพโดยรวม โดยข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการนี้สามารถใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ อาทิเช่น [7]

1. การคาดการณ์ว่ากระบวนการมีความสามารถในการผลิตได้ตามข้อกำหนดเฉพาะได้หรือไม่
2. การช่วยเหลือนักออกแบบหรือนักวิจัยพัฒนาในการตัดสินใจเลือกหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการ
3. การช่วยกำหนดความถี่ของการซักสิ่งตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์กระบวนการ
4. การกำหนดความต้องการด้านสมรรถนะสำหรับอุปกรณ์ใหม่
5. การเลือกผู้ส่งมอบ และควบคุมผู้ส่งมอบ
6. การวางแผนลำดับขั้นตอนของกระบวนการผลิตเมื่อมีอิทธิพล (Interaction Effect) ของกระบวนการ
7. การลดความผันแปรในกระบวนการผลิต
8. การลดต้นทุนคุณภาพ (Cost of Quality) ด้วยการลดต้นทุนด้านข้อบกพร่องด้านคุณภาพ เนื่องมาจากการลดปริมาณข้อบกพร่องของกระบวนการ

2.4 การประเมินความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ

ความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการจะเป็นการศึกษาถึงผลจากการออกแบบกระบวนการผลิต โดยไม่ให้ความสนใจว่าค่าเซตตั้งของกระบวนการจะดีหรือไม่ ด้วยการกำหนดให้ค่าเฉลี่ย (ตำแหน่ง) ของกระบวนการอยู่ในตำแหน่งเป้าหมาย สำหรับดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ จะกล่าวเฉพาะดัชนีที่มีความนิยมใช้กันในอุตสาหกรรมไทยเท่านั้น [7]

1. อัตราความผันแปรของกระบวนการที่สัมพันธ์กับข้อกำหนดเฉพาะคือ C_R (Short-term Potential Capability Ratio) และ P_R (Long-term Capability Ratio)
2. ดัชนีความผันแปรของกระบวนการที่สัมพันธ์กับข้อกำหนดเฉพาะคือ C_p (Process Capability Index), P_p (Process Performance Index), C_{pk} (Actual Process Capability Index), และ P_{pk} (Actual Process Capacity Index)

2.4.1. ดัชนีประเมินความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการจะต้องอยู่บนสมมติฐานต่าง ๆ ดังนี้ [7]

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาจะต้องเป็นข้อมูลแบบผันแปร
2. ข้อมูลต้องรวบรวมจากกระบวนการผลิตในสภาพปกติของการผลิต กล่าวคือ ต้องใช้วัตถุดิบภายใต้สเปกที่กำหนด เครื่องจักรในสภาพปัจจุบัน พนักงานผลิตที่เป็นพนักงานประจำ และไม่สามารถนำข้อมูลจากห้องปฏิบัติการควบคุมหรือห้องปฏิบัติการวิจัยมาใช้ในการศึกษาได้
3. ข้อมูลต้องอยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติ หรือสภาวะเสถียรภาพที่ทำให้ข้อมูลมีคุณสมบัติในการคาดการณ์ต่อได้

4. ข้อมูลที่รวบรวมได้จะต้องเป็นข้อมูลสุ่ม (ซึ่งอยู่ภายใต้ความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติ) ที่กระจายรอบค่าหนึ่งในลักษณะการแจกแจงปกติ

5. ข้อมูลที่ทำการศึกษาจะเป็นค่าวัดแสดงคุณลักษณะด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สะท้อนถึงสาเหตุความผันแปรจากกระบวนการ หรือ ใช้ข้อมูลด้านผลิตภัณฑ์ในการอธิบายกระบวนการผลิต

2.4.2. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการด้วยดัชนีความสามารถ C_p และ C_{pk}

ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการสามารถระบุได้ว่า กระบวนการนี้มีความสามารถหรือไม่ โดยพิจารณาจากค่า C_p และ C_{pk} ดังสมการที่ (2.1 – 2.5) [7]

กรณีที่มีข้อมูลจำนวนกลุ่มย่อยไม่เกิน 20 กลุ่ม

$$\sigma = \frac{\overline{R}}{d_2^*} \quad (2.1)$$

กรณีที่มีข้อมูลจำนวนกลุ่มย่อยมากกว่า 20 กลุ่ม

$$\sigma = \frac{\overline{R}}{d_2} \quad (2.2)$$

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (2.3)$$

หมายเหตุ: ถ้า $2.00 \leq C_p$ ถือว่ากระบวนการมีความสามารถดีมาก ๆ

ถ้า $1.67 \leq C_p < 2.00$ ถือว่ากระบวนการมีความสามารถดีมาก

ถ้า $1.33 \leq C_p < 1.67$ ถือว่ากระบวนการมีความสามารถดี

ถ้า $1.00 \leq C_p < 1.33$ ถือว่ากระบวนการมีความสามารถพอใช้

ถ้า $0.67 \leq C_p < 1.00$ ถือว่ากระบวนการมีความสามารถต่ำ

ถ้า $C_p < 0.67$ ถือว่ากระบวนการมีความสามารถต่ำมาก

และ C_{pk} คือ ค่าที่สุดของ C_{pu} และ C_{pl}

$$C_{pu} = \frac{USL - Average}{3\sigma} \quad (2.4)$$

$$C_{pl} = \frac{Average - LSL}{3\sigma} \quad (2.5)$$

หมายเหตุ: ถ้า $C_{pk} < 1.00$ ถือว่ากระบวนการไม่มีความสามารถ

ถ้า $C_{pk} = 1.00$ ถือว่ากระบวนการมีความสามารถขั้นต่ำสุด

แนะนำให้ C_{pk} ควรมีค่ามากกว่า 1.33

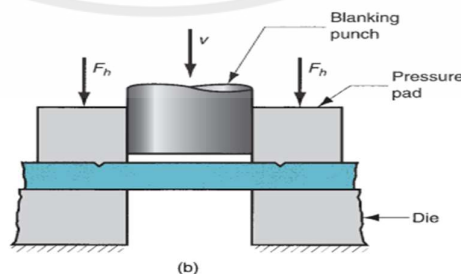
โดยที่

| | |
|-----------|---|
| σ | คือ ความผันแปรธรรมชาติของกระบวนการ (mm) |
| \bar{R} | คือ ค่าพิสัยของข้อมูล (mm) |
| d_2 | คือ พิกัดของ d_2^* (ไร้หน่วย) |
| d_2^* | คือ ตัวปรับค่าความเอนเอียงสำหรับ \bar{R} (ไร้หน่วย) |
| C_p | คือ ความสามารถของกระบวนการ (ไร้หน่วย) |
| C_{pk} | คือ ความสามารถที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ย (ไร้หน่วย) |
| C_{pu} | คือ ความสามารถของกระบวนการด้านบน (ส่วนย่อยของ C_{pk}) (ไร้หน่วย) |
| C_{pl} | คือ ความสามารถของกระบวนการด้านล่าง (ส่วนย่อยของ C_{pk}) (ไร้หน่วย) |
| USL | คือ ขีดจำกัดข้อกำหนดด้านบน (Upper Specification Limit) (mm) |
| LSL | คือ ขีดจำกัดข้อกำหนดด้านล่าง (Lower Specification Limit) (mm) |
| $Average$ | คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล (mm) |

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับงานตัด

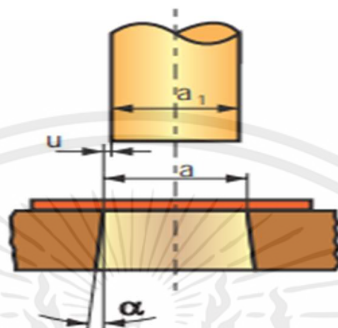
กระบวนการตัดเฉือน (Shearing Process) คือ การตัดโลหะออกจากกันโดยใช้คมตัดของ 펀ช์และตายกดลงบนเนื้อโลหะจนเลยจุดความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate Strength) ซึ่งจะทำให้โลหะนั้นฉีกขาดออกจากกัน ลักษณะของการตัดชิ้นงานสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท ดังนี้ [11]

2.5.1 การปั๊มเจาะ (Blanking) เป็นขั้นตอนแรกที่จะต้องทำในการผลิต โดยจะเป็นการตัดแผ่นโลหะด้วย 펀ช์และตายให้ได้รูปร่างตามที่ต้องการ แผ่นโลหะที่ตัดออกมานี้จะนำไปผ่านกรรมวิธีอื่นเพื่อผลิตเป็นชิ้นงานต่อไป ดังรูปที่ 2.2 [11]



รูปที่ 2.2 การตัดแบบ Blanking [12]

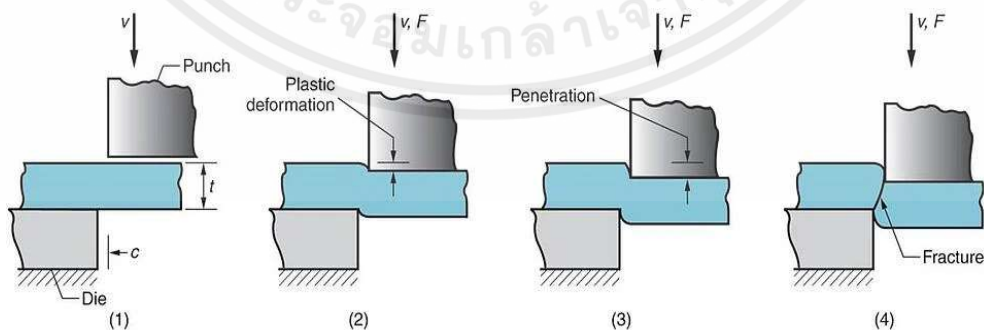
2.5.2 การตัดเจาะรู (Piercing) โดยทั่วไปเป็นขั้นตอนที่ต่อจากการบีบเจาะ โดยจะตัดแผ่นโลหะให้เป็นรูตามตำแหน่งที่ต้องการ บางครั้งทั้งการบีบเจาะและการตัดเจาะรูสามารถทำพร้อมกันได้ในช่วงขั้นตอนเดียว ข้อแตกต่างระหว่างการบีบเจาะและการตัดเจาะรูคือ การบีบเจาะจะใช้แผ่นโลหะที่ตัดออกมาด้วยพันธ์และคายเป็นชิ้นงาน ส่วนการตัดเจาะรูจะใช้แผ่นโลหะที่ถูกตัดเป็นรูเป็นชิ้นงานดังรูปที่ 2.3 [11]



รูปที่ 2.3 การตัดแบบ Piercing [13]

2.6 หลักการของงานตัดโลหะ

ขั้นตอนในการตัดแผ่นโลหะเริ่มจากการที่พันธ์กดลงบนโลหะ และพาเนื้อโลหะเข้าไปในช่องว่างของคายจนเลยค่าความยืดหยุ่นของวัสดุ (Elastic Limits) ผิวด้านล่างของโลหะจะเริ่มไหลตัวเข้าไปในคายและส่วนผิวด้านบนจะถูกพันธ์กดลง เมื่อแรงกดเพิ่มขึ้นพันธ์จะเจาะเข้าไปในเนื้อของโลหะ โดยความลึกของส่วนที่ถูกกดลงจะเท่ากับส่วนที่ไหลเข้าไปในคายทางด้านล่าง เมื่อแรงกดเพิ่มขึ้นจนเลยค่าความแข็งแรงสูงสุดของวัสดุ (Ultimate Strength) โลหะก็จะฉีกขาดออกจากกัน (รูปที่ 2.4) การฉีกขาดของโลหะจะดีหรือไม่ดีนั้นขึ้นอยู่กับระยะช่องว่างของคมตัด (Clearance) ถ้าช่องว่างของคมตัดมากไปหรือน้อยไปนั้น จะทำให้มีผลต่อแรงในการตัดชิ้นงานและส่งผลต่อการสึกหรอของพันธ์และคายนอกจากนั้นยังทำให้มีผลต่อรอยฉีกขาดและครีปที่ชิ้นงานอีกด้วย [11]



รูปที่ 2.4 ลักษณะของการตัดชิ้นงาน [12]

2.7 การเลือกขนาดของเครื่องปั๊มโลหะ

การเลือกขนาดของเครื่องปั๊มโลหะ จำเป็นจะต้องเลือกเครื่องปั๊มที่สามารถสร้างแรงอัดได้มากกว่าค่าแรงที่ต้องการใช้ในกระบวนการตัดและเจาะรูของชิ้นงานที่คำนวณได้ 30% – 50% เพื่อช่วยให้สามารถตัดและเจาะรูของชิ้นงานได้ในกรณีที่วัสดุที่มีความหนาไม่สม่ำเสมอ และขนาดของช่องว่างของคมตัดระหว่างพUNCHและตายที่เปลี่ยนแปลง และกรณีที่คมตัดของตายที่ถือเป็นต้นไป [10]

2.8 การคำนวณแรงตัดเฉือน (Cutting Force)

การคำนวณค่าแรง F_s ที่ต้องการใช้ในการตัดวัสดุ กำหนดให้ผิวหน้าตัดของพUNCH (Punch) และตาย (Die) มีลักษณะเรียบ นั่นคือไม่มีการเอียงของคมเฉือน แรงที่ใช้ในการตัดชิ้นงาน (Shearing Force) สามารถหาได้จากสมการที่ (2.6) [11]

$$F_s = \frac{K \times L \times t \times \tau}{1000} \quad (2.6)$$

โดยที่

| | |
|--------|---|
| F_s | คือ แรงที่ต้องการใช้ในการตัด (Ton) |
| K | คือ ค่าความปลอดภัย (Safety Factor) (ไร้หน่วย) |
| L | คือ ความยาวรอยตัด (mm) |
| t | คือ ความหนาของวัสดุ (mm) |
| τ | คือ ค่าความเค้นเฉือนของวัสดุ (kgf/mm ²) |

สามารถเขียนเป็นสมการที่ใช้ในการเจาะรูชิ้นงาน (Punching Force) ได้ดังสมการที่ (2.7) [11]

$$F_s = \frac{K \times \pi \times d \times t \times \tau}{1000} \quad (2.7)$$

โดยที่

| | |
|--------|--|
| F_s | คือ แรงที่ต้องการใช้ในการตัด (Ton) |
| K | คือ ค่าความปลอดภัย (Safety Factor) (ไร้หน่วย) |
| π | คือ ค่าคงที่ของวงกลม (rad) |
| d | คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพUNCH (mm) |
| t | คือ ความหนาของวัสดุ (mm) |
| τ | คือ ค่าความเค้นเฉือนของ (kgf/mm ²) |

2.9 การคำนวณแรงปลดชิ้นงาน (Stripping Force)

แรงปลดชิ้นงาน (Stripping Force) คือ แรงที่ใช้ในการดันชิ้นงานให้หลุดออกจากพินช์ (Punch) ตามปกติจะมีค่าตั้งแต่ 2.5% – 20% ของแรงตัดหรือแรงเจาะ สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2.8) [11]

$$F_s = \%Stripping\ Force \times Punching\ Force \quad (2.8)$$

โดยที่

| | |
|------------------|--|
| F_s | คือ แรงที่ใช้ปลดชิ้นงาน (Stripping Force) (Ton) |
| %Stripping Force | คือ เปอร์เซ็นต์แรงที่ใช้ในการปลดชิ้นงาน (ไร้หน่วย) |
| Punching Force | คือ แรงที่คำนวณได้จากสมการ (Ton) |

ค่าที่ได้ตามสมการ (2.8) เป็นค่าโดยประมาณเท่านั้น เพราะค่าของแรงปลดชิ้นงาน (Stripping Force) ยังขึ้นอยู่กับค่าของตัวแปรอีกหลายค่าซึ่งไม่ประเมินค่าได้ ได้แก่ [11]

1. ความหยาบและมุมของรอยฉีกขาด
2. อัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของช่องว่าง
3. สภาพคมตัดของพินช์ (Punch) และตาย (Die)
4. ความห่างของคมตัด (Die Clearance)
5. การหล่อลื่นของพินช์ (Punch)
6. ระยะห่างระหว่างรู หรือระยะห่างจากรูถึงขอบของชิ้นงาน
7. สภาพผิวหน้าของพินช์ เช่น แต่งคมตัด เพื่อลดแรงตัดหรือไม่แต่ง
8. จำนวนของรูที่เจาะ
9. เนื้อที่ที่เหลือนชิ้นงานหลังจากการเจาะรูหรือตัดช่องว่างออกไปแล้ว
10. ชนิดของโลหะ

2.10 ระยะช่องว่างระหว่างคมตัด (Cutting Clearance)

ช่องว่างระหว่างคมตัด คือ ช่องว่างระหว่างพินช์และตาย ซึ่งจะบอกเป็นค่าของผลต่างของรัศมีพินช์และตายแรงที่ต้องการใช้ในการตัดจะมีค่าลดลง เมื่อเลือกใช้ขนาดของช่องว่างระหว่างพินช์และตายที่เหมาะสมกับวัสดุและความหนาของวัสดุแต่ละชนิด เพื่อที่ว่าเมื่อวัสดุที่ขาดนั้นจะมีรอยร้าวที่เกิดขึ้นจากพินช์และตายจะไปบรรจบกันพอดี ผิวที่ได้จากลักษณะนี้จะเป็นผิวที่เหมาะสมและดีที่สุด และยังช่วยยืดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ให้ยาวนานอีกด้วย เพราะทำให้แรงดันของชิ้นงานมีค่าน้อยที่สุด [14]

2.6.1 อิทธิพลของช่องว่างคมตัดที่มีต่อชิ้นงาน คือ ผลที่เกิดจากการกำหนดของช่องว่างระหว่างคมตัดในลักษณะต่าง ๆ (Effects of Cutting Clearance) ระยะช่องว่างระหว่างพินซ์ (Punch) และตาย (Die) ที่เหมาะสมสามารถดูได้จากสภาพของรอยตัดชิ้นงานได้ ดังนี้

1. กรณีที่ระยะของช่องว่างคมตัดเหมาะสม (Optimum Cutting Clearance)

ชิ้นงานหรือเศษที่ได้จากสภาพของการตัดที่เหมาะสม จากสภาวะของขั้นตอนแรกในการเปลี่ยนรูป (Plastic Deformation) ระหว่างการตัดจะเกิดขอบโค้งมน (Edge Radius) ขึ้นที่ขอบของชิ้นงาน รอยตัด (Shear Surface) ซึ่งเป็นแนวตรงมีลักษณะเงามัน เกิดจากสภาวะการตัดในขั้นตอนที่ 2 การกดลึก (Penetration) ความกว้างของรอยตัดจะมีขนาดประมาณ $1/3$ ของความหนาวัสดุ และสัดส่วนของรอยฉีกขาดเกิดจากปฏิกิริยาการตัดในขั้นตอนที่ 3 จะเป็นลักษณะของรอยแตกหรือการฉีกขาด (Fracture Surface) [14]

2. กรณีที่ระยะของช่องว่างคมตัดมากเกินไป (Excessive Cutting Clearance)

ชิ้นงานหรือเศษที่ได้จากสภาพการตัดของพินซ์และตายที่ระยะช่องว่างมากเกินไปจากการเปรียบเทียบการใช้ระยะช่องว่างระหว่างคมตัดของพินซ์และตายให้มากที่สุดเท่าที่จะทำการตัดวัสดุได้นั้น ผลที่ได้จากปฏิกิริยาการตัดในครั้งแรกจะเหมือนการขึ้นรูปมากกว่าการตัด ขอบโค้งมนของชิ้นงานจะใหญ่และรอยตัดจะแคบและไม่ราบเรียบสม่ำเสมอมีลักษณะเป็นรอยขรุขระ รอยฉีกขาดจะกว้าง เนื่องจากการฉีกขาดและอาจจะแผ่ขยายมาถึงรอยตัดและตรงมุม ทำให้เกิดเสี้ยนหรือครีบโลหะ (Burr) ขึ้นที่ขอบรอยฉีก [14]

3. กรณีที่ระยะของช่องว่างคมตัดน้อยเกินไป (Insufficient Cutting Clearance)

ชิ้นงานหรือเศษที่ได้จากสภาพการตัดของพินซ์และตายที่ระยะช่องว่างน้อยเกินไปนั้นจะทำให้สภาพของรอยตัดมีรอยกว้างไม่สม่ำเสมอและอาจเกิดขึ้นมากกว่า 2 แห่ง เนื่องจากมุมที่สูงขึ้นมากเกินไปของพินซ์และตายเป็นอุปสรรคของการฉีกขาดของวัสดุเพิ่มมากขึ้น ทำให้ต้องใช้แรงกดในการฉีกวัสดุในครั้งแรกสูงกว่าปกติ ถ้ารอยแตกขยายยาวออกไปแต่ไม่บรรจบกันทำให้รอยฉีกของวัสดุไม่สมบูรณ์เกิดเป็นบางส่วนเท่านั้น แรงกดที่ยังมีอยู่ที่พินซ์จะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการกดครั้งที่สองขึ้น ผลก็คือทำให้เกิดรอยฉีกครั้งที่สองเกิดขึ้นที่รอยตัดของชิ้นงาน [14]

4. ตำแหน่งพินซ์ (Punch) และตาย (Die) เยื้องศูนย์กลาง

จากตำแหน่งของพินซ์และตายที่เยื้องศูนย์กลางกันและกันจะทำให้พินซ์และตาย จะได้รับแรงไม่เท่ากันทุกจุด ทำให้รอยตัดของชิ้นงานมีลักษณะไม่เหมือนกันทุกด้าน คือด้านหนึ่งอาจจะมีลักษณะแบบเดียวกับชิ้นงานที่ได้จากการกำหนดระยะช่องว่างของคมตัดน้อยเกินไป ส่วนอีกด้านจะเกิดในลักษณะการกำหนดช่องว่างของคมตัดมากเกินไป ซึ่งจะส่งผลให้อายุการใช้งานของพินซ์และตายสั้นลงซึ่งจะเป็นตัวชี้บ่งถึงความสามารถของเครื่องมือเครื่องจักรและผู้สร้างแม่พิมพ์ตัด ในการติดตั้งแม่พิมพ์ตัดซึ่งสามารถตรวจพบและแก้ไขตำแหน่งการเยื้องศูนย์กลางได้ในระหว่างการใช้งาน [14]

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พงศกร [14] ศึกษาการใช้แม่พิมพ์ตัดเจาะที่มีช่องว่างระหว่างคมตัดตั้งแต่ 0%, 2%, 5%, 10% และ 15% ของความหนาของชิ้นงาน โดยเลือกใช้โลหะผสม 3 ชนิด คือ อะลูมิเนียม ทองแดง และทองเหลือง ที่มีความหนา 3 mm พบว่า ถ้าช่องว่างของคมตัดน้อยเกินไปจะทำให้การตัดเฉือนไม่สามารถกำจัดส่วนโค้งมน รอยฉีกขาด และครีบของขอบตัดได้ทั้งหมด ในทางกลับกันหากช่องว่างของคมตัดมากเกินไปจะทำให้กระบวนการตัดเฉือนจะเป็นเสมือนการตัดครั้งที่สอง จากการเปรียบเทียบผลการทดสอบพบว่าช่องว่างของคมตัดที่เหมาะสมสำหรับการตัดเจาะคือ 10% ของความหนาชิ้นงาน สำหรับอะลูมิเนียม และ 5% ของความหนาชิ้นงานสำหรับทองแดงและทองเหลือง

เฉลิมพล และคณะ [15] ศึกษาอิทธิพลของระยะช่องว่างคมตัดที่มีผลต่อพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์สำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง (Blanking Die for High Strength Steel) พบว่าแม่พิมพ์ที่มีระยะช่องว่างของคมตัดน้อยที่สุดคือ 7% ของความหนาชิ้นงาน จะเกิดการสึกหรอของแม่พิมพ์มากที่สุด รองลงมาคือ 10%, 13% และ 16% ของความหนาของชิ้นงานตามลำดับ การสึกหรอของพันธะจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขอบตัดชิ้นงานในลักษณะเหมือนกัน จะส่งผลให้ส่วนโค้งมน รอยฉีกขาด และครีบบมีขนาดเพิ่มสูงขึ้น ส่วนรอยตัดเฉือนจะลดลง

เฉลิมพล และ ณัฐศักดิ์ [16] ศึกษาชนิดของเหล็กกล้าที่ใช้ทำพันธะที่มีผลต่อการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด โดยศึกษาการสึกหรอแบบ Abrasive ของพันธะที่ทำมาจากวัสดุที่ต่างกัน 4 ชนิด คือ เหล็กกล้ามาตรฐาน JIS ได้แก่ SKD11, SKD12, SKD3 และ S50C กำหนดให้ค่าความแข็งคือ 60 ± 2 HRC ค่าช่องว่างระหว่างแม่พิมพ์คงที่ 8% ของความหนาชิ้นงาน พบว่าพันธะที่มีระยะการสึกหรอน้อยที่สุดคือเหล็กกล้าเครื่องมือ SKD11 รองลงมาคือ SKD12, SKD3 และพันธะที่ทำจากเหล็กกล้าเครื่องมือ S50C มีค่าการสึกหรอมากที่สุด

ธวัช และ รุ่งวสันต์ [17] ศึกษาการหาค่าช่องว่างที่ถูกต้องของแม่พิมพ์ตัดขาดสำหรับเหล็กแผ่นรีไซเคิล ตามหลักทฤษฎีของแม่พิมพ์โลหะ (Punch and Die) จะมีวิธีการหาค่าช่องว่าง 2 รูปทรง คือ รูปทรงแบบวงกลมและรูปทรงแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า พบว่าชิ้นงานรูปวงกลมมีค่าช่องว่างที่เหมาะสมคือ 8% ของความหนาของชิ้นงาน และชิ้นงานรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีค่าช่องว่างที่เหมาะสมคือ 9% ของความหนาของชิ้นงาน และผลการวิเคราะห์ด้านข้อมูลเชิงสถิติในเรื่องความสามารถของกระบวนการ โดยการตีความผ่านดัชนีความสามารถของกระบวนการ C_p มีค่าเท่ากับ 7.65 และ C_{pk} มีค่าเท่ากับ 5.04 ของชิ้นงานรูปวงกลม และค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ C_p มีค่าเท่ากับ 5.46 และ C_{pk} มีค่าเท่ากับ 3.11 ของชิ้นงานรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า แสดงว่ากระบวนการนี้มีความสามารถในการออกแบบกระบวนการที่ดีตามมาตรฐานอุตสาหกรรม

พาณิชย์ และคณะ [18] ศึกษาการจัดสรรภาระงานเข้าสู่กระบวนการทำงาน และพัฒนาอัลกอริทึม โดยใช้หลักการ Optimal Coalition Structure (OCS) เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับภาระงาน พบว่าการจัดสรรภาระงานแบบ TACS ทำงานได้ดีกว่า OPGA และยังได้มีการหาโซลูชันที่ดีที่สุดจนถึงโซลูชันที่แย่ที่สุดที่เกิดขึ้นในการกระจายภาระงาน เพื่อที่จะให้ใช้เวลาอย่างคุ้มค่ามากที่สุด จึงทำให้เกิดการจัดสรรภาระงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อการดำเนินกระบวนการ

Kumaresh et al. [19] ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบแม่พิมพ์ชุดพUNCHและชุดตายที่สามารถใช้แทนกันได้และลดน้ำหนักของวัสดุ โดยการเปลี่ยนวัสดุของชุดตาย ซึ่งจะเน้นไปที่การทำงานต่าง ๆ ในชุดแม่พิมพ์เดี่ยว ในการทำงานของแม่พิมพ์นี้สามารถทำได้หลายกระบวนการบนแม่พิมพ์ที่ตั้งค่าการกดอัดเพียงครั้งเดียว ได้ทำการออกแบบแม่พิมพ์ด้วยโปรแกรม SolidWorks และทำการวิเคราะห์ด้วยกระบวนการไฟไนต์เอลิเมนต์ พบข้อบกพร่องในระหว่างกระบวนการผลิตหลายสาเหตุ เช่น การออกแบบแม่พิมพ์ที่มีขนาดใหญ่เกินไป ทำให้มีพื้นที่จำกัดสำหรับการติดตั้งแม่พิมพ์

Wojtkowiak and Krzysztof [20] ศึกษาเกี่ยวกับการลดแรงเฉาะแบบสมมาตรและแบบไม่สมมาตรตามแนวแกน ด้วยการวิเคราะห์ FEM กำหนดให้มุมปลายของพUNCHอยู่ในช่วง 60° - 150° และเส้นผ่านศูนย์กลางของพUNCHคงที่ คือ 10 mm พบว่าการใช้พUNCHเฉาะที่ไม่สมมาตรตามแนวแกนสามารถลดแรงเฉาะทะลุทะลวงได้ โดยจะไม่ทำให้เกิดแรงตามขวางที่ทำให้พUNCHเกิดการโก่งตัว แต่เมื่อเทียบกับการเฉาะแบบสมมาตรตามแนวแกนยังคงก่อให้เกิดปัญหาบางอย่างตามมา เช่น ความสม่ำเสมอของรู เพื่อให้ลดแรงในการเฉาะแบบทะลุ มุมปลายของพUNCHควรต่ำกว่า 124° เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการเสีรู

Avadhani et al. [21] ศึกษาการออกแบบแม่พิมพ์โลหะชุดตายและชุดพUNCH โดยให้สามารถตัดและเจาะรูชิ้นงานได้พร้อมกัน ในขณะที่เครื่องจักรทำการกดแม่พิมพ์หนึ่งครั้ง เพื่อลดเวลาและลดต้นทุนในกระบวนการผลิต พบว่าการออกแบบและวิเคราะห์แม่พิมพ์สำหรับการตัดและเจาะรูชิ้นงาน ซึ่งจะสามารถเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนได้ โดยก่อนที่จะทำการทดลองเวลาที่ใช้ในการผลิตจะอยู่ที่ 4 min ซึ่งมีต้นทุนอยู่ที่ประมาณ 6 Rupees และหลังจากที่จะได้ทำการทดลองสามารถคาดการณ์ได้ว่าเวลาที่ใช้ในการผลิตจะเหลืออยู่ที่ 30 ถึง 40 S และค่าใช้จ่ายจะอยู่ที่ประมาณ 1.5 ถึง 2 Rupees

bin Ab Kadir et al. [22] ศึกษาการออกแบบชุดพUNCHในการเจาะรูชิ้นงาน แบบ Micro Blanking Punch ที่ตอบสนองความต้องการของอุตสาหกรรม โดยใช้โปรแกรม SolidWorks ในการออกแบบชุดพUNCHแบบ Micro Blanking ที่สมบูรณ์ และทำการวิเคราะห์โดยใช้ FEM ผลลัพธ์ของ FEA จะถูกคำนวณโดยใช้ e-fatigue เพื่อให้ได้ค่าที่สมบูรณ์สำหรับชุดพUNCH พบว่าปัญหาหลัก ๆ ระหว่างการบ่มขึ้นรูปที่มีการผลิตแบบต่อเนื่องหลายพUNCH จะทำให้พUNCHเกิดความสึกหรอหรือแตกหักได้ สำหรับ Micro Blanking Punch ที่ออกแบบให้มีขนาดเล็ก ความน่าจะเป็นที่จะหักก็มีมากเช่นกัน

Patil et al. [23] ศึกษาการออกแบบแม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานที่สามารถเปลี่ยนชุดพUNCHเจาะรูชิ้นงานได้และลดน้ำหนักวัสดุของชุดแม่พิมพ์ ซึ่งในการทำงานของเครื่องบ่มโลหะหนึ่งครั้ง จะสามารถทำงานได้หลายขั้นตอนพร้อมกัน เพื่อที่จะนำไปสู่การลดเวลาการผลิตและลดต้นทุนในการผลิตขึ้นงาน ข้อบกพร่องของแม่พิมพ์ชุดนี้ไม่เหมาะกับเครื่องบ่มโลหะที่มีขนาดมากกว่า 100 Ton ขึ้นไป

Goyal et al. [24] ศึกษาการออกแบบเครื่องเฉาะชิ้นงานขนาดเล็กที่ควบคุมด้วยระบบนิวเมติกส์ โดยใช้เฉาะบนแผ่นวัสดุอะลูมิเนียมและพลาสติกแบบบางที่มีขนาดแตกต่างกัน (1 – 2 mm) เพื่อลดการใช้แรงในการเฉาะ โดยการปรับเปลี่ยนการออกแบบเครื่องมือพUNCHเจาะชิ้นงาน พบว่าเครื่องเฉาะระบบนิวเมติกส์เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง แรงเฉาะที่ลดลงจาก 25% ถึง 60% ช่วยลดอายุการใช้งานเครื่องมือและลดต้นทุนการตัดเฉาะเครื่องมือ ดังนั้น ด้วยการลดแรงนี้

เราจึงสามารถเจาะแผ่นที่มีความหนาไม่เกิน 2.25 mm สำหรับแผ่นพลาสติกที่มีความต้านทานแรงดึง 90 N/mm² และแผ่นอะลูมิเนียมสูงสุด 1.5 mm ที่มีความต้านทานแรงดึง 180 N/mm²



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินโครงการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่ และขั้นตอนการทดลองเจาะรูชิ้นงานแบบคู่ด้วยแม่พิมพ์โลหะนี้ เพื่อหาตำแหน่งความสูงของแม่พิมพ์ที่ถูกต้องและสามารถเจาะรูชิ้นงานได้ตามแบบมาตรฐานของบริษัทที่ได้กำหนดไว้ และทำการวิเคราะห์หาระยะชิ้นงานและทำการสมมูลหาระยะขึ้นในไลน์ผลิต A และไลน์ผลิต B

3.1 การแบบแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่

ในขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์โลหะนี้ ได้ทำการออกแบบแม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่ โดยทำการออกแบบด้วยโปรแกรม Autodesk Inventor Professional 2020 และทำชิ้นงานขึ้นมาทดสอบการใช้งานจริง แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขในจุดบกพร่องต่าง ๆ โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานได้

3.1.1 การออกแบบแม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่

3.1.1.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. โน้ตบุ๊ก ยี่ห้อ ASUS VivoBook
2. โปรแกรม Autodesk Inventor Professional 2020
3. โปรแกรม Microsoft Excel 2019
4. ตลับเมตร ยี่ห้อ KDS Neolock 5 mm

3.1.1.2 วิธีการดำเนินงาน

1. สำนวณสภาพเครื่องจักร และตรวจสอบลักษณะของงานเทียบกับงานที่ขึ้นผลิตที่ไลน์ผลิต ณ ปัจจุบัน โดยจะนำข้อมูลมาคำนวณด้วยโปรแกรม Microsoft Excel 2019 เพื่อที่จะออกแบบแม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่ ดังรูปที่ 3.1 - รูปที่ 3.3
2. วัดระยะแม่พิมพ์โลหะที่ติดตั้งอยู่ที่ไลน์ผลิต โดยจะนำระยะของแม่พิมพ์โลหะเดิมนำมาทำการออกแบบแม่พิมพ์ใหม่ เพื่อที่จะทำให้การติดตั้งแม่พิมพ์โลหะที่ได้ทำการแบบได้รับการแก้ไขจากระยะของแม่พิมพ์โลหะเดิมให้น้อยที่สุด ดังรูปที่ 3.4
3. นำข้อมูลที่ได้มาทำการออกแบบแม่พิมพ์โลหะใหม่ โดยใช้โปรแกรม Autodesk Inventor Professional 2020 ในการออกแบบและได้ทำการปรึกษากับวิศวกรที่ปรึกษา จากนั้นนำไฟล์ 3 มิติ มาให้รายละเอียดตามขนาด และแปลงไฟล์ให้เป็นภาพฉาย 2 มิติ เพื่อที่จะนำไปตรวจสอบหน้างานที่ไลน์ผลิตอีกครั้ง และเป็นการยืนยันเพื่อที่จะทำการสั่งซื้อจาก Supplier ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.1 ชุดตายล่างที่ไลน์ผลิต ณ ปัจจุบัน



รูปที่ 3.2 ชุดพันซ์เจาะบนที่ไลน์ผลิต ณ ปัจจุบัน



รูปที่ 3.3 ชุดปลดชิ้นงานที่ไลน์ผลิต ณ ปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จากที่ได้ทำการสำรวจสภาพเครื่องจักรที่ไลน์ผลิต ณ ปัจจุบัน พบว่า แม่พิมพ์โลหะที่ต้องได้ทำการออกแบบใหม่มีทั้งหมดด้วยกัน 3 ส่วนคือ

4.1. ชุดตายล่าง เนื่องจากว่าสภาพปัจจุบันเป็นชุดตายล่างแบบใส่เข้าดอกเจาะชิ้นงาน 1 อัน จึงต้องทำการออกแบบใหม่ให้ใส่เข้าดอกเจาะชิ้นงานได้ 2 อัน

4.2. ชุดพินซ์เจาะบน เนื่องจากว่าสภาพปัจจุบันเป็นชุดพินซ์บนแบบใส่ดอกเจาะชิ้นงานได้ 1 อัน จึงต้องทำการออกแบบใหม่ให้ใส่ดอกเจาะชิ้นงานได้ 2 อัน

4.3. ชุดปลดชิ้นงาน จากเดิมใช้เจาะรูชิ้นงาน 1 รู ใช้สปริงปลดชิ้นงาน 2 ตัว เพื่อที่จะให้ดอกเจาะไม่ติดชิ้นงาน จึงต้องทำการออกแบบใหม่ โดยเพิ่มชุดสปริงเป็น 4 ตัว



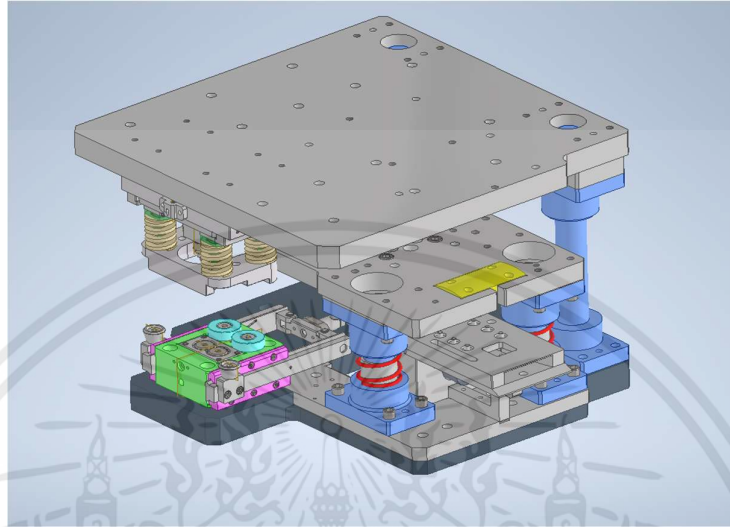
รูปที่ 3.4 วัตรระยะตำแหน่งของแม่พิมพ์โลหะที่ไลน์ผลิต ณ ปัจจุบัน



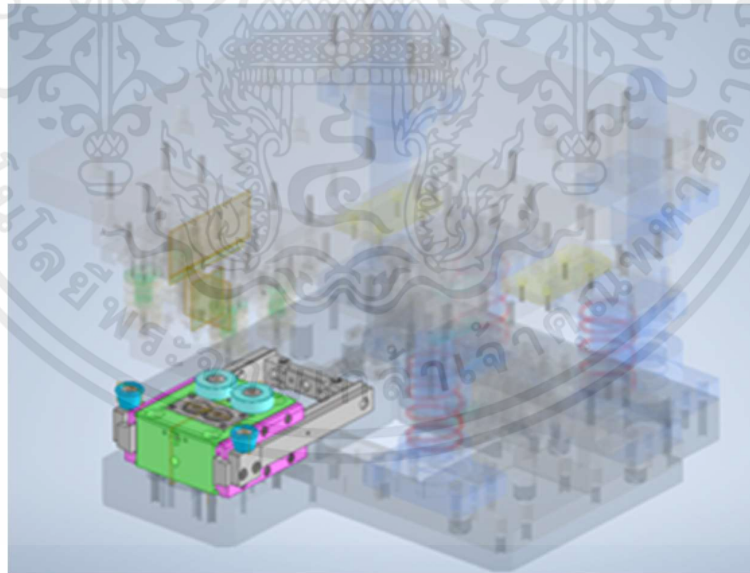
รูปที่ 3.5 นำภาพถ่าย 2 มิติ ตรวจสอบหน้างานอีกครั้งเพื่อเป็นการยืนยันที่จะสั่งผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ออกแบบแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่ด้วยโปรแกรม Autodesk Inventor Professional 2020 ดังรูปที่ 3.6 - รูปที่ 3.9

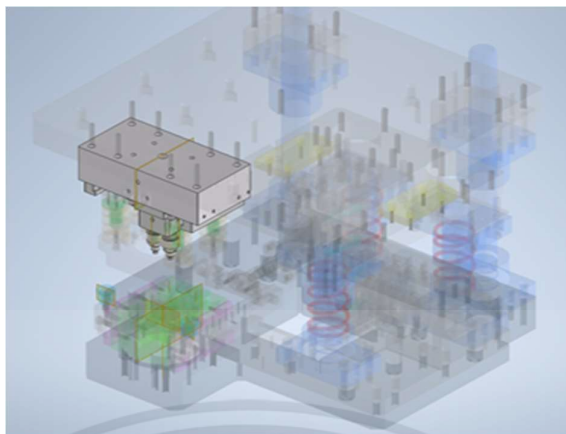


รูปที่ 3.6 ชุดแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่



รูปที่ 3.7 ชุดตายล่าง สำหรับใส่เบ้าเจาะแบบคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ชุดพินซ์เจาะบนสำหรับใส่ดอกเจาะแบบคู่



รูปที่ 3.9 ชุดปลดชิ้นงานสำหรับแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่

3.1.2 การประกอบแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่กับเครื่องปั๊มโลหะ

ในการประกอบแบบแม่พิมพ์โลหะ ต้องทำการถอดแม่พิมพ์โลหะของเดิมออกก่อน และได้ทำการขยายช่องคายเศษชิ้นงานใหม่ เนื่องจากต้องเปลี่ยนการเจาะชิ้นงานจาก 1 รูชิ้นงาน เป็นการเจาะ 2 รูชิ้นงานแทน

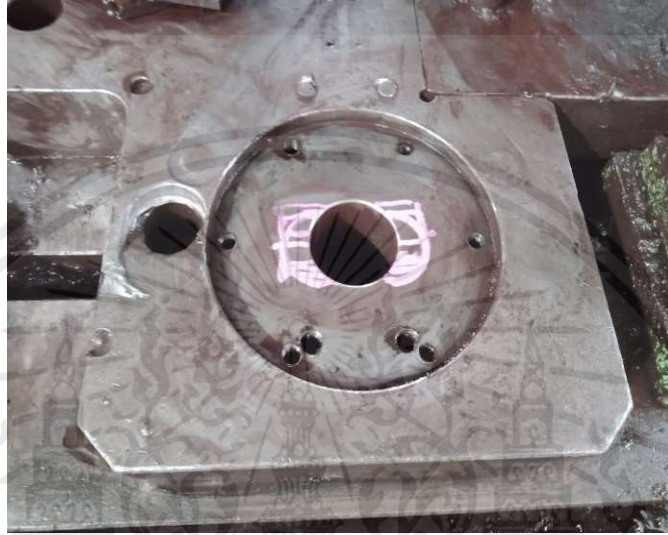
3.1.2.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. ชุดแก๊สตัดเหล็กด้วยแก๊สออกซิเจน
2. ตลับเมตร ยี่ห้อ KDS Neolock 5 mm
3. เครื่องเจาะสว่าน ฐานแม่เหล็ก ยี่ห้อ NITTO
4. ชุดประแจหกเหลี่ยม
5. นอตหัวหกเหลี่ยมขนาด M16
6. ปากกา Uni Paint Marker PX-20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.2 วิธีการขยายช่องคายนพิเศษขึ้นงาน

1. นำแบบฝาปิดเบ้าใส่ดอกเจาะมาวางไว้ที่ตำแหน่งเดิม จากนั้นใช้ปากกาวาดเส้นเพื่อให้ได้รูปทรงตามที่ยกแบบดังรูปที่ 3.10
2. ใช้แก๊สตัดให้ได้ตามที่ได้อวดเส้นเอาไว้ ดังรูปที่ 3.11 และรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.10 นำฝาปิดเบ้าดอกเจาะมาวางไว้ที่ตำแหน่งคายนพิเศษขึ้นงานเดิม และใช้ปากกาวาดตามฝาปิดเบ้าดอกเจาะ



รูปที่ 3.11 ใช้แก๊สตัดขยายตามเส้นที่ได้ทำการวาดเอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ช่องคายเศษชิ้นงานที่พร้อมใช้งาน

3.1.2.3 ขั้นตอนการประกอบแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่กับเครื่องปั๊มโลหะ

1. เจาะรูยัดฐานแม่พิมพ์กับเครื่องปั๊มโลหะใหม่ (รูปที่ 3.13)



รูปที่ 3.13 ทำการเจาะรูที่เครื่องปั๊มโลหะ

2. ประกอบแม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่เข้ากับเครื่องปั๊มโลหะ (รูปที่ 3.14)



รูปที่ 3.14 แม่พิมพ์โลหะที่พร้อมใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การทดลองเจาะรูชิ้นงานแบบคู่

หลังจากที่ได้ทำการติดตั้งแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่เรียบร้อยแล้ว ต้องทำการทดลองผลิตชิ้นงานจริง โดยจะแบ่งเป็นการผลิตชิ้นงานแหวนبردยนต์เบอร์ 2 จำนวน 30 ชิ้น และผลิตชิ้นงานแหวนبردยนต์เบอร์ 3 จำนวน 30 ชิ้น เพื่อที่จะทำเป็นชิ้นงานต้นแบบและส่งตรวจตามมาตรฐานของบริษัท และเป็นการยืนยันว่าแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่นี้สามารถขึ้นผลิตชิ้นงานได้จริง

3.3.3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. เหล็กสปริงแผ่นแหวนبردยนต์เบอร์ 2 ขนาดความหนา 9 mm
2. เหล็กสปริงแผ่นแหวนبردยนต์เบอร์ 3 ขนาดความหนา 8 mm
3. Vernier caliper ยี่ห้อ Mitutoyo ความละเอียด 0.02 mm
4. ตลับเมตร ยี่ห้อ KDS Neolock 5 mm
5. Snap gage วัดความหนาชิ้นงาน ขนาด 8 mm และขนาด 9 mm (รูปที่ 3.15)
6. Plug gauge ใช้ตรวจสอบความโค้งมนของรูชิ้นงาน ขนาดระยะห่างของรู 40 mm และขนาดความกว้างของรู 10.5 mm (รูปที่ 3.16)

3.3.3.2 ขั้นตอนการทดลองเจาะรูชิ้นงานแบบคู่

1. รับวัตถุดิบจาก Store Material มาที่ไลน์ผลิต เพื่อเตรียมทำการเจาะรูชิ้นงานดังรูปที่ 3.17
2. ปรับระยะความสูงของแม่พิมพ์โลหะ ปรับระยะความสูงตามความหนาของวัตถุดิบ โดยที่ความหนาของวัตถุดิบ 8 mm ตั้งระยะความสูงที่ 392.5 mm และความหนาของวัตถุดิบ 9 mm ตั้งระยะความสูงที่ 393.5 mm ในช่วงทดลองนี้จะตั้งความสูงของแม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานตามมาตรฐานของบริษัทก่อน จากนั้นจึงนำผลที่ได้มาทำการปรับปรุงต่อไป ดังรูปที่ 3.18
3. หลังจากเริ่มทำการผลิตชิ้นงานทดลอง ต้องทำการตรวจเช็คชิ้นงาน 2 ชิ้นแรกที่ผลิต และหลังจากนั้น ต้องทำการตรวจเช็คชิ้นงานทุก ๆ 15 min ดังรูปที่ 3.19 - รูปที่ 3.21
4. จากนั้นจึงนำชิ้นงานทดลองที่ผลิตได้ทั้งหมดส่งให้กับฝ่ายตรวจสอบชิ้นงานมาตรฐานแหวนبردยนต์ของบริษัททำการตรวจสอบ และรอดูผลการตรวจสอบก่อนที่จะทำการผลิตชิ้นงานจริงที่ไลน์ผลิต A



รูปที่ 3.15 Snap gage วัดความหนาชิ้นงาน



รูปที่ 3.16 Plug gauge ใช้ตรวจสอบความโค้งมนของรูชิ้นงาน



รูปที่ 3.17 เตรียมวัตถุดิบมายังไลน์ผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ความหนาเหล็ก | ค่าตัวเลข Die Hight (± 3) |
|--------------|---------------------------------|
| 7x60 | 391.5 |
| 8x60 | 392.5 |
| 9x60 | 393.5 |
| Shim ดอกเจาะ | 7 mm. |

รูปที่ 3.18 มาตรฐานระยะความสูงของแม่พิมพ์ในไลน์ผลิตของบริษัท



รูปที่ 3.19 วัดระยะความห่างระหว่างรูขึ้นงาน



รูปที่ 3.20 วัดความเอียงของรูขึ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 วัดความโค้งมนและระยะห่างของทั้ง 2 รูชิ้นงาน

3.1.4 การกระจายภาระชิ้นงานระหว่างไลน์ผลิต A และไลน์ผลิต B

ในการผลิตและเจาะรูชิ้นงานแทนรถยนต์จะมีการผลิตอยู่ 2 ไลน์ผลิต คือ ไลน์ผลิต A และไลน์ผลิต B โดยในปี 2565 ทางบริษัทลูกค้าได้มีการออกแบบชิ้นงานแทนรถยนต์รูปแบบใหม่ขึ้นมา จึงทำให้ภาระงานการผลิตแทนรถยนต์ในไลน์ผลิต B มีการผลิตชิ้นงานที่มากขึ้นและทำให้ต้องเพิ่มชั่วโมงในการทำงานเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย ดังนั้น เพื่อให้การผลิตชิ้นงานแทนรถยนต์ของ บริษัท เอ็นเอชเค สปริง(ประเทศไทย) จำกัด มีการผลิตชิ้นงานได้ครบตามเป้าหมาย จึงได้ทำการกระจายภาระชิ้นงานและชั่วโมงการทำงานจากไลน์ผลิต B มายังไลน์ผลิต A ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กระจายภาระชิ้นงานและชั่วโมงการทำงานระหว่างไลน์ผลิต

| Parameters | A | B |
|----------------------|---------|---------|
| Volume (pcs) | 156,432 | 135,468 |
| Time of Require (hr) | 348 | 359 |

จากตารางที่ 3.1 ได้ทำการกระจายภาระชิ้นงานและชั่วโมงการทำงาน โดย ไลน์ผลิต A ชั่วโมงการทำงาน 348 ชั่วโมง ต้องผลิตชิ้นงานให้ได้ทั้งหมด 156,432 ชิ้น ไลน์ผลิต B ชั่วโมงการทำงาน 359 ชั่วโมง ต้องผลิตชิ้นงานให้ได้ทั้งหมด 135,468 ชิ้น

3.2 การเก็บข้อมูลการทดลองจากการใช้งาน

จากการทดลองเจาะรูชิ้นงานแบบคู่นี้ ผลที่ได้จากการตรวจสอบพบว่าอยู่ในค่ามาตรฐานที่บริษัทได้กำหนดไว้ จึงสามารถทำการผลิตชิ้นงานจริงได้ในไลน์ผลิต ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลอยู่ในช่วง วันที่ 17 ตุลาคม พ.ศ. 2565 ถึงวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565 โดยได้ทำการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

1. ตรวจสอบสภาพความเสียหายของแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู
2. บันทึกจำนวนชิ้นงานและเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการผลิต
3. ตรวจสอบความเสียหายของชิ้นงานหลังจากที่ได้ทำการผลิต
4. เปรียบเทียบจำนวนชิ้นงานของทั้งสองไลน์ผลิต หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์ภาระงาน



บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผล

ในบทนี้จะแสดงถึงผลการคำนวณเพื่อหาแรงที่กระทำกับแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่ ซึ่งมีแรงที่กระทำ คือ แรงที่ใช้ในการตัดและเจาะรูชิ้นงาน แรงที่ใช้ในการกดตัดชิ้นงาน แรงที่ใช้ในการปลดชิ้นงาน แรงรวมทั้งหมดที่เครื่องปั๊มโลหะใช้ในการตัดและเจาะรูชิ้นงานแบบคู่ ผลการทดลองของชิ้นที่ส่งไปตรวจสอบ และผลการวิเคราะห์ภาระชิ้นงานระหว่างไลน์ผลิต A และ ไลน์ผลิต B

4.1 การคำนวณหาแรงที่กระทำกับแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่

จากการคำนวณหาแรงที่กระทำกับแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel 2019 เพื่อหาแรงที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตแทนบรลยนต์ โดยเครื่องปั๊มโลหะที่ใช้ในการทดลองมีขนาด 150 Ton และเหล็กที่ใช้ในการทดลองเป็นเหล็กสปริงแผ่น ขนาดความหนา 9 mm และ 8 mm ดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 แรงที่เครื่องปั๊มโลหะใช้งานขณะตัดและเจาะรูแทนบรลยนต์เบอร์ 2

| Types of Force | Calculated Value (Ton) |
|-----------------|------------------------|
| Shearing Force | 42.19 |
| Punching Force | 23.42 |
| Pressing Force | 28.09 |
| Stripping Force | 4.68 |
| Total Force | 98.38 |

หมายเหตุ ความหนาเหล็กแผ่นสปริงที่ใช้ในการคำนวณมีขนาดความหนา 9 mm

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าแรงที่ใช้ในการตัดมีค่าเท่ากับ 42.19 Ton คิดเป็น 28% แรงที่ใช้ในการเจาะรูชิ้นงานมีค่าเท่ากับ 23.42 Ton คิดเป็น 16% แรงที่ใช้ในการกดตัดชิ้นงานมีค่าเท่ากับ 28.09 Ton คิดเป็น 19% แรงที่ใช้ในการปลดชิ้นงานมีค่าเท่ากับ 4.68 Ton คิดเป็น 3.12% และแรงรวมทั้งหมดที่ใช้ในการตัดเจาะรูชิ้นงานแบบคู่สำหรับเหล็กที่มีความหนา 9 mm มีค่าเท่ากับ 98.38 Ton คิดเป็น 66% ของเครื่องปั๊มโลหะ

ตารางที่ 4.2 แรงที่เครื่องปั๊มโลหะใช้งานขณะตัดและเจาะรูแหวนรถยนต์เบอร์ 3

| Types of Force | Calculated Value (Ton) |
|-----------------|------------------------|
| Shearing Force | 37.50 |
| Punching Force | 20.81 |
| Pressing Force | 24.98 |
| Stripping Force | 4.16 |
| Total Force | 87.45 |

หมายเหตุ ความหนาเหล็กแผ่นสปริงที่ใช้ในการคำนวณมีขนาดความหนา 8 mm

จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าแรงที่ใช้ในการตัดมีค่าเท่ากับ 37.50 Ton คิดเป็น 25% แรงที่ใช้ในการเจาะรูชิ้นงานมีค่าเท่ากับ 20.81 Ton คิดเป็น 13.87% แรงที่ใช้ในการกดตัดชิ้นงานมีค่าเท่ากับ 24.98 Ton คิดเป็น 16.65% แรงที่ใช้ในการปลดชิ้นงานมีค่าเท่ากับ 4.16 Ton คิดเป็น 2.77% และแรงรวมทั้งหมดที่ใช้ในการตัดเจาะรูชิ้นงานแบบคู่สำหรับเหล็กที่มีความหนาเท่ากับ 8 mm มีค่าเท่ากับ 87.45 Ton คิดเป็น 58.30% ของเครื่องปั๊มโลหะ

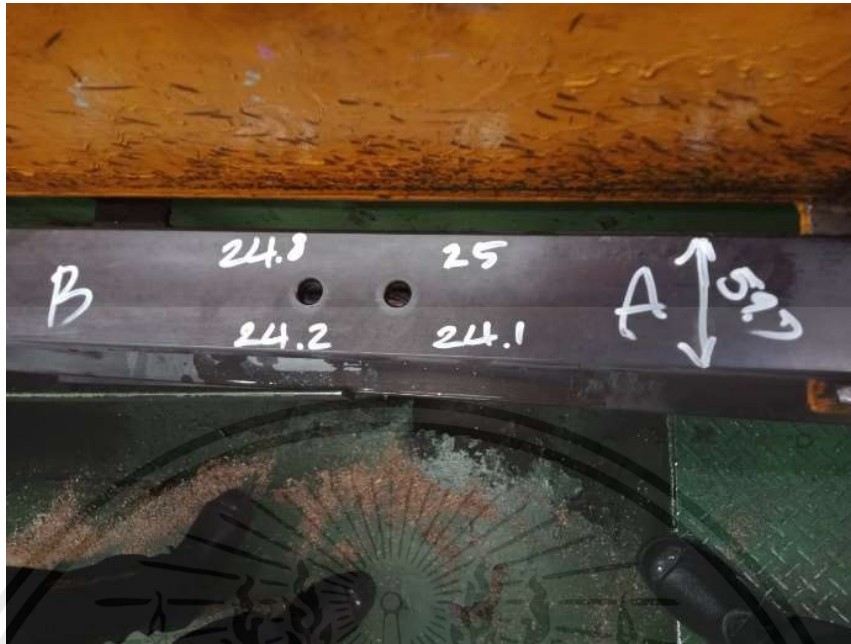
4.2 ผลการทดสอบการใช้งานแม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่

การทดลองการใช้งานแม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่ ได้ทำการผลิตชิ้นงานต้นแบบเพื่อส่งทดสอบค่ามาตรฐานของบริษัท เป็นการยืนยันและประเมินคุณภาพของแม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่ในการผลิตแหวนรถยนต์เบอร์ 2 และแหวนรถยนต์เบอร์ 3 ว่าสามารถทำการผลิตได้จริงตามมาตรฐานของบริษัทที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งข้อมูลที่ได้แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4 และนำข้อมูลที่ได้นำมายืนยันว่าสามารถผลิตชิ้นงานจริงได้ที่ไลน์ผลิต

ในขั้นตอนการผลิตชิ้นงานด้วยแม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่ โดยในการทดลองเจาะรูชิ้นงานต้นแบบนี้ ไม่พบชิ้นงานและชิ้นส่วนที่เสียหายระหว่างการผลิตชิ้นงาน เนื่องจากผลิตชิ้นงานจำนวนไม่มาก จึงได้นำมาตรฐานการปรับระยะความสูงของแม่พิมพ์โลหะของบริษัท ไปทำการตั้งค่าในเครื่องปั๊มโลหะ และในการตรวจเช็คตามข้อกำหนดของการตรวจเช็คคุณภาพนั้น จะต้องตรวจเช็คชิ้นงาน 2 ชิ้นแรกที่ผลิต จึงทำให้พบว่าการเช็คความเยื้องของรูชิ้นงานทั้ง 2 รูชิ้นงาน เมื่อนำมาบวกลบกันแล้วพบว่าขนาดความกว้างของหน้าเหล็กแผ่นสปริงมีขนาดต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด (รูปที่ 4.1) การตรวจเช็คความเยื้องของรูชิ้นงานบางชิ้นอาจจะต่ำกว่าค่ามาตรฐาน แต่โดยรวมแล้วก็ยังอยู่ในค่ามาตรฐานของบริษัทที่ได้กำหนดไว้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบค่ามาตรฐานของแหวนบรรยณฑ์เบอร์ 2 จำนวน 30 ชิ้น

| Trial Values | Length of Center hole to Center hole | Center hole A-side R Conner Press | Center hole B-side R Conner Press | Center hole A and B side R Conner Press | Center hole offset |
|------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|-------------------------|
| Measuring tools/method | Vernier hole to hole | R conner press Marking by vernier | R conner press Marking by vernier | R conner press Plug gage (OK/NG) | Check offset by vernier |
| USL (mm.) | 40.50 | 13.50 | 13.50 | OK | 1.00 |
| Target (mm.) | 40.00 | 13.00 | 13.00 | NG | 0.00 |
| LSL (mm.) | 39.50 | 12.50 | 12.50 | | |
| Pieces | 30 | 10 | 10 | 20 | 30 |
| Minimum | 39.86 | 12.57 | 12.55 | OK | 0.27 |
| Maximum | 40.23 | 12.98 | 12.96 | OK | 1.03 |
| \bar{x} | 39.96 | 12.81 | 12.74 | OK | 0.81 |
| SD. | 0.09 | 0.11 | 0.15 | OK | 0.17 |
| Cp | 1.85 | 1.50 | 1.15 | OK | 0.96 |
| Cpu | 1.71 | 0.92 | 0.54 | OK | 1.54 |
| Cpl | 1.98 | 2.08 | 1.75 | OK | 0.37 |
| Cpk | 1.71 | 0.92 | 0.54 | OK | 0.96 |



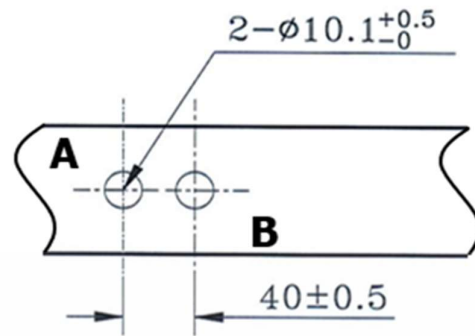
รูปที่ 4.1 ชิ้นงานชิ้นแรกที่ได้ทำการตรวจเช็คในไลน์ผลิต

จากตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบแหวนบรรทัดเบอร์ 2 จำนวน 30 ชิ้น ซึ่งสามารถแบ่งผลการตรวจสอบชิ้นงานได้ ดังนี้

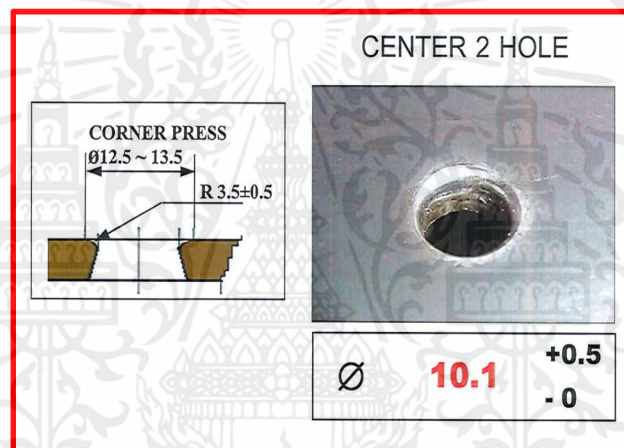
1. ตรวจสอบระยะห่างของรูชิ้นงานทั้งสองรู (รูปที่ 4.2) โดยค่ามาตรฐานของบริษัทอยู่ที่ 39.50 ถึง 40.50 mm และผลที่ได้จากการตรวจสอบชิ้นงานถือว่าอยู่ในค่ามาตรฐานของบริษัทที่ได้กำหนดไว้ คือ 39.86 ถึง 40.23 mm

2. ตรวจสอบความโค้งมนของรูชิ้นงานของทั้งสองรู (รูปที่ 4.3) ซึ่งการตรวจสอบความโค้งมนของรูชิ้นงาน จะใช้เครื่องมืออยู่ 2 ชนิดในการตรวจ คือ ใช้ Vernier caliper ตรวจสอบรูชิ้นงานด้าน A และรูชิ้นงานด้าน B อย่างละ 10 ชิ้น และใช้ Plug gauge ตรวจสอบชิ้นงานจำนวน 20 ชิ้น โดยค่ามาตรฐานของบริษัทอยู่ที่ 12.50 ถึง 13.50 mm สำหรับการใช้น Vernier caliper ในการตรวจสอบส่วนมาตรฐานการใช้ Plug gauge ตรวจสอบจะมีอยู่ 2 ค่า คือ OK เท่ากับ ผ่าน และ NG เท่ากับ ไม่ผ่าน และผลที่ได้จากการตรวจสอบชิ้นงานถือว่าอยู่ในค่ามาตรฐานของบริษัทที่ได้กำหนดไว้ คือ การตรวจสอบด้วย Vernier caliper ด้าน A ได้ 12.57 ถึง 12.98 mm ด้าน B ได้ 12.55 ถึง 12.96 mm และการตรวจสอบด้วย Plug gauge ชิ้นงานทุกชิ้นผ่านการตรวจสอบทั้งหมด

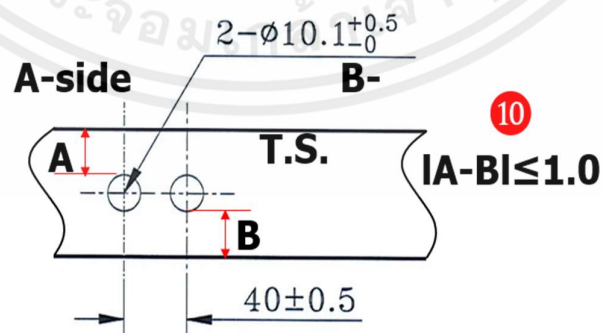
3. ตรวจสอบความเยื้องของรูชิ้นงาน (รูปที่ 4.4) ในการตรวจสอบความเยื้องของรูชิ้นงานจะนำค่าของความเยื้องด้าน A นำมาลบกับค่าความเยื้องด้าน B โดยค่ามาตรฐานของบริษัทอยู่ที่ 0 ถึง 1 mm และผลที่ได้จากการตรวจสอบความเยื้องของรูชิ้นงานทั้งหมด 30 ชิ้น เกินค่ามาตรฐานที่บริษัทได้กำหนดไว้ คือ 0.27 ถึง 1.03 mm



รูปที่ 4.2 มาตรฐานการวัดระยะห่างของรูชิ้นงาน



รูปที่ 4.3 มาตรฐานการวัดความโค้งมนของรูชิ้นงาน



รูปที่ 4.4 มาตรฐานการวัดความเอียงของรูชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบค่ามาตรฐานของแหวนรถยนต์เบอร์ 3 จำนวน 30 ชิ้น

| Trial Values | Length of Center hole to Center hole | Center hole A-side R Conner Press | Center hole B-side R Conner Press | Center hole A and B side R Conner Press | Center hole offset |
|------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|-------------------------|
| Measuring tools/method | Vernier hole to hole | R conner press Marking by vernier | R conner press Marking by vernier | R conner press Plug gage (OK/NG) | Check offset by vernier |
| USL (mm.) | 40.50 | 13.50 | 13.50 | OK | 1.00 |
| Target (mm.) | 40.00 | 13.00 | 13.00 | NG | 0.00 |
| LSL (mm.) | 39.50 | 12.50 | 12.50 | | |
| Pieces | 30 | 10 | 10 | 20 | 30 |
| Minimum | 39.82 | 12.81 | 12.83 | OK | 0.33 |
| Maximum | 40.13 | 13.01 | 13.02 | OK | 1.00 |
| \bar{x} | 40.00 | 12.90 | 12.92 | OK | 0.80 |
| SD. | 0.11 | 0.06 | 0.05 | OK | 0.14 |
| Cp | 1.52 | 3.02 | 3.31 | OK | 1.21 |
| Cpu | 1.51 | 2.44 | 2.79 | OK | 1.94 |
| Cpl | 1.53 | 3.61 | 3.84 | OK | 0.48 |
| Cpk | 1.51 | 2.44 | 2.79 | OK | 0.48 |

จากตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบแหวนบรดยนต์เบอร์ 3 จำนวน 30 ชิ้น ซึ่งสามารถแบ่งผลการตรวจสอบชิ้นงานได้ ดังนี้

1. ตรวจสอบระยะห่างของรูชิ้นงานทั้งสองรู โดยค่ามาตรฐานของบริษัทอยู่ที่ 39.50 ถึง 40.50 mm และผลที่ได้จากการตรวจสอบชิ้นงานถือว่าอยู่ในค่ามาตรฐานของบริษัทที่ได้กำหนดไว้ คือ 39.82 ถึง 40.13 mm

2. ตรวจสอบความโค้งมนของรูชิ้นงานของทั้งสองรู ซึ่งการตรวจสอบความโค้งมนของรูชิ้นงานจะใช้เครื่องมืออยู่ 2 ชนิดในการตรวจ คือ ใช้ Vernier caliper ตรวจสอบรูชิ้นงานด้าน A และรูชิ้นงานด้าน B อย่างละ 10 ชิ้น และใช้ Plug gauge ตรวจสอบชิ้นงานจำนวน 20 ชิ้น โดยค่ามาตรฐานของบริษัทอยู่ที่ 12.50 ถึง 13.50 mm สำหรับการใช้น Vernier caliper ในการตรวจสอบ ส่วนมาตรฐานการใช้ Plug gauge ตรวจสอบจะมีอยู่ 2 ค่า คือ OK เท่ากับ ผ่าน และ NG เท่ากับ ไม่ผ่าน และผลที่ได้จากการตรวจสอบชิ้นงานถือว่าอยู่ในค่ามาตรฐานของบริษัทที่ได้กำหนดไว้ คือ การตรวจสอบด้วย Vernier caliper ด้าน A ได้ 12.81 ถึง 13.01 mm ด้าน B ได้ 12.83 ถึง 13.03 mm และการตรวจสอบด้วย Plug gauge ชิ้นงานทุกชิ้นผ่านการตรวจสอบทั้งหมด

3. ตรวจสอบความเยื้องของรูชิ้นงาน ในการตรวจสอบความเยื้องของรูชิ้นงานจะนำค่าของความเยื้องด้าน A นำมาลบกับค่าความเยื้องด้าน B โดยค่ามาตรฐานของบริษัทอยู่ที่ 0 ถึง 1 mm และผลที่ได้จากการตรวจสอบความเยื้องของรูชิ้นงานทั้งหมด 30 ชิ้น อยู่ในค่ามาตรฐานของบริษัทที่ได้กำหนดไว้ คือ 0.33 ถึง 1.00 mm

หลังจากที่ได้รับผลการตรวจสอบชิ้นงานตามค่ามาตรฐานของบริษัท ถือได้ว่าแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่นี้ สามารถผลิตชิ้นงานได้จริงตามมาตรฐานของบริษัทที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งได้เริ่มผลิตชิ้นงานจริงเมื่อวันที่ 17 ตุลาคม พ.ศ. 2565 เป็นต้นไป จากที่ได้ทำการผลิตชิ้นงานจริงเป็นเวลา 20 hr พบว่าชุดปลตชิ้นงานเกิดความเสียหาย (รูปที่ 4.5) เนื่องจากว่ากระบอกกลมผลักชิ้นงานผลักเร็วเกินไป จึงทำให้ชิ้นงานไม่ลงแม่พิมพ์ จึงได้ทำการปรับลดระดับความเร็วของกระบอกกลมใหม่ให้ผลักช้าลงจากเดิม และจากนั้นก็ทำการเปิดผลิตชิ้นงานต่อไปจนผลิตชิ้นงานได้เป็นเวลา 102.5 hr พบว่าชุดใส่เบ้าดอกเจาะเกิดความเสียหายโดยฐานล่างของเบ้าแตก (รูปที่ 4.6) เนื่องจากระยะความสูงของ Die Hight มีความสูงเกินไปสำหรับการเจาะรูชิ้นงานแบบคู่ จึงได้ทำการปรับลดระดับความสูงของ Die Hight ให้ลดลงจากเดิม (รูปที่ 4.7) และจากนั้นก็ทำการเปิดผลิตชิ้นงานและก็ยังไม่พบปัญหาใด ๆ เกิดขึ้นอีก



รูปที่ 4.5 ชุดปลตชิ้นงานได้รับความเสียหาย



รูปที่ 4.6 ชุดใส่แป้นดอกเจาะเกิดความเสียหาย



รูปที่ 4.7 ปรับลดระดับความสูงของ Die Hight

4.3 ผลการวิเคราะห์ภาระชิ้นงานระหว่างไลน์ผลิต A และไลน์ผลิต B

การใช้งานแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่ในการผลิตชิ้นงานจริงในไลน์ผลิต A ได้ทำการบันทึกจำนวนชิ้นงานและชั่วโมงการทำงานของไลน์ผลิต A และไลน์ผลิต B ซึ่งข้อมูลที่ได้แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลการผลิตชิ้นงานจริงของไลน์ผลิต A และไลน์ผลิต B

| Parameters | A | B |
|----------------------|---------|---------|
| Manufactured (pcs) | 168,328 | 147,468 |
| Time of Require (hr) | 348 | 359 |

จากตารางที่ 4.5 เป็นข้อมูลที่ได้จากการผลิตชิ้นงานจริงที่ได้ทำการผลิตชิ้นงานเมื่อวันที่ 17 ตุลาคม พ.ศ. 2565 ถึงวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565 เนื่องจากการใช้แม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่นี้ โดยจะแบ่งการผลิตชิ้นงานทั้งหมดของไลน์ผลิต A และไลน์ผลิต B ได้แก่ จำนวนชิ้นงานที่

ต้องการของแต่ละไลน์ผลิตที่ได้ทำการคาดการณ์เอาไว้ และจำนวนชิ้นงานที่สามารถผลิตได้จริง ซึ่งจำนวนชิ้นงานที่คาดการณ์เอาไว้ของไลน์ผลิต A คือ เวลา 348 hr ต้องผลิตชิ้นงานให้ได้ 156,432 ชิ้น และจำนวนชิ้นงานที่คาดการณ์เอาไว้ของไลน์ผลิต B คือ เวลา 359 hr ต้องผลิตชิ้นงานให้ได้ 135,463 ชิ้น ซึ่งทั้งไลน์ผลิต A และไลน์ผลิต B สามารถผลิตชิ้นงานจริงได้ คือ ไลน์ผลิต A เวลา 348 hr ผลิตชิ้นงานได้ 168,328 ชิ้น และไลน์ผลิต B เวลา 359 hr ผลิตชิ้นงานได้ 154,767 ชิ้น

และจากตารางที่ 4.5 เป็นการคาดการณ์ของการกระจายภาระงานของไลน์ผลิต B มา ยังไลน์ผลิต A เพื่อที่จะสมดุลภาระงานของทั้งสองไลน์ผลิตจากการใช้แม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่ ซึ่งแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่ที่ได้ทำการออกแบบใหม่นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาและภาระ ชิ้นงานของไลน์ผลิต B ซึ่งการใช้งานแม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่นี้สามารถลดเวลาและภาระ ชิ้นงานของไลน์ผลิต B ได้จริง แต่ยังมีหลายปัจจัยที่อาจทำให้ไม่สามารถผลิตชิ้นงานได้ตามเป้าหมายได้ ตามที่คาดการณ์ไว้ อาทิเช่น ปัจจัยที่เกิดจากการทำงานผิดพลาดของพนักงาน ความไม่ระมัดระวังใน การตรวจสอบชิ้นงาน สภาพะการทำงานที่ไม่เหมาะสม ฯลฯ ดังนั้นการใช้แม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงาน แบบคู่นี้สามารถที่จะลดภาระชิ้นงานและลดชั่วโมงการทำงานของไลน์ผลิต B ได้จริง โดยลดลงเหลือ 359 hr จากเดิมต้องเปิดผลิต 411 hr ช่วยเหลือชั่วโมงการทำงานลงได้ทั้งหมด 52 hr ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบผลการกระจายภาระชิ้นงาน

| Parameters | Line A | Line B |
|----------------------|--------|--------|
| Expected (pcs) | 100% | 100% |
| Manufactured (pcs) | 100% | 100% |
| Time of Require (hr) | 348 | 359 |

จากตารางที่ 4.6 เป็นผลการเปรียบเทียบการผลิตชิ้นงานจริงของไลน์ผลิต A ที่ใช้แม่พิมพ์ โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่ หลังจากที่ได้รับบริการกระจายภาระชิ้นงานจากไลน์ผลิต B พบว่าเมื่อทำการ เปิดผลิตชิ้นงานจริงทั้งสองไลน์การผลิตสามารถผลิตชิ้นงานตามที่กำหนดชั่วโมงเอาไว้คือ ไลน์ผลิต A ต้องผลิตชิ้นงาน 156,432 ชิ้น ภายในเวลา 348 hr และ ไลน์ผลิต B ต้องผลิตชิ้นงาน 135,468 ชิ้น ภายในเวลา 359 hr ซึ่งพบว่าทั้งสองไลน์การผลิตสามารถผลิตชิ้นงานได้ครบตามเวลาที่ได้ทำการ กำหนดเอาไว้ได้ถึง 100% ดังนั้นการใช้แม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่นี้สามารถช่วยให้ทางบริษัท เอ็น เอชเค สปริง(ประเทศไทย) จำกัด สามารถผลิตชิ้นงานแทนบรณยนต์ได้ครบกำหนดตามเวลาที่ต้องการได้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

แม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่ ได้ถูกออกแบบให้ช่วยลดภาระชิ้นงานจากไลน์ผลิต B โดยให้สามารถตัดและเจาะรูชิ้นงานได้ที่ความหนาของเหล็กแผ่นสปริงไม่เกิน 9 mm ซึ่งผลจากการคำนวณหาแรงที่เครื่องปั๊มโลหะใช้งานขณะตัดและเจาะรูชิ้นงานพบว่าแรงที่กระทำสูงสุดมีค่า 98.38 Ton คิดเป็น 66% จากแรงของเครื่องปั๊มโลหะ 150 Ton และจากการทดลองใช้งานเพื่อทำการเจาะรูแหวนبردยนต์เบอร์ 2 และแหวนبردยนต์เบอร์ 3 พบว่าผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการโดยการตีความผ่านดัชนีความสามารถของการเจาะรูศูนย์กลางแหวนبردยนต์แบบคู่ของแหวนبردยนต์เบอร์ 2 C_p มีค่าเท่ากับ 1.85 และ C_{pk} มีค่าเท่ากับ 1.71 แหวนبردยนต์เบอร์ 3 C_p มีค่าเท่ากับ 1.52 และ C_{pk} มีค่าเท่ากับ 1.51 แสดงว่ากระบวนการผลิตแหวนبردยนต์ โดยใช้แม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่ของแม่พิมพ์โลหะนี้ มีความสามารถทางกระบวนการผลิตที่ดีตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของบริษัท จากนั้นได้ทำการผลิตชิ้นงานจริงที่ไลน์ผลิต A เป็นเวลา 20 hr พบว่าชุดผลิตชิ้นงานเกิดความเสียหายจากกระบอกลมผลึกชิ้นงานผลึกเร็วเกินไป และที่เวลา 102.5 hr พบว่าชุดใส่เบ้าดอกเจาะเกิดความเสียหายโดยฐานล่างของเบ้าแตก เนื่องจากกระยะความสูงของ Die Hight มีความสูงเกินไป หลังจากนั้นก็ทำการเปิดผลิตชิ้นงานและก็ยังไม่พบปัญหาใด ๆ เกิดขึ้นอีก ต่อมาได้นำเอาข้อมูลการผลิตชิ้นงานจริงของไลน์ผลิต B และไลน์ผลิต A มาเปรียบเทียบกับผลการกระจายภาระชิ้นงานจากไลน์ผลิต B มายังไลน์ผลิต A พบว่าภาระงานในอนาคตเมื่อใช้แม่พิมพ์โลหะเจาะรูชิ้นงานแบบคู่นี้กับไลน์ผลิต A สามารถทำให้บริษัท เอ็นเอชเค สปริง(ประเทศไทย) จำกัด สามารถผลิตชิ้นงานแหวนبردยนต์ได้ครบตามจำนวนที่ได้กำหนดเอาไว้ได้ทั้งหมด

5.2 ปัญหาที่พบ

5.2.1. กระบอกผลึกชิ้นงานผลึกเร็วไปทำให้ชิ้นงานบางชิ้นไม่ลงแม่พิมพ์

5.2.2. ระยะความสูงของแม่พิมพ์ของแม่พิมพ์เจาะรูชิ้นงานแบบคู่สูงเกินไปทำให้เบ้าใส่ดอกเจาะเกิดความเสียหาย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรทำตัวประกอบชิ้นงานในที่เครื่องปั๊มโลหะเพื่อให้ปลายชิ้นงานไม่กระดกเวลาตัดและเจาะรูชิ้นงาน

5.3.2 ควรทำการเช็คระยะความสูงต่ำของแม่พิมพ์ให้เหมาะสมกับความหนาของชิ้นงานเพื่อลดระยะเวลาในการเปลี่ยนเบ้าดอกเจาะ

เอกสารอ้างอิง

- [1] บริษัท เอ็นเอชเค สปริง(ประเทศไทย) จำกัด. (2565). **สารจากผู้บริหาร.** เข้าถึงเมื่อ 19 ธันวาคม 2565. เข้าถึงได้จาก http://www.nhkspg.co.th/th/about_us/about_us.php.
- [2] บริษัท เอ็นเอชเค สปริง(ประเทศไทย) จำกัด. (2565). **ผลิตภัณฑ์ส่วนผลิต Suspension Spring.** เข้าถึงเมื่อ 19 ธันวาคม 2565. เข้าถึงได้จาก http://www.nhkspg.co.th/th/our_product/producttopic1.php.
- [3] บริษัท เอ็นเอชเค สปริง(ประเทศไทย) จำกัด. (2565). **ส่วนผลิต Suspension Spring.** เข้าถึงเมื่อ 16 มกราคม 2566. เข้าถึงได้จาก <http://www.nhkspg.co.th/th/products/suspension.php>.
- [4] บริษัท สยามมิตรโอโตพาร์ท จำกัด. (2565). **ความรู้เกี่ยวกับแหวนบรดยนต์.** เข้าถึงเมื่อ 19 ธันวาคม 2565. เข้าถึงได้จาก <http://www.sammitrauto.com/16985523/ความรู้เกี่ยวกับแหวนบรดยนต์>.
- [5] เทพศักดิ์ บุญรัตน์พันธุ์. (2562). **การวิเคราะห์ภาระงาน (Workload Analysis).** เข้าถึงเมื่อ 20 ธันวาคม 2565. เข้าถึงได้จาก <https://www.nur.psu.ac.th/Communication/A1-Workload-Analysis.pdf>.
- [6] โกศล ดีศีลธรรม. (2553). **ก้าวสู่ความเป็นเลิศด้วยแนวคิดการผลิตแบบลีน.** เข้าถึงเมื่อ 20 ธันวาคม 2565. เข้าถึงได้จาก http://www.thailandindustry.com/indust_newweb/articles_preview.
- [7] กิตติศักดิ์ พลอยพาณิชย์เจริญ. (2544). **การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [8] สุรพงศ์ บางพาน. (2559). “ความสามารถกระบวนการของการตัดขึ้นขึ้นทดสอบความแข็งโดยการประยุกต์เทคนิคเชิงสถิติ.” **วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่** 23, 2: 67–78.
- [9] เพียรกิจ แดงประเสริฐ. (2559). **ความสามารถของกระบวนการ.** เข้าถึงเมื่อ 20 ธันวาคม 2565. เข้าถึงได้จาก <https://ccpe.pharmacycouncil.org/showfile.php?file=77>.
- [10] Dolmetsch Detlev, Heiner. (2563). **เทคนิคงานโลหะการสร้างแม่พิมพ์ (METALLTECHNIK DER WERKZEUGBAU).** แปลโดย บรรเลง ครนิล และคณะ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [11] ชาญชัย ทรัพย์ากร, ประสิทธิ์ สวัสดิ์สรุทธ์ และวิรุฬ ประเสริฐวรรณนท์. (2555). **การออกแบบแม่พิมพ์.** พิมพ์ครั้งที่ 31. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [12] Groover, Mikell P. (2010). **Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems.** 4th Edition. New Jersey: John Wiley & Sons.
- [13] Schuler G. (1998). **Metal Forming Handbook.** New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

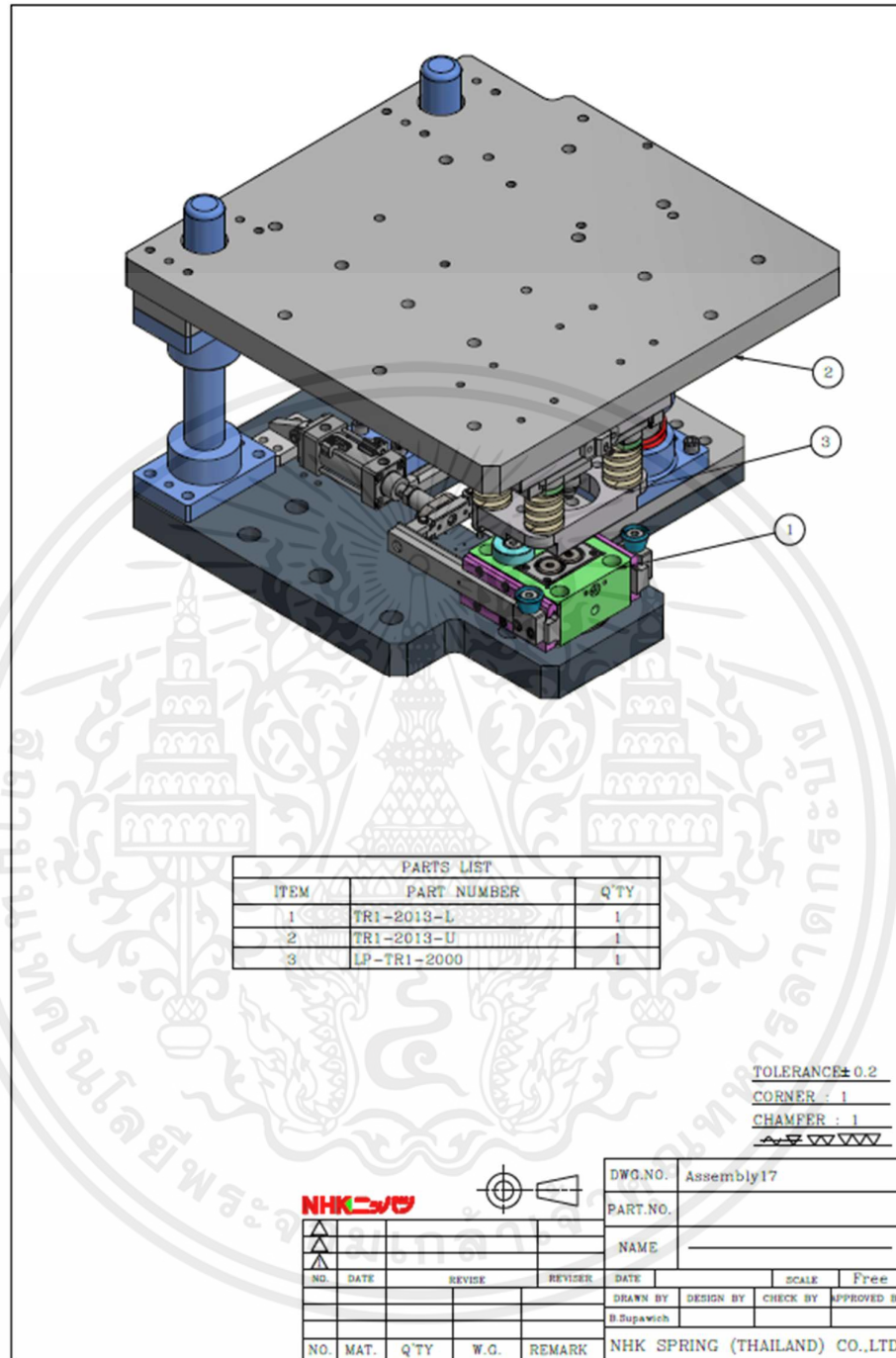
- [14] พงศกร หลีตระกูล. (2556). “การศึกษาอิทธิพลของช่องว่างระหว่างพินซ์และตายในการตัดเจาะที่มีผลต่อกระบวนการตัดเซพิงโลหะผสม.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [15] เฉลิมพล คล้ายนิล, จินกมล ลุยจันทร์ และพงศกร หลีตระกูล. (2560). “การศึกษาอิทธิพลของระยะช่องว่างคมตัดที่มีผลต่อพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์สำหรับการตัดเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง.” *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่* 24, 3: 1-12.
- [16] เฉลิมพล คล้ายนิล และณัฐศักดิ์ พรพุดศิริ. (2557). “การศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอแบบ Abrasive ของแม่พิมพ์ตัดสำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง.” รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.
- [17] ธวัช วิวัฒน์เจริญ และรุ่งวสันต์ ไกรกลาง. (2556). “การหาช่องห่าง (CLEARANCE) ที่ถูกต้องของแม่พิมพ์ตัดสำหรับเหล็กไร้ซีเคิล.” *วารสาร มทร.อีสาน* 6, 1 : 12-25.
- [18] พาณิษฐ์ สุดโคต, ฉัตรตระกูล สมบัติธีระ และสวमित วัฒนศักดิ์ตากุล. (2559). “การกระจายภาระงานด้วยหลักโครงสร้างการรวมกลุ่มที่ดีที่สุด.” *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ* 12, 1: 44-53.
- [19] Kumaresh, A.K., B. Balaji, and M. Raj Kumar. (2016). “Design and analysis of punching die.” *International Journal of Research in Engineering and Technology* 5, 4: 249-255.
- [20] Wojtkowiak, Dominik, and Krzysztof Talaska. (2022). “Finite element analysis of the axially non-symmetrical piercing punches performance for belt perforation.” *MATEC Web of Conferences* 357: 02001. doi: 10.1051/mateconf.202235702001.
- [21] Avadhani, S.P., et al. (2017). “Design and analysis of blanking and piercing die punch.” *International Research Journal of Engineering and Technology* 4, 5: 2760-2765.
- [22] bin Ab Kadir, Ahmad Razlee, et al. (2019). “Design and analysis of punch and die of a micro blanking tool.” *International Journal of Recent Technology and Engineering* 8, 4: 827-833.
- [23] Patil, Rushank D., et al. (2019). “Design and manufacturing of die and punch for RM-800 load cell braided sheet.” *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology* 5, 3: 1298-1303.
- [24] Goyal, P., et al. (2015). “Review on pneumatic punching machine and modification in punch tool to reduce punching force requirement.” *International Journal of Engineering Technology Science and Research* 2, 2: 129-135.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

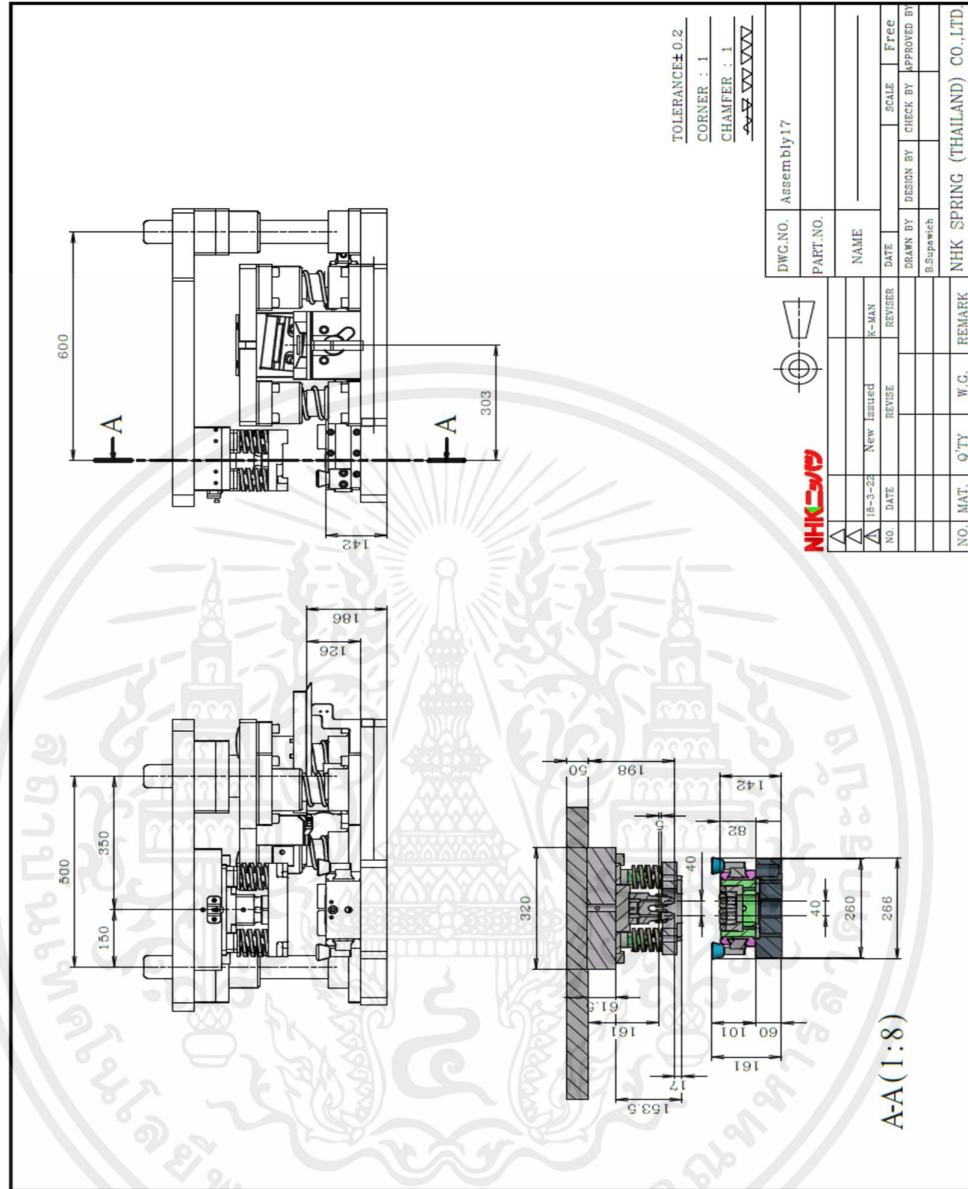


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



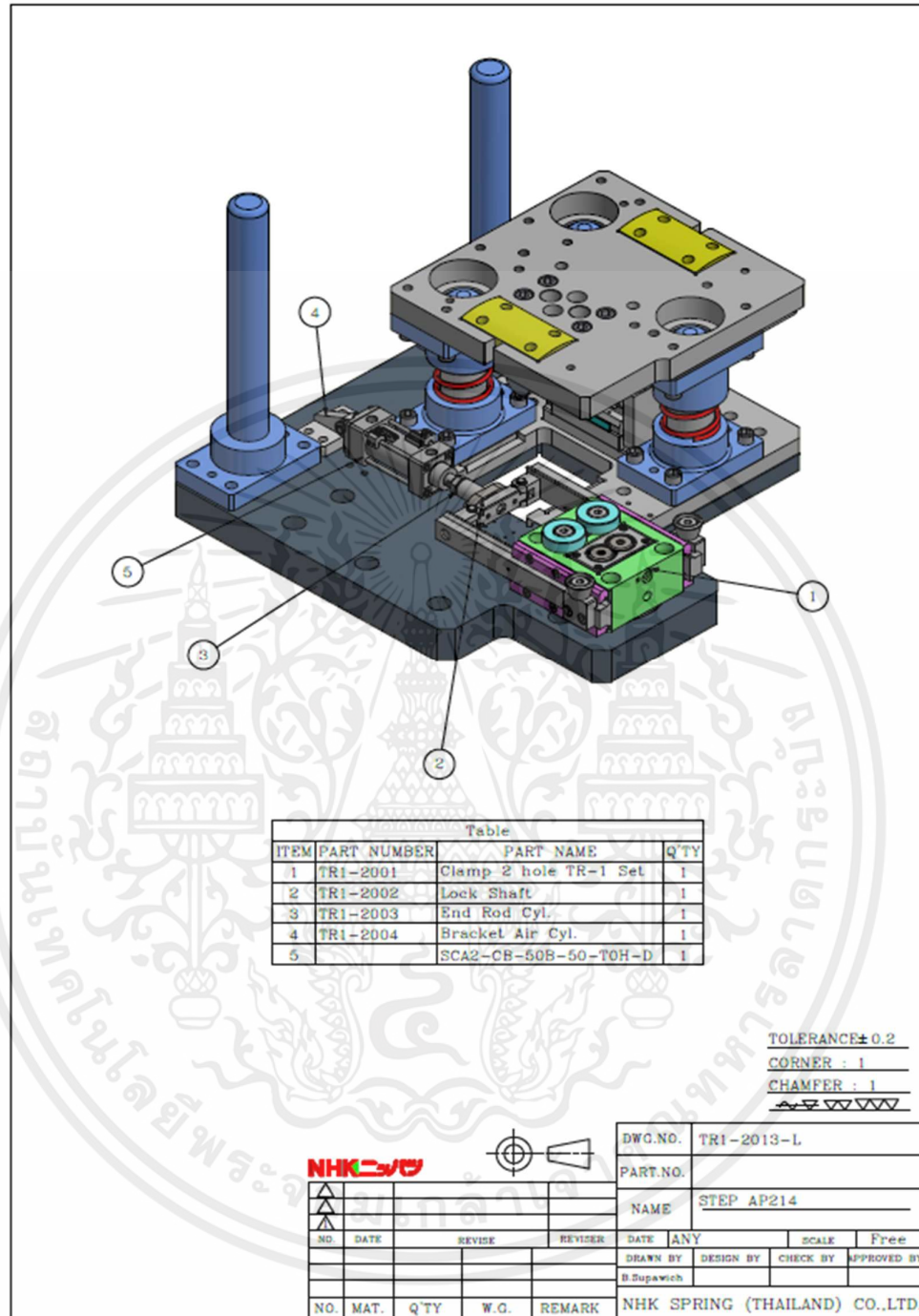
รูปที่ ก.1 ชุดแม่พิมพ์ตัด, เจาะรู, และชุดปลดชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



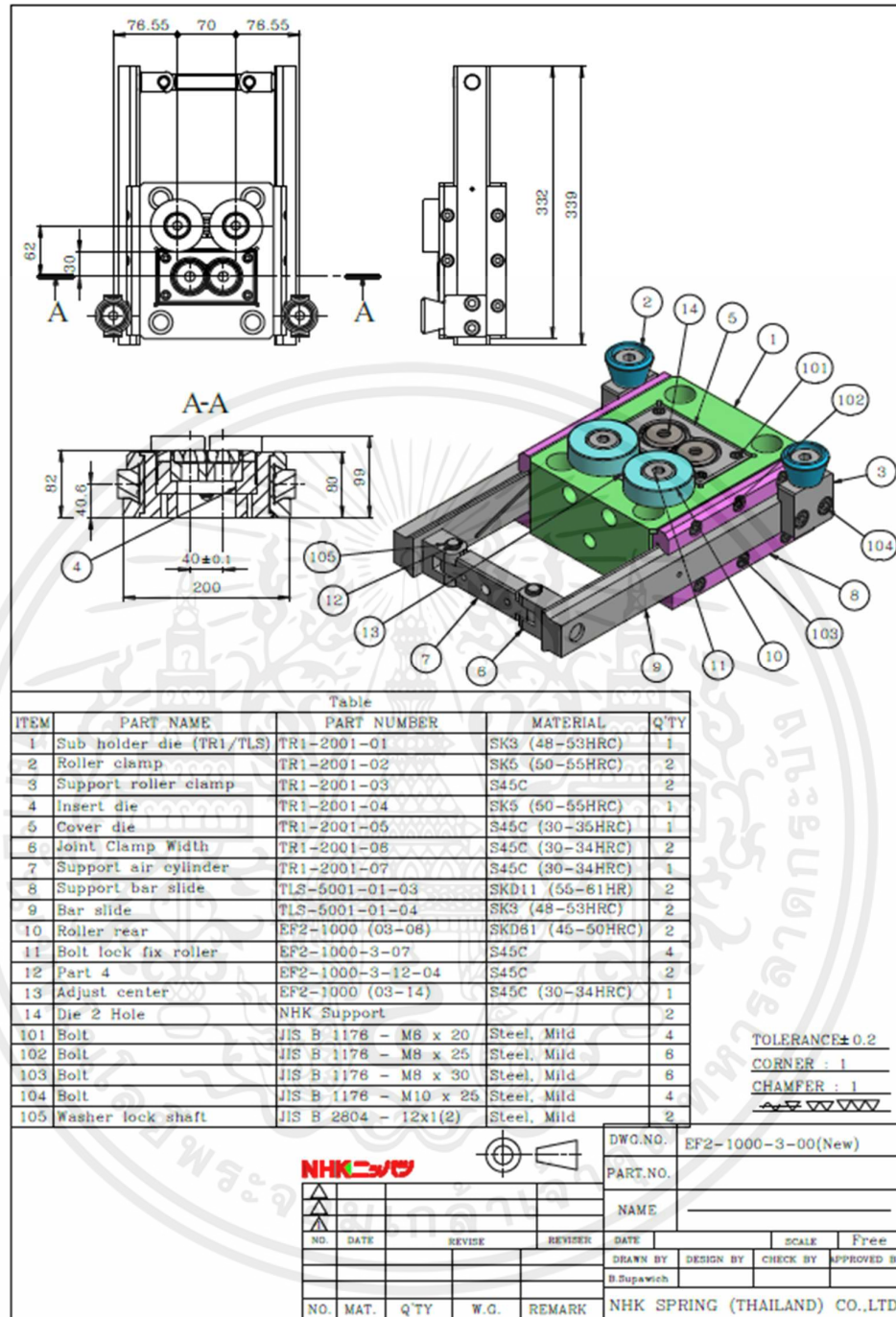
รูปที่ ก.2 ชุดแม่พิมพ์ตัดและเจาะรูชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



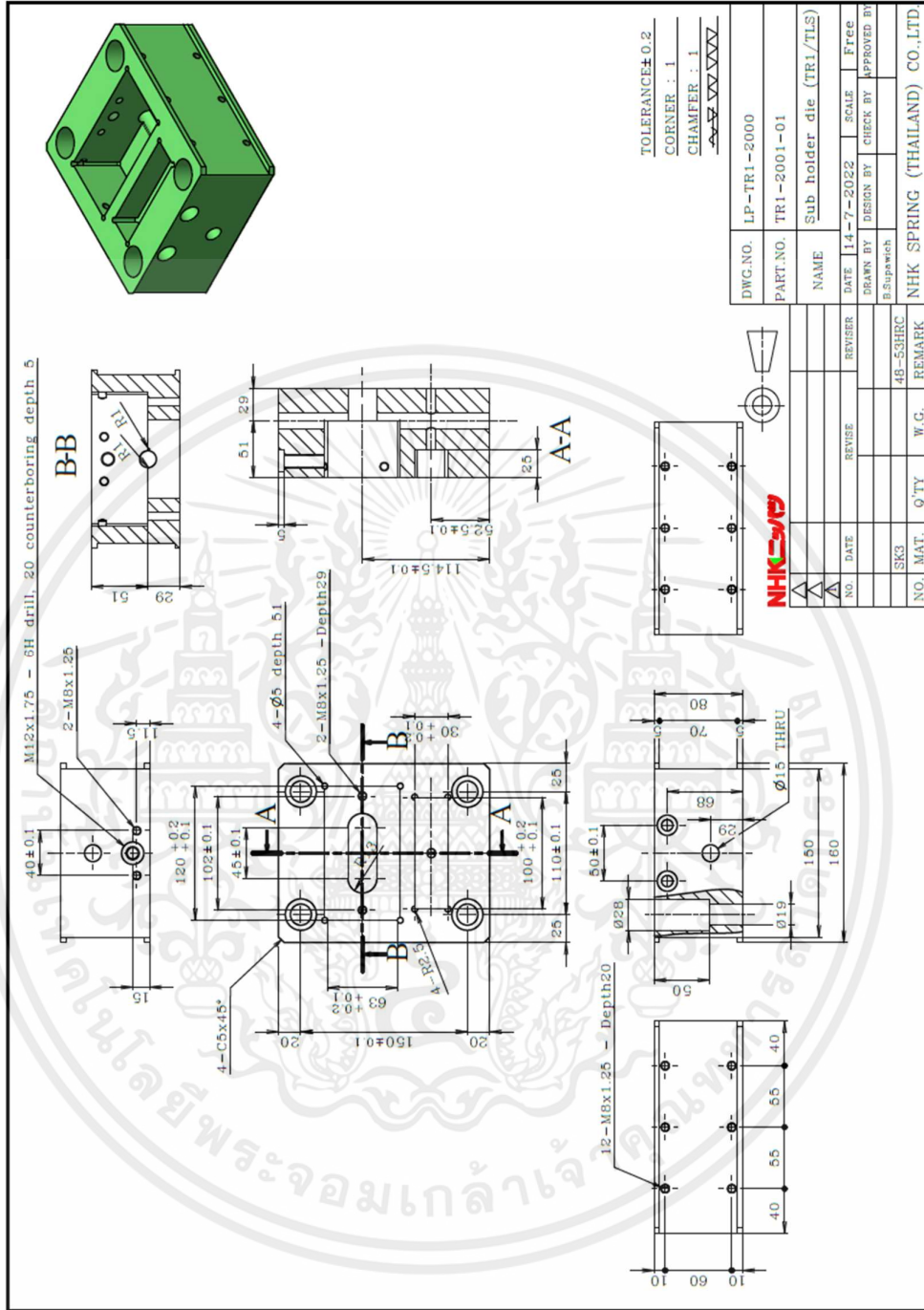
รูปที่ ก.3 STEP AP214

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



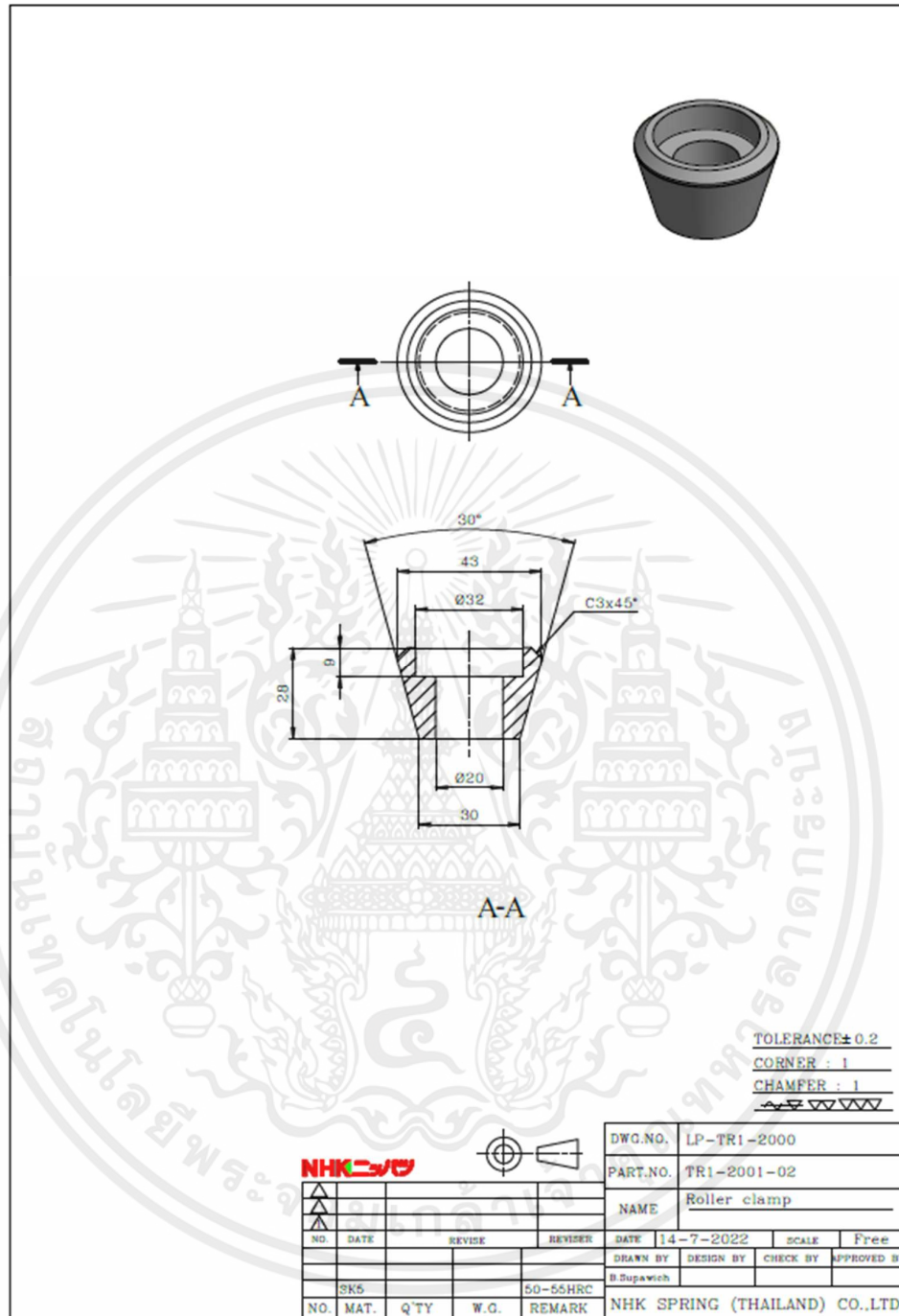
รูปที่ ก.4 ชุดตายล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



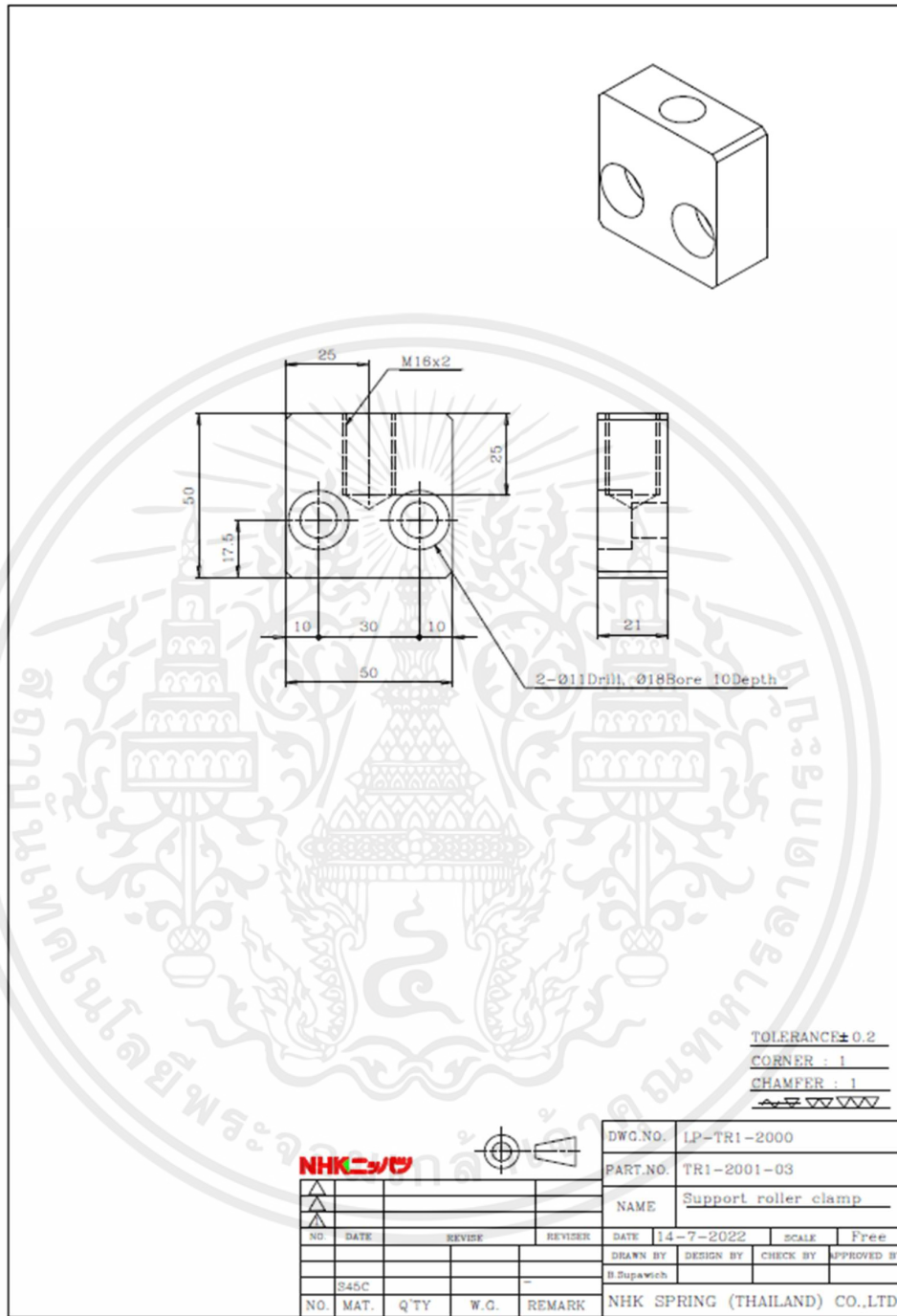
รูปที่ ก.5 Sub holder die

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



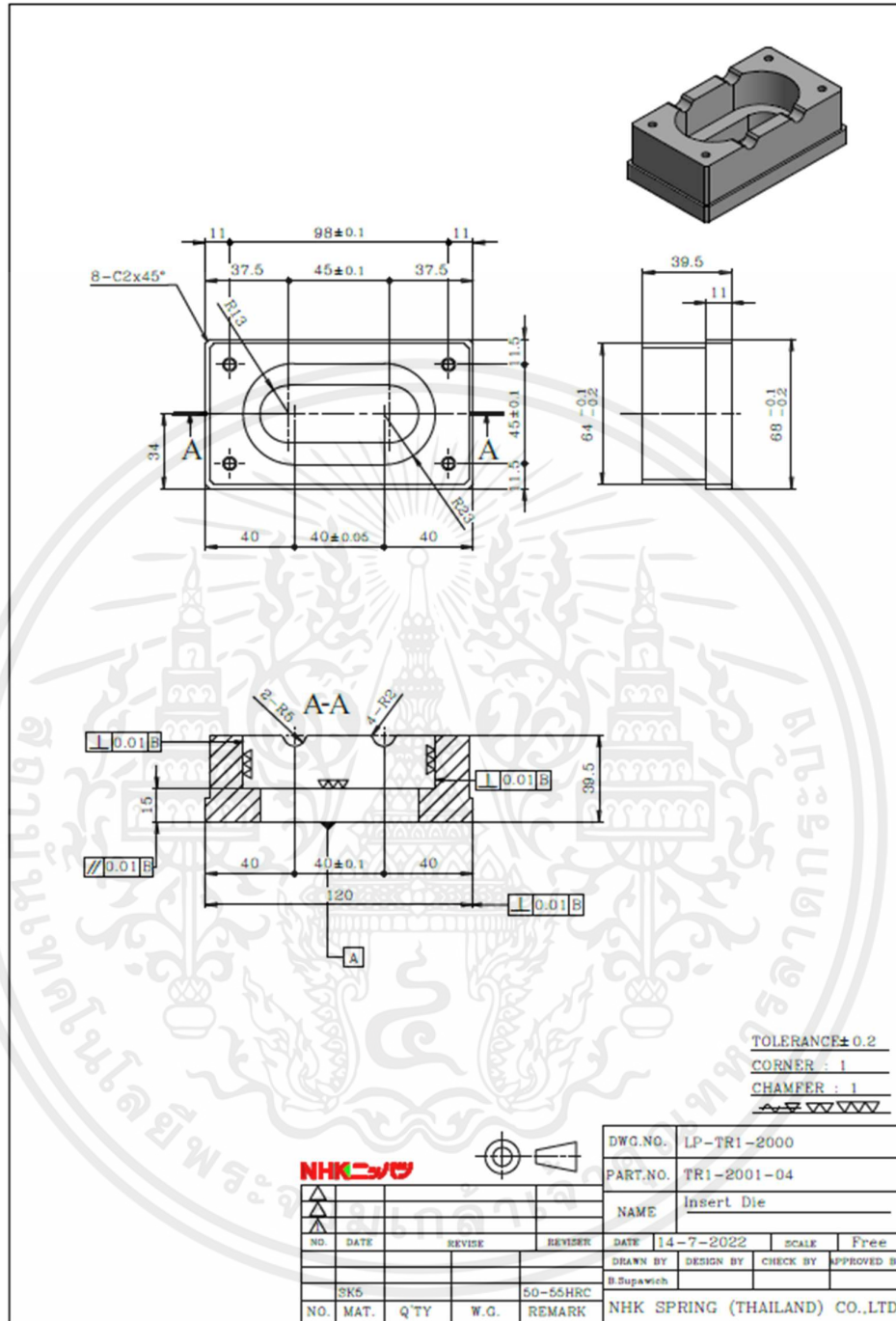
รูปที่ ก.6 Roller clamp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



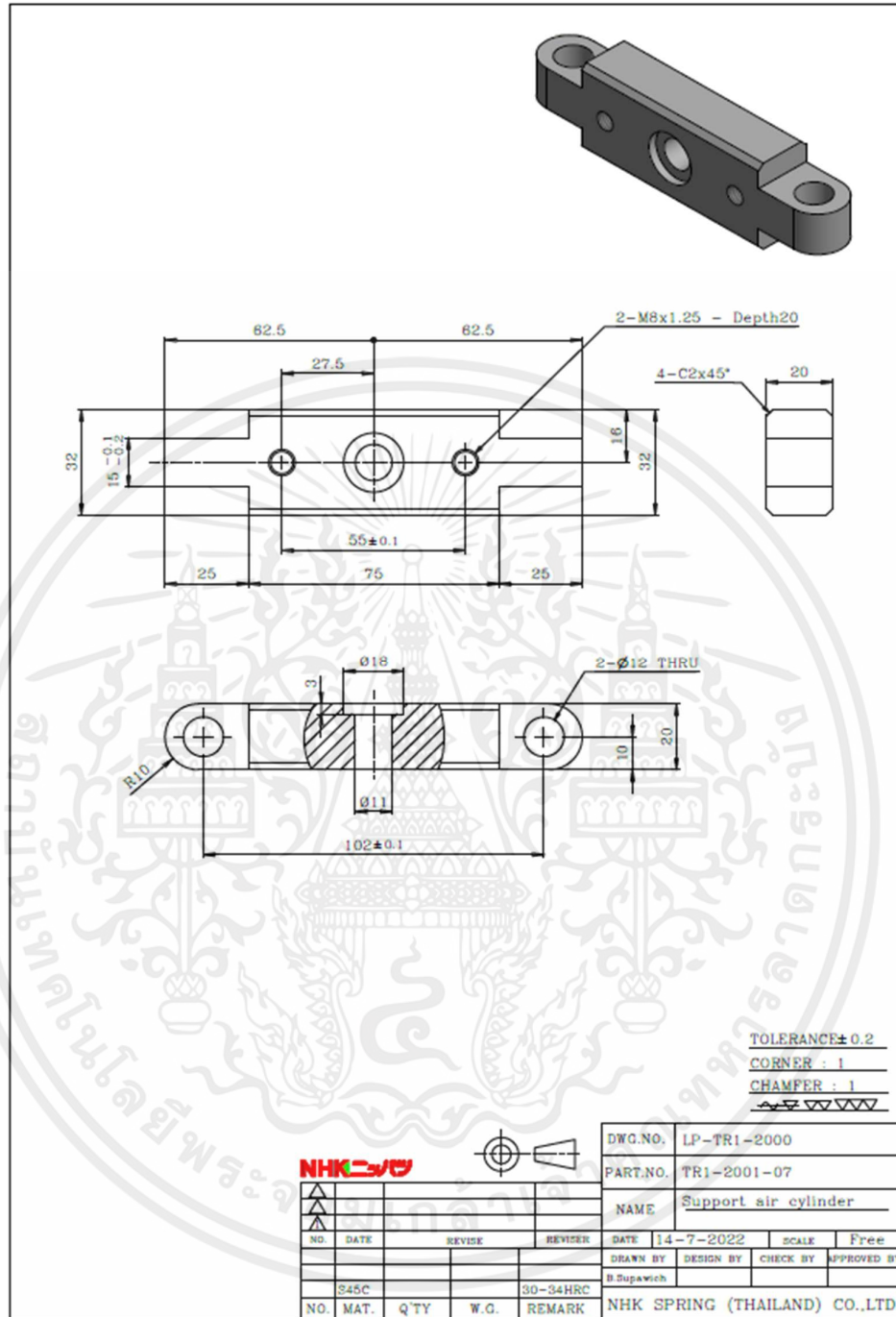
รูปที่ ก.7 Support roller clamp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



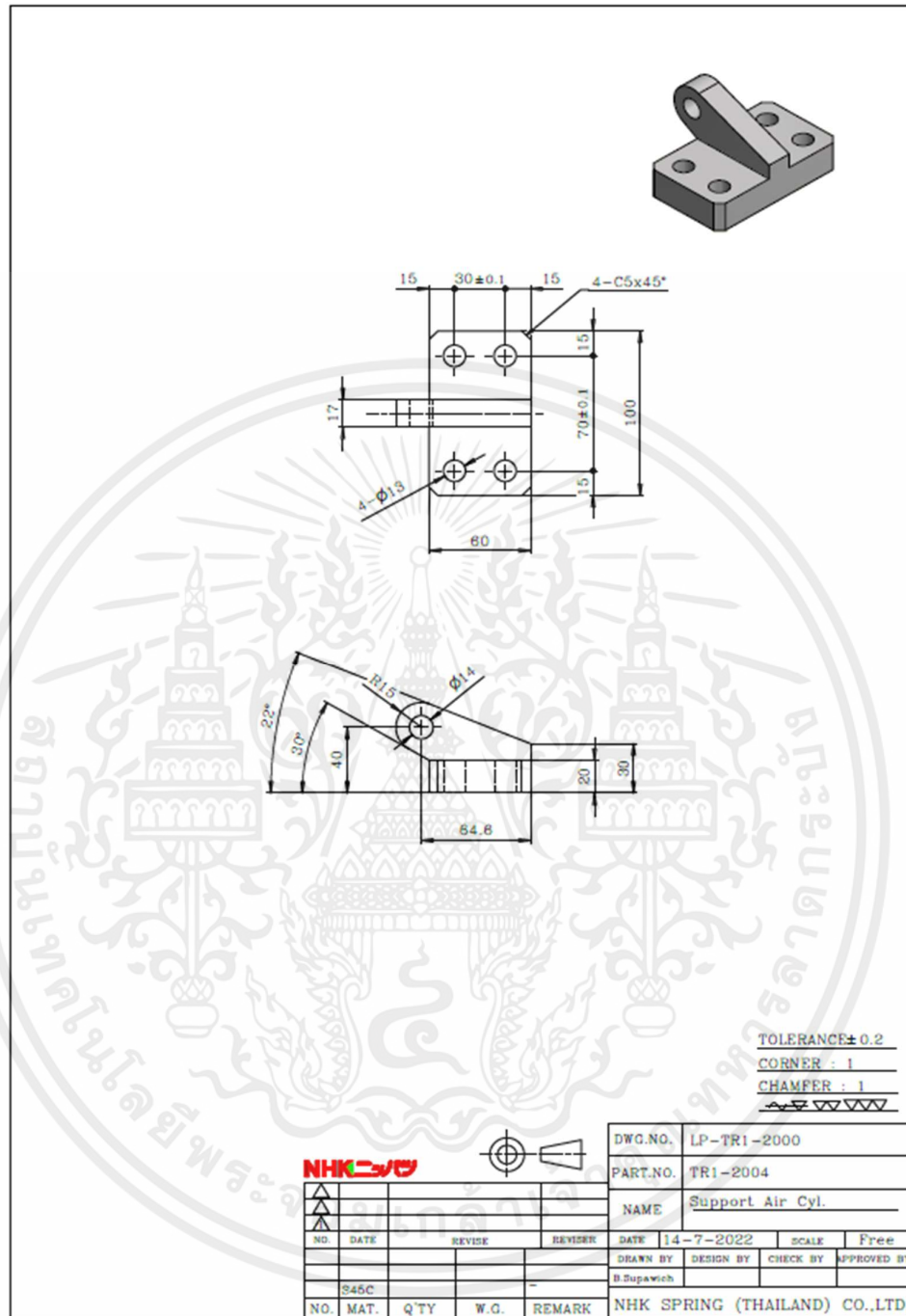
รูปที่ ก.8 Insert Die

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



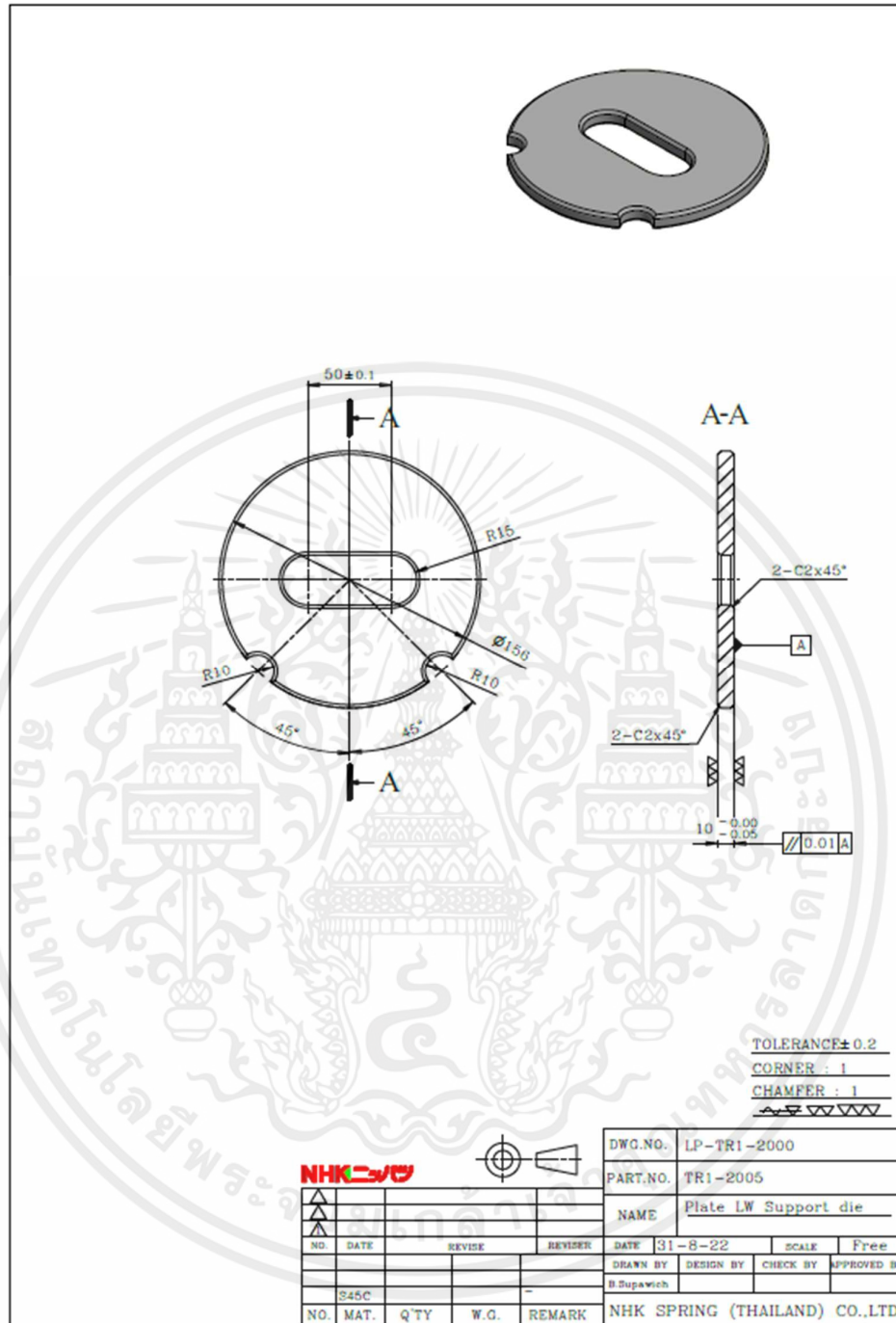
รูปที่ ก.11 Support air cylinder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



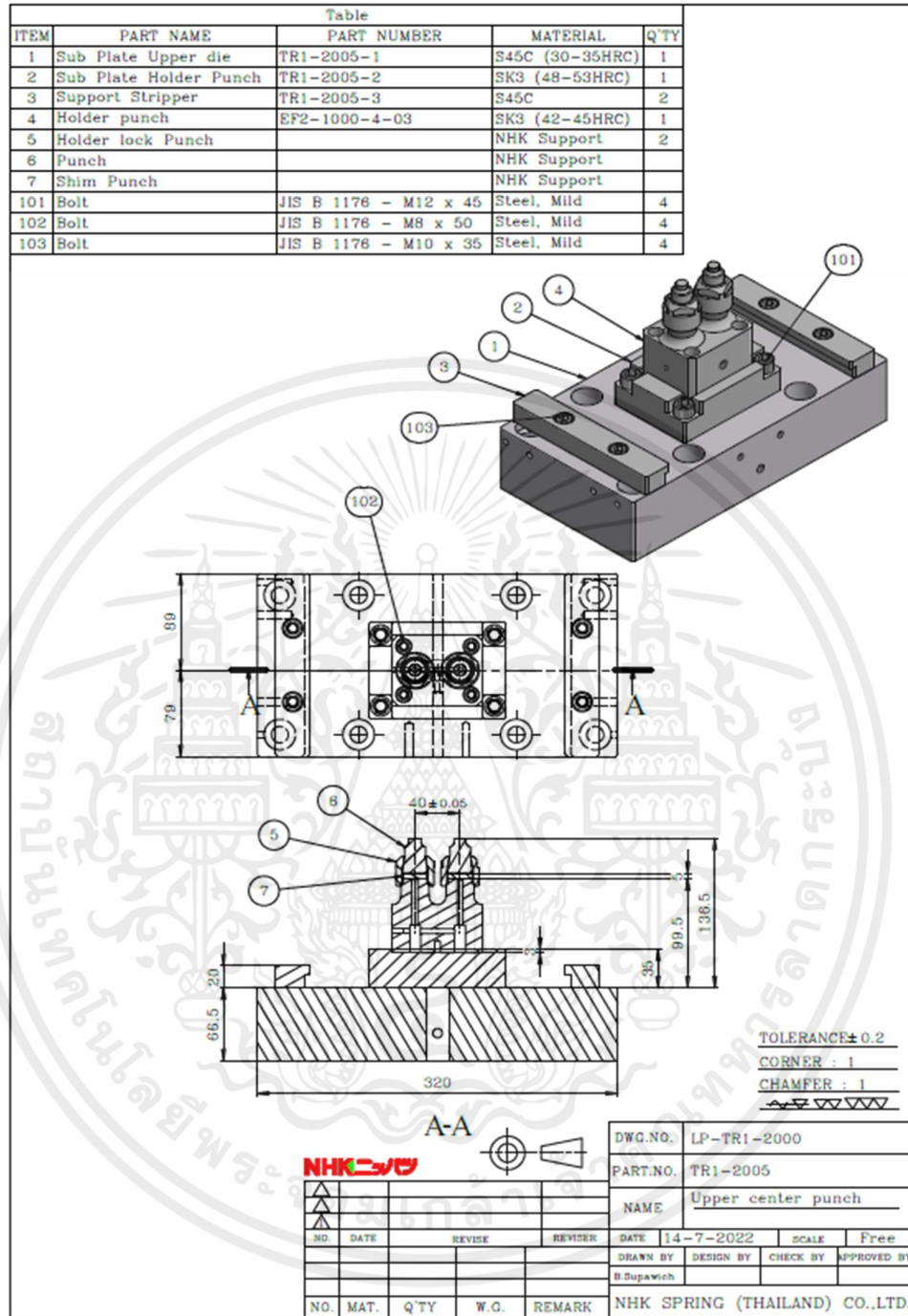
รูปที่ ก.14 Support Air Cyl.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



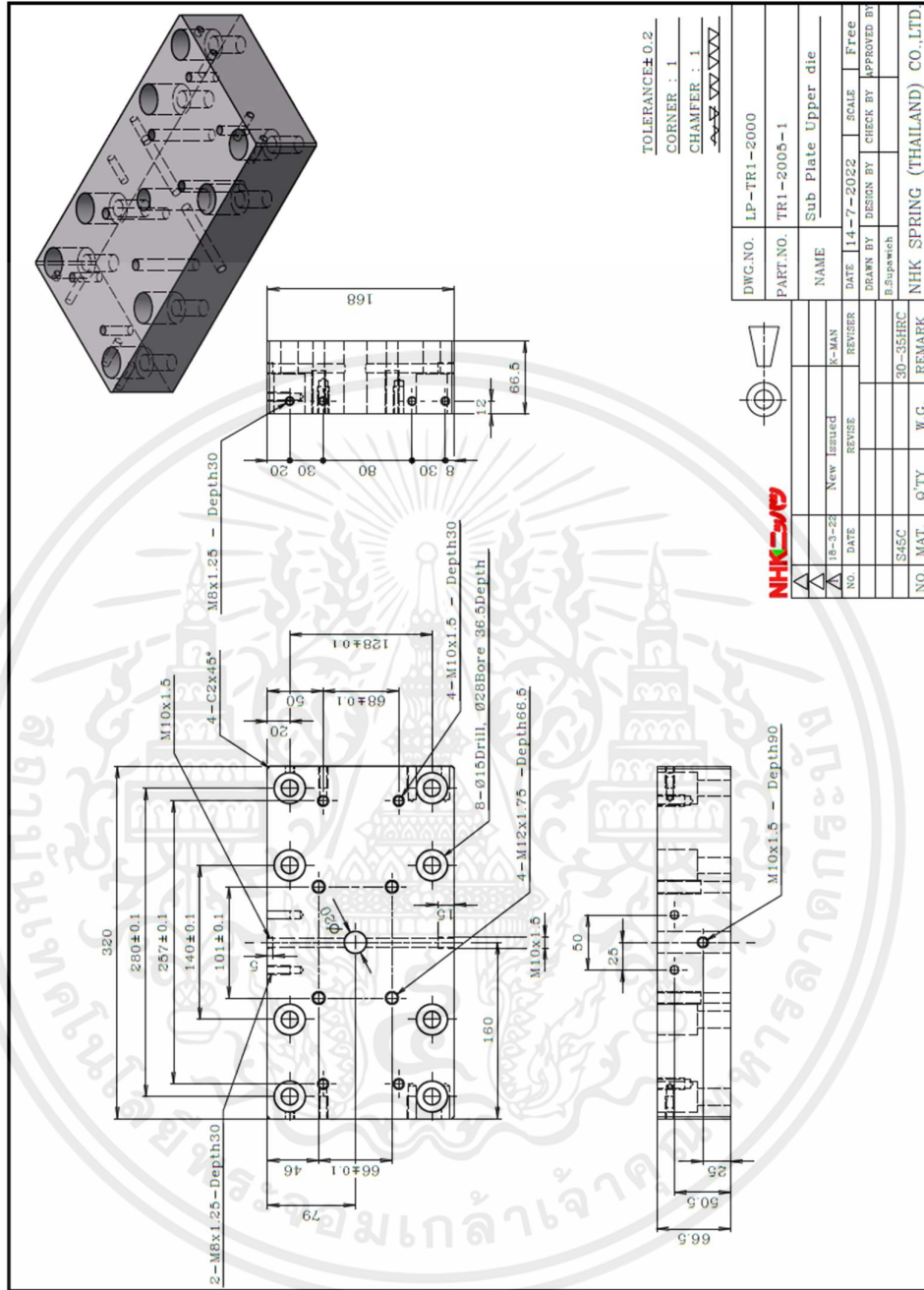
รูปที่ ก.15 Plate LW Support die

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.16 Upper center punch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



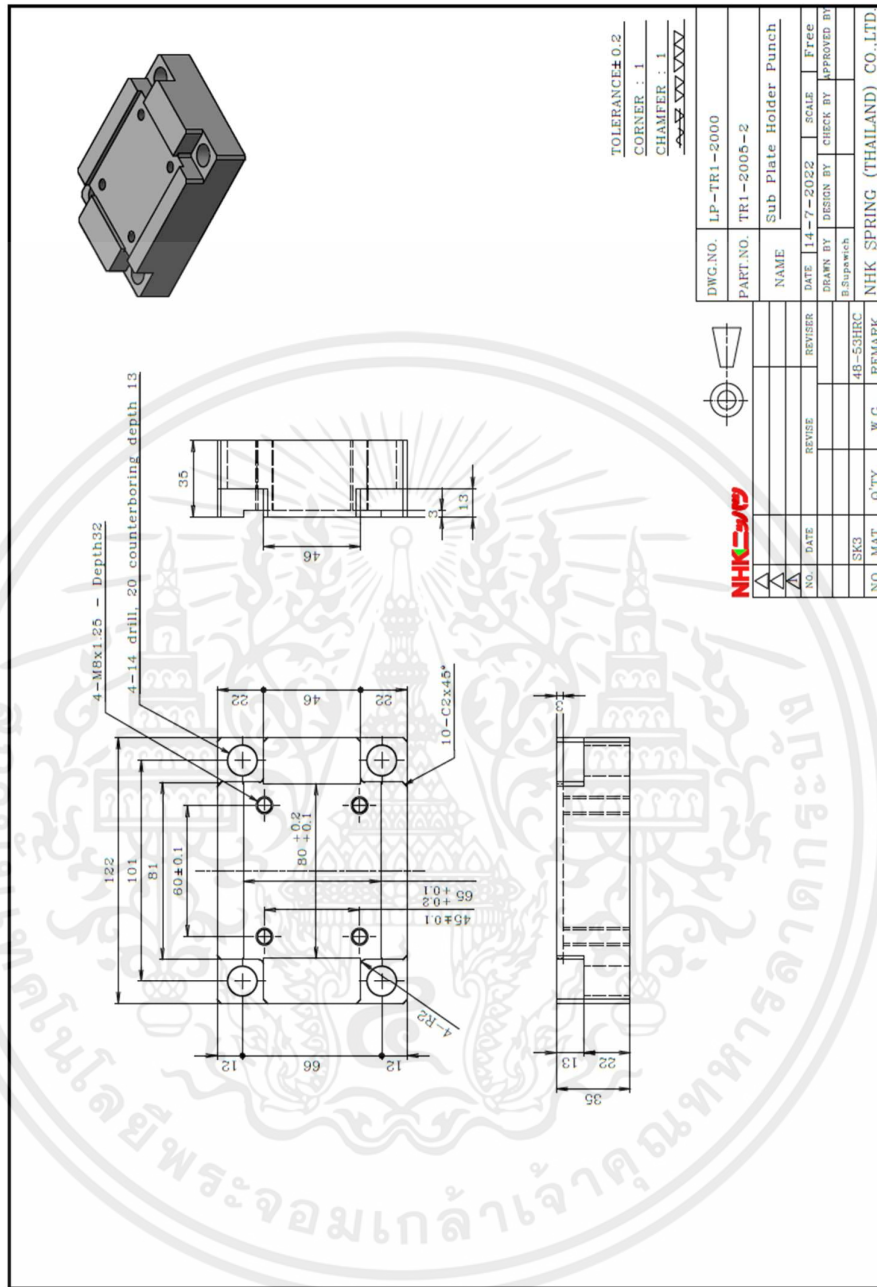
TOLERANCE±0.2
 CORNER : 1
 CHAMFER : 1

| | |
|----------|--------------------------------|
| DWG.NO. | LP-TR1-2000 |
| PART.NO. | TR1-2005-1 |
| NAME | Sub Plate Upper die |
| DATE | 14-7-2022 |
| SCALE | Free |
| DRAWN BY | DESIGN BY |
| CHECK BY | APPROVED BY |
| NO. | DATE |
| S45C | 30-35HRC |
| NO. MAT. | QTY |
| W.G. | REMARK |
| | NHK SPRING (THAILAND) CO.,LTD. |

| | | | | |
|-----|-----------|------------|---------|--------|
| NO. | DATE | REVISION | REVISOR | REMARK |
| 1 | 14-7-2022 | New issued | K-MAN | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |

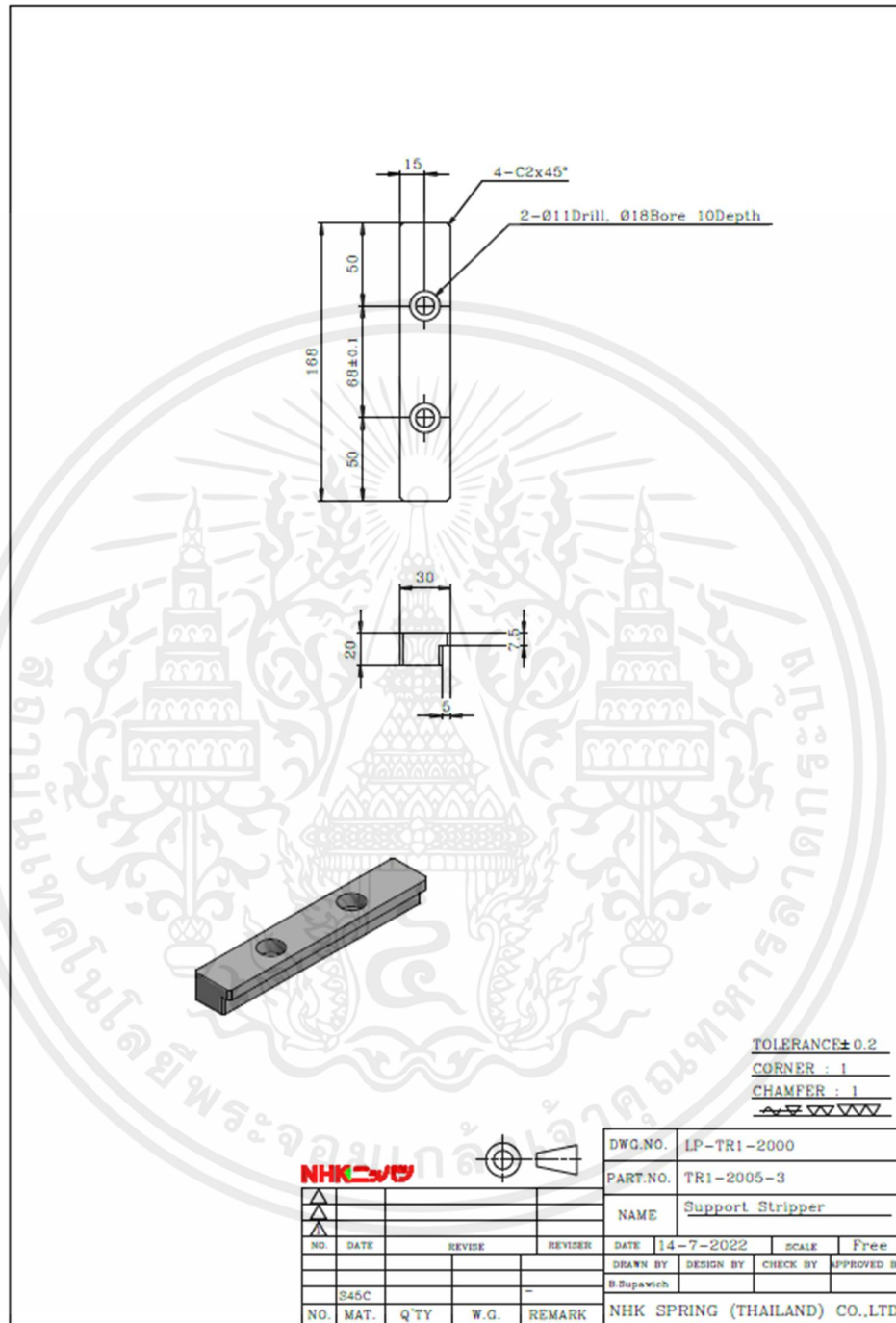
รูปที่ ก.17 Sup plate Upper die

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



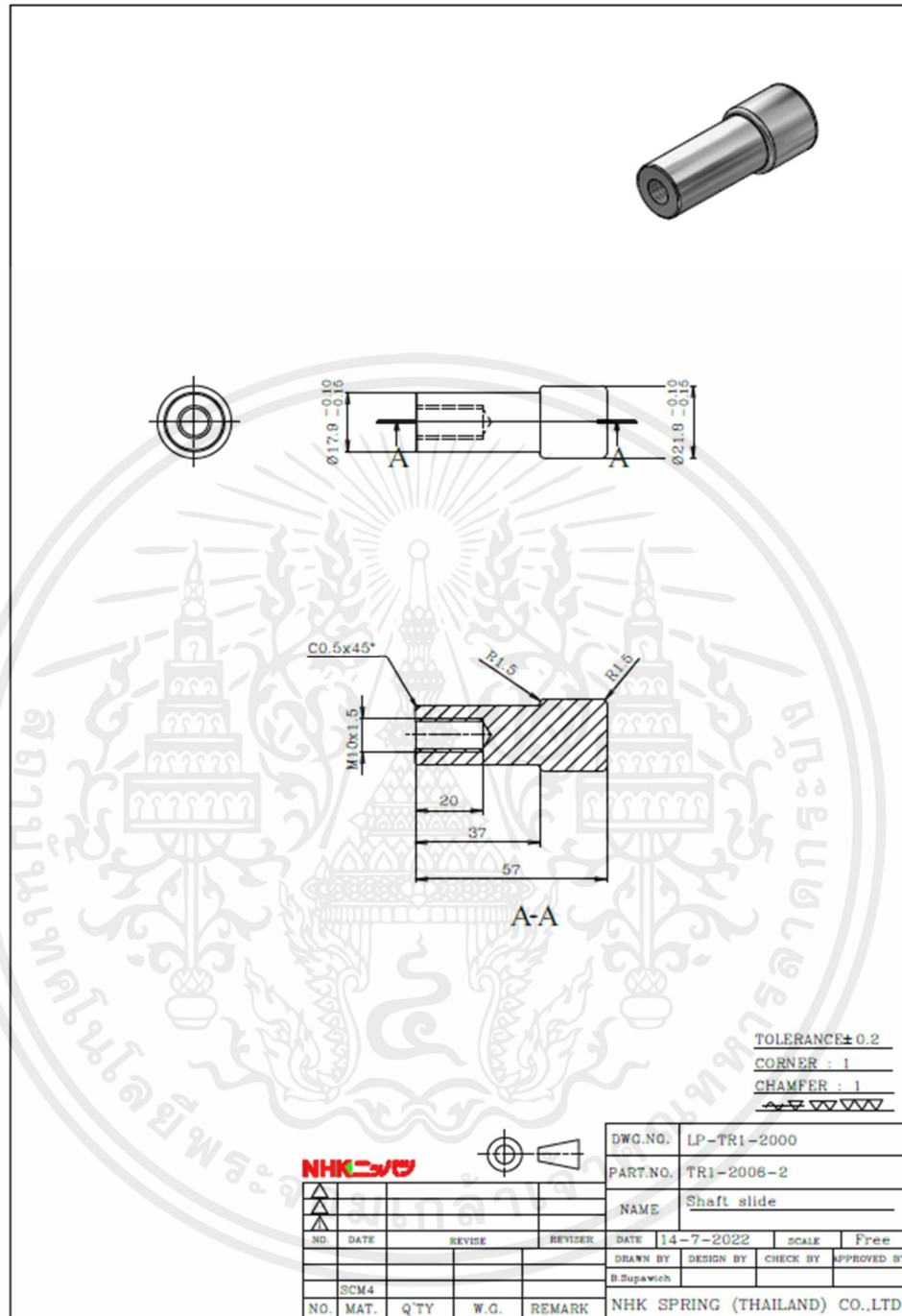
รูปที่ ก.18 Sub Plate Holder Punch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.19 Support Stripper

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.22 Shaft slide

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นายศุภวิชญ์ บางเหลือ
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2543
 ภูมิลำเนา จังหวัดอำนาจเจริญ
 ที่อยู่ 59 หมู่ 3 ตำบลปลาเค้า อำเภอเมือง
 จังหวัดอำนาจเจริญ 37000
 E-mail Maitree1578@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2562 จากโรงเรียนปลาเค้าวิทยานุสรณ์
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2565 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- ผ่านการฝึกงานและสหกิจศึกษาที่ บริษัท เอ็นเอชเค สปรिंग (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดฉะเชิงเทรา แผนกวิศวกรรมการผลิตแทนบรณนต์ ปี พ.ศ. 2565