

การปรับปรุงแม่พิมพ์เพื่อลดการใช้พลังงานในกระบวนการขึ้นรูปฝาครอบหม้อน้ำ เครื่องยนต์มอเตอร์ไซค์

Die improvement for reducing energy during radiator cover engine motorcycle Forming process

สัญญา คำจริง

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี

7/1 นนทบุรี 1 สวนใหญ่ เมือง นนทบุรี 11000

โทร: 093-5254995 E-Mail: Skumjing@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงแม่พิมพ์เดียวสำหรับขึ้นรูปขึ้นส่วนฝาครอบหม้อน้ำเครื่องยนต์มอเตอร์ไซค์วีสดูคูมินิเยมเกรด AA 6061 เพื่อลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต โดยแบ่งกระบวนการผลิตออกเป็น 2 ส่วน คือ กระบวนการผลิตแผ่นด้วย แม่พิมพ์บลังก์และกระบวนการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ขึ้นรูป ในการดำเนินการปรับปรุงการออกแบบ วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และประเมินผลตามลำดับ จากนั้นได้ทำการทดสอบแม่พิมพ์เพื่อค้นหาจุดบกพร่องตลอดจนปรับแก้ไขในตำแหน่งที่เป็นสาเหตุความเสียหาย และได้ทำการทดสอบตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ก่อนและหลังการปรับปรุงของแม่พิมพ์ในแต่ละชุด ด้วยการปรับมุมเอียงคมตัดพื้นซ์ของแม่พิมพ์บลังก์สำหรับผลิตแผ่นฝาครอบหม้อน้ำที่ระดับ 0 องศา 1 องศา และ 2 องศา ตามลำดับ ซึ่งให้ผลการทดลองจริงใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับแม่พิมพ์ขึ้นรูปได้ติดตั้งตัวกำหนดตำแหน่งและติดตั้งแผ่นควบคุมรูปร่างขึ้นงาน ในชุดแม่พิมพ์ก่อนและหลังปรับปรุงตามลำดับ พบการดำเนินการพบว่าสามารถขึ้นรูปขึ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยผลการดำเนินการปรากฏว่าปริมาณขึ้นงานที่สามารถผลิตได้ของแม่พิมพ์บลังก์ก่อนและหลังปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 15,508 ชิ้น/วัน อย่างไรก็ตามสามารถลดแรงตัดจากการเอียงคมตัดได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณขึ้นงานที่ได้จากแม่พิมพ์ขึ้นรูปหลังปรับปรุง เปอร์เซ็นต์พบว่าของดีต่อของเสีย 99:1 เปอร์เซ็นต์ และค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปั๊มในกระบวนการผลิตขึ้นงานด้วยแม่พิมพ์บลังก์ ภายหลังปรับปรุงมีค่าการใช้พลังงานจำเพาะลดลง 1.51 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าการใช้พลังงานจำเพาะของแม่พิมพ์ขึ้นรูปภายหลังปรับปรุงมีค่าลดลงเท่ากับ 62.59 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม ผลที่ปรากฏว่าบริษัทผู้ผลิตสามารถลดการใช้พลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปั๊มในการขึ้นรูปวัสดุดังกล่าวได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: แม่พิมพ์เดียว เครื่องยนต์ พลังงาน อลูมิเนียม AA 6061

ABSTRACT

The purpose of this research was to improve the single die design to reduce energy usage during forming process of motorcycle engines' radiator covers using Aluminum Alloy AA 6061 material. The manufacturing process can be divided into two parts, which are sheet metal manufacturing by using blanking die and forming with a drawing die. The design improvement, a computer program was employed for the analysis and processing. Then, the die processing was tested to search for errors and improve the positions that caused damage, by adjusting the cutting angle on the punch of blanking die for radiator cover production at 0 degree, 1 degree, and 2 degree, the tests were performed before and after each improvement. Regarding the experiment, the result was close to the result from Finite Element Analysis, for the forming die, installed finger stop and profile blank before and after improvement. In operation die processing demonstrated it was effective and number of units that could be produced by using blanking die was 15,508/day pieces, both in pre and post experiments. Nonetheless, it was able to reduce the cutting force for cutting angle by 30%. For the work pieces produced by die processing after the improvement, the goods free of damage were 99:1%. The electrical energy used by the press in the forming process by a blanking die after the improvement the specific energy consumption was reduced by 1.51% and the specific energy consumption of die processing after improvement was reduced by 62.59%. As a result, the manufacturing company can reduce energy and increase energy capacity of the pressing machine for product forming efficiently.

Keywords: Single die, Engine, Energy, Aluminum AA 6061

1. บทนำ

การขึ้นรูปโลหะเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทงานโลหะ ได้แก่ อุตสาหกรรมการประกอบยานพาหนะ อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น ซึ่งในแต่ละโรงงานการผลิตจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบต่างๆ เช่น กระบวนการผลิต การออกแบบกระบวนการผลิต ตลอดจนถึงขั้นตอนการเพิ่มคุณค่าให้กับวัสดุให้เป็นผลิตภัณฑ์ซึ่ง

แต่ละโรงงานที่ทำการผลิตจะดำเนินการไปได้ด้วยดี เพื่อจะให้มีประสิทธิภาพในการผลิตที่สูงขึ้น ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการ [1] คือ ความสามารถทางเทคโนโลยีของกระบวนการผลิตข้อจำกัดทางกายภาพของผลิตภัณฑ์และกำลังการผลิตหรือความสามารถของกระบวนการผลิต เป็นต้น กระบวนการผลิตชิ้นส่วนอุตสาหกรรมยานยนต์ในระดับปริมาณมากๆ จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการผลิตด้วยเครื่องมือพิเศษที่เรียกว่า “แม่พิมพ์”

ปัจจุบันทางบริษัทฯ ได้ทำการผลิตชิ้นงานจากแผ่นโลหะด้วยการใช้แม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปให้เป็นรูปร่างขึ้นส่วนที่ต้องการ ชิ้นงานที่ผลิตด้วยแม่พิมพ์ คือ ชิ้นงานที่ต้องการผลิตเป็นจำนวนมากหรือชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนต้องการความแม่นยำสูงซึ่งไม่สามารถผลิตด้วยวิธีการอื่นได้ เพราะแม่พิมพ์มีต้นทุนในการผลิตสูงและต้องอาศัยทักษะในการออกแบบและผลิต [2] ดังนั้น กระบวนการตัดโลหะแผ่นทั่วไปจำเป็นต้องใช้เทคนิคเข้ามาช่วยในการออกแบบเพื่อลดปัญหาทั้งทางตรงและทางอ้อมที่อาจจะเกิดขึ้นตั้งแต่กระบวนการแรกจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิต โดยเฉพาะการลดแรงในการตัดจึงมีความจำเป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถลดขนาดเครื่องปั๊ม ลดมลภาวะทางเสียงที่เกิดขึ้นในการตัด ลดการสั่นสะเทือนของเครื่องปั๊ม การลดแรงตัดสามารถทำได้โดยการตัดไม่พร้อมกันตลอดรูปร่างชิ้นงาน [3] สิ่งสำคัญคือลดพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะให้มีประสิทธิภาพ อีกทั้งเป็นการปรับปรุงพัฒนาเทคโนโลยีกรรมวิธีการผลิตให้รวดเร็วยิ่งขึ้นและจำนวนชิ้นงานเพิ่มขึ้นพร้อมทั้งเป็นการลดต้นทุนในการผลิตชิ้นงานทำให้สามารถแข่งขันทางด้านการตลาดและราคากับลูกค้าเจ้าอื่นได้ [4]

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาปัญหาด้านคุณภาพชิ้นงานที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในขั้นตอนการผลิตขึ้นรูปขึ้นส่วนยานยนต์ โดยทำการพัฒนาและออกแบบประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ก่อนนำไปสร้างแม่พิมพ์จริง เพื่อผลิตชิ้นงานมีคุณภาพดีและสามารถลดการใช้พลังงานได้ในภาคอุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะ

อีกทั้งยังนำมาใช้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมการผลิต และสามารถขยายผลประโยชน์การใช้พลังงานอย่างเต็มประสิทธิภาพในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืน

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 วัสดุและเครื่องมืออุปกรณ์

2.1.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ คือ วัสดุอลูมิเนียมเกรด AA 6061 กว้าง 105 มม. และหนา 1.0 มม. ซึ่งเป็นอลูมิเนียมแผ่นชนิดม้วน สามารถทำการขึ้นรูปได้ดี เชื่อมง่าย แปรรูปง่าย ด้านทานการกัดกร่อนได้ดี และมีความแข็งแรงปานกลาง นิยมใช้งานได้ในอุตสาหกรรมหลายประเภทโดยเฉพาะอุตสาหกรรมยานยนต์ แสดงคุณสมบัติของอลูมิเนียมดังตารางที่ 1 ซึ่งถูกป้อนเข้าสู่แม่พิมพ์ด้วยเครื่องป้อนโลหะ (Feeder Machine) ดังภาพที่ 1

2.1.2 เครื่องปั๊มขนาด 80 และ 100 ตัน ใช้สำหรับติดตั้งแม่พิมพ์สำหรับการทดสอบและใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ (ภาพที่ 2)

2.1.3 แม่พิมพ์ตัดเฉือน (Shearing Die) หรือแม่พิมพ์แผ่นแบล็กที่ประกอบด้วย 펀ช์ (Punch), ดาย (Die) เป็นส่วนประกอบหลักที่ถูกสร้างขึ้นด้วยวัสดุเหล็กกล้าผสมเครื่องมืองานเย็น เกรด SKD 11 ใช้สำหรับตัดขอบชิ้นงาน (Trimming Die) และแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Drawing Die) ที่มีแผ่นจับชิ้นงาน (Blank Holder Plate) ใช้สำหรับขึ้นรูปชิ้นงานที่มีส่วนโค้งเว้า และต้องการขอบชิ้นงาน แสดงแบบชิ้นงานและแม่พิมพ์สำหรับทดสอบดังภาพที่ 3

2.1.4 อุปกรณ์และเครื่องมือวัดที่ใช้ในการตรวจวัดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ได้แก่ เครื่องวัดและวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด และเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิชนิดเทอร์โมคัปเปิล

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ ได้แก่ แบบและลักษณะของชิ้นงาน เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับกระบวนการผลิต เทคนิคการผลิตและประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต เป็นต้น การออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตด้วยเทคโนโลยีวิศวกรรม

ดิจิทัลเพื่อยกระดับขีดความสามารถในเทคโนโลยีการผลิตและอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ จากนั้นทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและจำลองสภาวะการขึ้นรูปชิ้นงานก่อนดำเนินการสร้างแม่พิมพ์จริงตามเงื่อนไขที่กำหนด เพื่อทำการปรับแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในตำแหน่งของแม่พิมพ์ที่ทำให้ชิ้นงานเกิดความเสียหาย จากนั้นติดตั้งแม่พิมพ์และประเมินผลด้านประสิทธิภาพการทำงานและการใช้พลังงานไฟฟ้าของแม่พิมพ์ (เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ)แสดงแผนผังขั้นตอนการดำเนินงานดังภาพที่ 4

ตารางที่ 1 คุณสมบัติอุณหภูมิเย็บแผ่นรีดเกรด AA 6061

รายการ	รายละเอียด	รายการ	รายละเอียด
Chemical composition (wt%)	Mg 0.689%, Mn 0.331%, Fe 0.230%, Si 0.305%, Cu 0.305%, Al (Bal.)	Vickers hardness (0.05 kg)	240
		Thickness (mm)	1.4
		Machine Press (Ton)	1,000
Tensile strength (MPa)	270	Die Process (Station)	3
Yield strength (MPa)	310	Die Height (Average-mm)	900
Elongation (%)	10	Clearance (Thickness)	10%

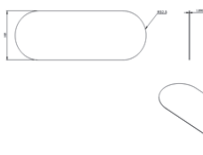


ภาพที่ 1 เครื่องป้อนวัสดุอลูมิเนียมสำหรับทดสอบ

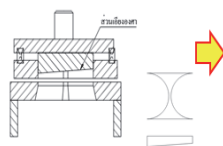


ภาพที่ 2 เครื่องปั๊ม (Press Machine)

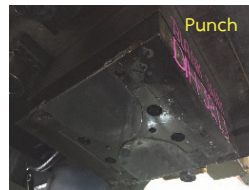
(ก) แบบแผ่นแบลงก์



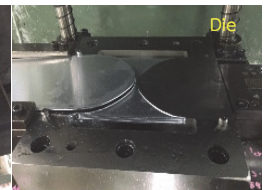
(ข) แบบแม่พิมพ์แผ่นแบลงก์



(ค) แม่พิมพ์ชุดบน

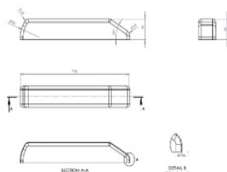


(ง) แม่พิมพ์ชุดล่าง

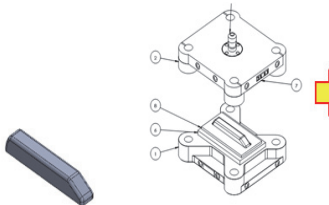


แม่พิมพ์ขึ้นรูปฝากรอบหมอน้ำ

(ก) แบบฝากรอบหมอน้ำ



(ข) แบบแม่พิมพ์ขึ้นรูปฝากรอบหมอน้ำ



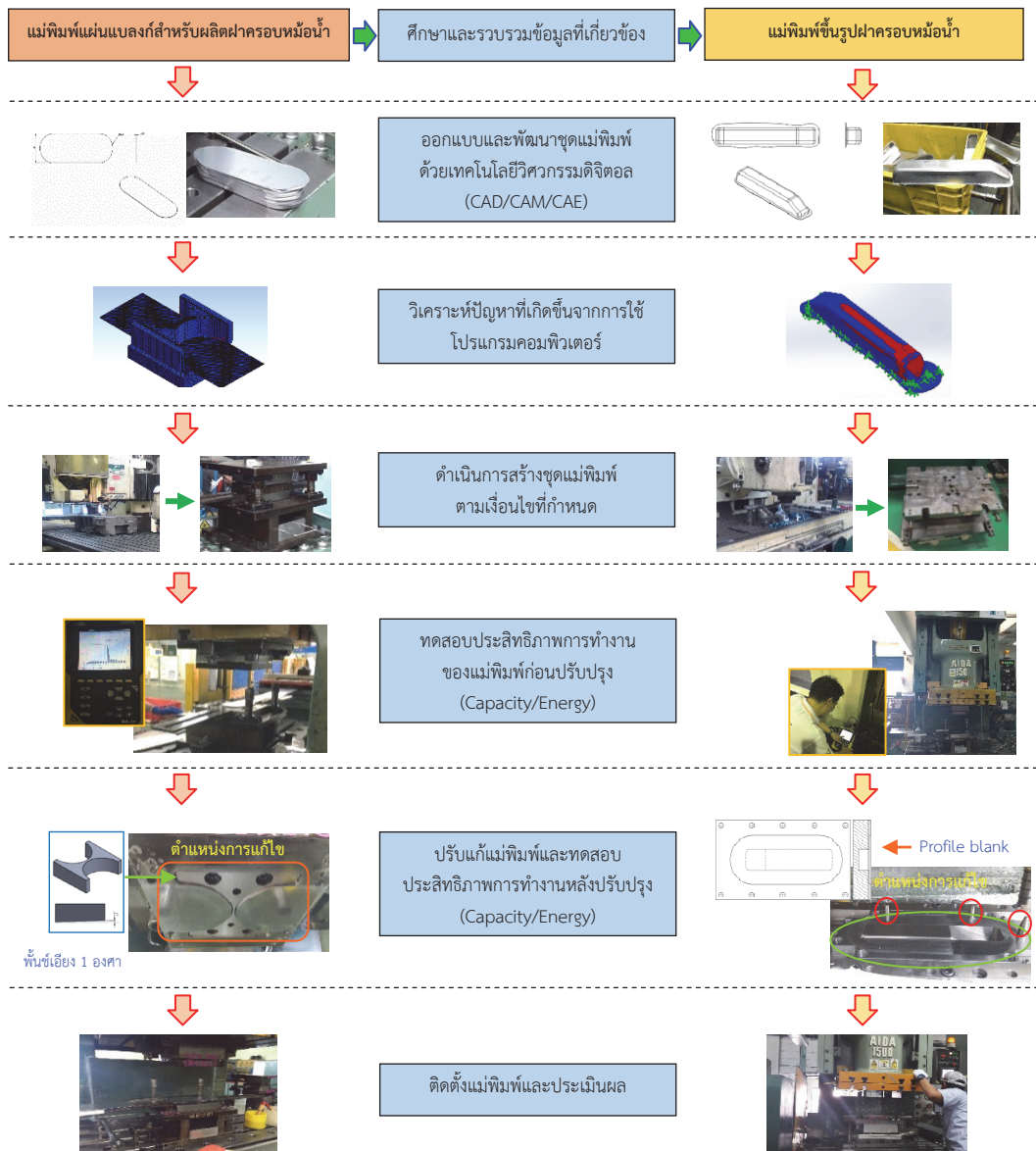
(ค) แม่พิมพ์ชุดบน



(ง) แม่พิมพ์ชุดล่าง



ภาพที่ 3 แบบขึ้นงานและแม่พิมพ์สำหรับทดสอบ



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

2.2 เงื่อนไขและสภาวะการทดสอบ

คุณลักษณะชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบถูกกำหนดให้ทำการผลิตด้วยแม่พิมพ์เดี่ยว (Single Die) คือ

2.2.1 แม่พิมพ์แผ่นแบลงก์สำหรับผลิตฝากรอบหมอน้ำมีขั้นตอนการทำงาน 4 ขั้นตอน คือ 1) แผ่นสตริป (Strip) ป้อนสู่แม่พิมพ์ล่างหรือตาย (Die) 2) พ้นซ์เคลื่อนที่ตัดและถอยกลับตำแหน่งเดิม 3) แผ่นสตริป (Strip) ถูกป้อนต่อเนื่องอีกครั้ง 4) พ้นซ์เคลื่อนที่ตัดและถอยกลับตำแหน่งเดิม

2.2.2 แม่พิมพ์ขึ้นรูปฝากรอบหมอน้ำมีขั้นตอนการทำงาน 2 ขั้นตอน คือ

1) วางชิ้นงาน (Blank) ลงบนส่วนหน้าพ้นซ์

2) แม่พิมพ์ด้านบน (Upper) หรือตาย (Die) เคลื่อนที่ลงมาลากขึ้นรูปชิ้นงานและถอยกลับตำแหน่งเดิม

ชิ้นงานที่ถูกผลิตเป็นชิ้นส่วนขนาดเล็กที่ไม่มีความซับซ้อน โดยทำการผลิตให้ได้ปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าและมีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งมีสภาวะเงื่อนไขการทดลองของแม่พิมพ์แต่ละชุดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายละเอียดและเงื่อนไขการทดสอบแม่พิมพ์

แม่พิมพ์แผ่นแบลงก์สำหรับผลิตฝากรอบหมอน้ำ	แม่พิมพ์ขึ้นรูปฝากรอบหมอน้ำ
- มุมเอียงพ้นซ์ 0 องศา 1 องศา และ 2 องศา - ปรับขนาดเครื่องปั๊ม 100 ตัน เป็นเครื่องปั๊มขนาด 80 ตัน - วิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แต่ละมุมเอียงพ้นซ์ - ศึกษาปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานต่อวัน	- วิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบติดตั้งตัวกำหนดตำแหน่ง (Finger stop) จำนวน 3 ตัว และแบบติดตั้งแผ่นควบคุมรูปร่างชิ้นงาน (Profile blank) - ศึกษาปริมาณการผลิตและการใช้พลังงานต่อวัน

3. ผลการทดลอง

การดำเนินการออกแบบแม่พิมพ์เดี่ยว (Single die) ของแม่พิมพ์แผ่นแบลงก์สำหรับผลิตฝากรอบหมอน้ำและแม่พิมพ์ขึ้นรูปฝากรอบหมอน้ำเครื่องยนต์มอเตอร์ไซค์ ซึ่งจำลองสภาวะการขึ้นรูปโดยใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นการร่วมมือกันของฝ่ายวิศวกรรมบริษัท และผู้วิจัยได้ตัดสินใจเลือกชิ้นงานแผ่นแบลงก์สำหรับผลิตฝากรอบหมอน้ำเป็นชิ้นงานที่จะต้องนำไปทำการขึ้นรูปเป็นฝากรอบหมอน้ำเครื่องยนต์มอเตอร์ไซค์ต่อไป ซึ่งขณะนี้บริษัทฯ

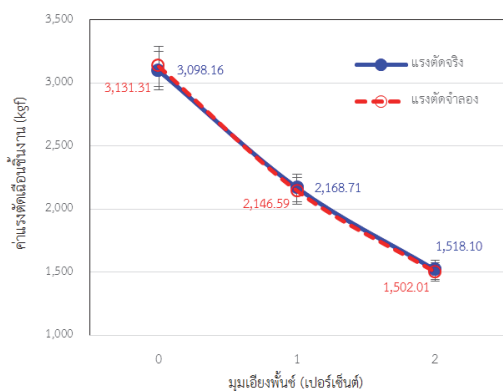
กำลังดำเนินการผลิตโดยใช้วัสดุอลูมิเนียมเกรด AA 6061 ผ่านกระบวนการทดสอบ (Try Out) การทำงานของแม่พิมพ์ตามขั้นตอนที่กำหนด ตลอดจนทำการปรับแก้ไขในตำแหน่งที่เกิดปัญหาและจุดบกพร่องบนชิ้น จากนั้นตรวจสอบคุณภาพด้านขนาดและผิวงานก่อนทำการผลิตชิ้นงานจริง แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบผลก่อนทำการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงในแต่ละด้าน ดังนี้

3.1 ประสิทธิภาพการทำงานของแม่พิมพ์แผ่น แบบลงกสำหรับผลิตฝาครอบหมอน้ำ

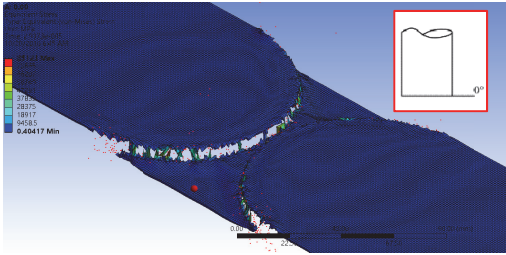
3.1.1 ผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์และ การวัดค่าพลังงาน

จากการศึกษามุมเอียงของพื้นที่หลังทำการ
ทดสอบ (Try Out) ของแม่พิมพ์แผ่นแบบลงกสำหรับ
ผลิตฝาครอบหมอน้ำ เพื่อเปรียบเทียบผลของค่าแรง
ตัดที่ใช้ในการทดสอบจริงและผลการจำลองสภาวะ
การตัดเฉือนด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยคำนวณหา
ค่าแรงพื้นที่จริงจากการเอียงพื้นที่ในแต่ละมุมได้ผล
การทดลองดังตารางที่ 3 และกราฟเปรียบเทียบแรง
ตัดจริงและแรงตัดจำลองของแต่ละมุมเอียงพื้นที่ดัง
ภาพที่ 5 พบว่าการศึกษามุมเอียงพื้นที่ที่ 0 1 และ 2
องศา หลังทำการปรับปรุง (ปรับแก้แม่พิมพ์) พบว่า
แรงตัดจริงมีค่าลดลงอย่างน้อย 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อ
องศาของพื้นที่เปลี่ยนไปจาก 0 องศา เป็น 1 องศา
แรงตัดที่ได้จากการจำลองมีค่าใกล้เคียงกับแรงตัดจริง
หรือมีค่าความผิดพลาด (Error) ค่อนข้างน้อยมาก
และขอบชิ้นงานมีความเรียบหรือมีคุณภาพผิวดีกว่า
มุมเอียงพื้นที่ 0 และ 2 องศา ที่มีคุณภาพผิวของรอย
ตัดเฉือนไม่ดีคือขอบชิ้นงานบิดงอและเกิดรอยเย็น
นั้นแสดงว่าค่าแรงตัดที่ใช้ในการตัดเฉือนชิ้นงานของ
แม่พิมพ์แผ่นแบบลงกส่งผลต่อคุณภาพชิ้นงาน ซึ่ง
แสดงผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ดังภาพที่ 6
พบว่าผลการจำลองลักษณะการบีบอัดชิ้นงานด้วย
การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์หลังทำการปรับแก้
แม่พิมพ์ในตำแหน่งของพื้นที่ให้มีมุมเอียง 1 องศา
และเปลี่ยนเครื่องปั๊มจากเดิมขนาด 100 ตัน เป็น

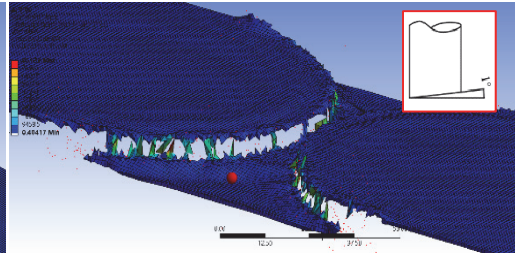
เครื่องปั๊มขนาด 80 ตัน พบว่ามีความเค้นเท่ากัน
(Equivalent stress) = 95,005 Mpa ขณะทำการ
บีบอัดชิ้นงาน มีค่าความเค้นต่ำสุด (Min von Mises
Stress) = 0.40417 MPa และค่าความเค้นสูงสุด
(Max von Mises Stress) = 85,123 MPa
เหมือนกันทั้ง 3 มุมเอียงพื้นที่ เนื่องจากมุมเอียงพื้นที่
ที่ถูกกำหนดเป็นปัจจัยสำหรับการทดสอบเป็นมุมที่
น้อยมาก จึงไม่ส่งผลต่อค่าแรงตัดเฉือนเนื้อวัสดุที่ถูก
วิเคราะห์จากโปรแกรมและมีลักษณะการฉีกขาดของ
ชิ้นงานขณะบีบอัดชิ้นงานของพื้นที่แต่ละมุมเอียงที่
เหมือนกัน [5] ซึ่งทำให้ชิ้นงานมีคุณภาพผิวขอบตัดที่
สามารถยอมรับได้ตามแบบที่กำหนด และไม่ทำให้
ชิ้นงานเกิดความเสียหายก่อนนำไปเข้าสู่กระบวนการ
ขึ้นรูปต่อไป



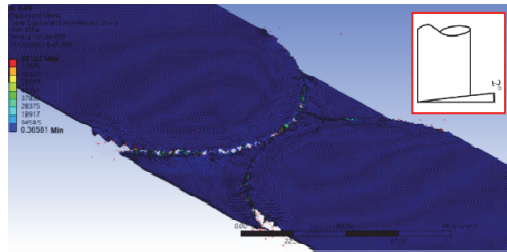
ภาพที่ 5 กราฟเปรียบเทียบแรงตัดจริงและแรงตัด
จำลองของแต่ละมุมเอียงพื้นที่



(ก) มุมเอียงพื้นซ์ 0 องศา

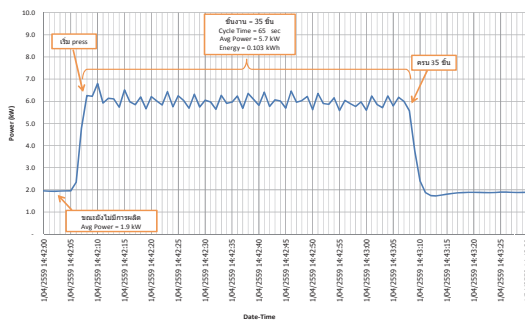


(ข) มุมเอียงพื้นซ์ 1 องศา

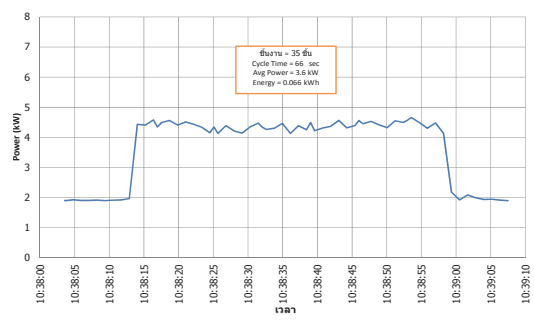


(ค) มุมเอียงพื้นซ์ 2 องศา

ภาพที่ 6 การจำลองการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบเอียงมุมพื้นซ์



(ก) ก่อนปรับปรุง



(ข) หลังปรับปรุง

ภาพที่ 7 กราฟการวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปั๊มขึ้นรูป

ตารางที่ 3 วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า

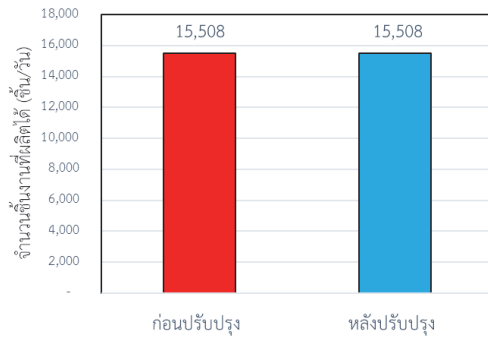
รายละเอียด		ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อรอบ (piece)		35	35
พลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย kW		5.7	3.6
เวลาที่ใช้ในการผลิต 1 round (sec)		65	66
น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ต่อรอบ (g)		2,423.75	2,423.75
พลังงานที่ใช้ kWh/ round		0.103	0.066
พลังงานที่ใช้ kWh/piece		0.00294	0.00189
น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ (g/piece)		69.25	69.25
SEC Avg.	(kWh/kg)	0.042	0.027
	(MJ/kg)	0.153	0.098

การวิเคราะห์และประเมินศักยภาพในการประหยัดพลังงานด้วยเทคโนโลยีแม่พิมพ์ประสิทธิภาพสูงโดยทำการวัดค่าปริมาณพลังงานที่ใช้ในหนึ่งชั่วโมงของเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตหารด้วยปริมาณผลผลิตในช่วงเวลาเดียวกันเปรียบเทียบกับระหว่างแม่พิมพ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตแบบเดิมกับแม่พิมพ์ทำการแก้ไข รวมถึงจะทำการประเมินเปรียบเทียบค่าพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ทั้งสองรูปแบบเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับกระบวนการผลิตด้วยเทคโนโลยีแม่พิมพ์โลหะแสดงผลการวิเคราะห์การวัดค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปั๊มดังกล่าวภาพที่ 7 และผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้างานที่ 3

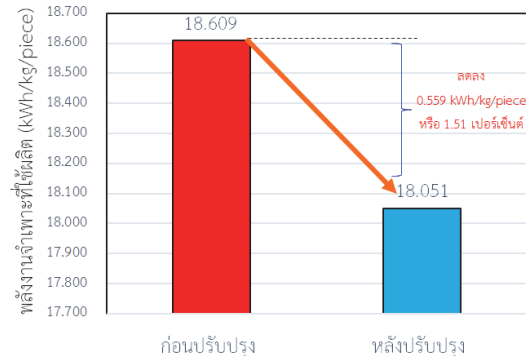
3.1.2 ปริมาณการผลิต

การศึกษาปริมาณชิ้นงานที่สามารถผลิตได้ของแม่พิมพ์แผ่นบลังกสำหรับผลิตฝาครอบหมอน้ำ

ก่อนทำการปรับปรุงแม่พิมพ์ฯ โดยใช้เครื่องปั๊มขนาด 100 ตัน เมื่อคิดเป็นชิ้น/นาที่ พบว่าปริมาณชิ้นงานเฉลี่ยที่ผลิตมีค่าเท่ากับ 32 ชิ้น/นาที่ และภายในระยะเวลา 1 วัน สามารถทำการผลิตชิ้นงานได้ไม่น้อยกว่า 15,508 ชิ้น/วัน (1 วัน ทำงาน 8 ชั่วโมง) เมื่อเปรียบเทียบจำนวนปริมาณชิ้นงานที่สามารถผลิตได้หลังทำการปรับปรุงแม่พิมพ์ฯ และเปลี่ยนเครื่องปั๊มเป็นขนาด 80 ตัน พบว่าปริมาณชิ้นงานเฉลี่ยที่ผลิตมีค่าเท่ากับ 32 ชิ้น/นาที่ และภายในระยะเวลา 1 วัน สามารถทำการผลิตชิ้นงานได้ 15,508 ชิ้น/วัน ดังกราฟภาพที่ 8 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าก่อนและหลังทำการปรับปรุงแม่พิมพ์ฯ เมื่อดำเนินการเปลี่ยนเครื่องปั๊มจาก 100 ตัน เป็น 80 ตัน สามารถทำการผลิตชิ้นงานได้ในปริมาณที่เท่ากัน เนื่องจากกระบวนการผลิตใช้พนักงานปฏิบัติงานและมีรอบการผลิตที่คงที่ จึงทำให้สามารถทำการผลิตชิ้นงานได้ในอัตราเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน และไม่พบของเสียในระหว่างทำการผลิตของแม่พิมพ์แผ่นบลังกสำหรับผลิตฝาครอบหมอน้ำ



ภาพที่ 8 กราฟเปรียบเทียบปริมาณชิ้นงานที่สามารถผลิตได้



ภาพที่ 9 กราฟเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานจำเพาะของแม่พิมพ์แผ่นบลังกสำหรับผลิตฝาครอบหมอน้ำ

3.1.3 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

การศึกษาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตแผ่นบลังกสำหรับผลิตฝาครอบหมอน้ำด้วยแม่พิมพ์แผ่นบลังกสำหรับผลิตฝาครอบหมอน้ำ หลังทำการปรับปรุงตำแหน่งของแม่พิมพ์ฯ ที่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานจากการลดแรงต้านในการตัด และเปลี่ยนเครื่องปั๊มจาก 100 ตัน เป็น 80 ตัน เพื่อลดการใช้พลังงานของเครื่องจักรและให้สามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ผลการตรวจวัดค่าการใช้พลังงานของเครื่องปั๊มขณะทำการตัดชิ้นงาน พบว่าก่อนปรับปรุงเครื่องจักรใช้พลังงานจำเพาะในการผลิตชิ้นงานมีค่า 18.609 kWh/gk/day และหลังทำการปรับปรุงเครื่องจักรใช้พลังงานจำเพาะลดลงในการผลิตชิ้นงานมีค่า 18.051 kWh/gk/day คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานที่มีค่าลดลง 1.51 เปอร์เซ็นต์ แสดงผลดังกราฟภาพที่ 9 ซึ่งมีผลเป็นไปตามประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (เพิ่มขึ้น) 1.51 เปอร์เซ็นต์

3.2 ประสิทธิภาพการทำงานของแม่พิมพ์ขึ้นรูปฝาครอบหมอน้ำ

3.2.1 ผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์และการวัดค่าพลังงาน

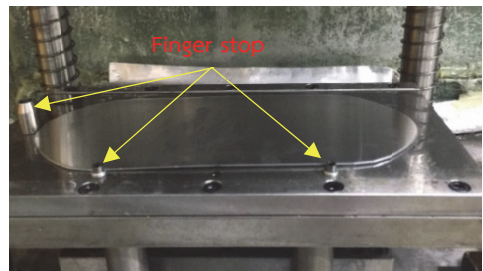
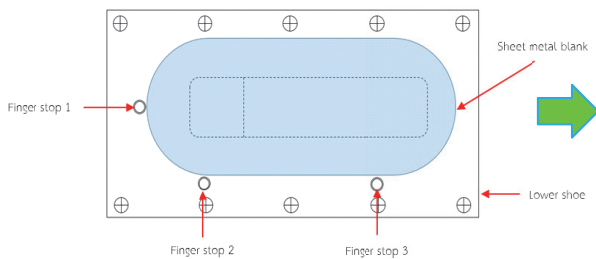
จากการวิเคราะห์การจำลองขึ้นรูปด้วยกระบวนการไฟไนต์เอลิเมนต์ของชิ้นงานที่ถูกขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ขึ้นรูปฝาครอบหมอน้ำที่ทำการติดตั้งตัวกำหนดตำแหน่ง (Finger stop) หรือตัวหยุด (Stopper) จำนวน 3 ตำแหน่งในส่วนของพื้นที่แสดงผลการจำลองการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ดังภาพที่ 10 พบว่าบริเวณส่วนโค้งด้านบนชิ้นงานพื้นผิวสีแดงซึ่งเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายหรือเกิดการฉีกขาดของเนื้อวัสดุ ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่ามีความเค้นต่ำสุด (Min von Mises Stress) = 1.298×10^2 N/m² และค่าความเค้นสูงสุด (Max von Mises Stress) = 2.935×10^8 N/m² และความเค้นคราก (Yield strength) = 5.515×10^7

ภาพที่ 11 แสดงผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์จากการจำลองการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยแม่พิมพ์

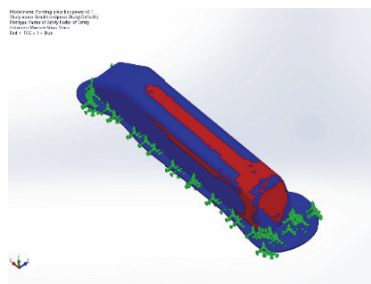
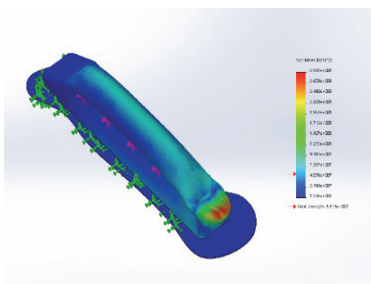
วิเคราะห์พบว่ามีความเค้นต่ำสุด (Min von Mises Stress) = $1.375e+006 \text{ N/m}^2$ และค่าความเค้นสูงสุด (Max von Mises Stress) = $2.526e+003 \text{ N/m}^2$ และความเค้นคราก (Yield strength) = $8.423e+005$ เนื่องจากบริเวณพื้นที่ถูกเหยียบจับชิ้นงานเกิดการไหลตัวของเนื้อวัสดุรอบชิ้นงานเท่ากัน จึงทำให้พื้นผิวของชิ้นงานบริเวณต่างๆ ไม่มีพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายหรือเกิดการฉีกขาดของเนื้อวัสดุโดยเฉพาะบริเวณส่วนโค้งด้านบนของชิ้นงาน [6] ผลการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการจำลองการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ของแม่พิมพ์ก่อน

ที่ติดตั้งตัวกำหนดตำแหน่ง (Finger stop) และติดตั้งแผ่นควบคุมรูปร่างชิ้นงาน (Profile blank) ผลการทำการปรับปรุงและหลังปรับปรุงมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เกิดจากลักษณะของแม่พิมพ์ที่เปลี่ยนไปและปัจจัยอื่นๆ จึงส่งผลกระทบต่อคุณภาพผิวของชิ้นงานตามมา

ภาพที่ 12 แสดงกราฟค่าการวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปั๊มขึ้นรูปเพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าและประเมินความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับกระบวนการผลิตด้วยเทคโนโลยีแม่พิมพ์โลหะและผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าดังตารางที่ 4



(ก) แบบและแม่พิมพ์ขึ้นรูปฝาคครอบหม้อน้ำ (ก่อนปรับปรุง)

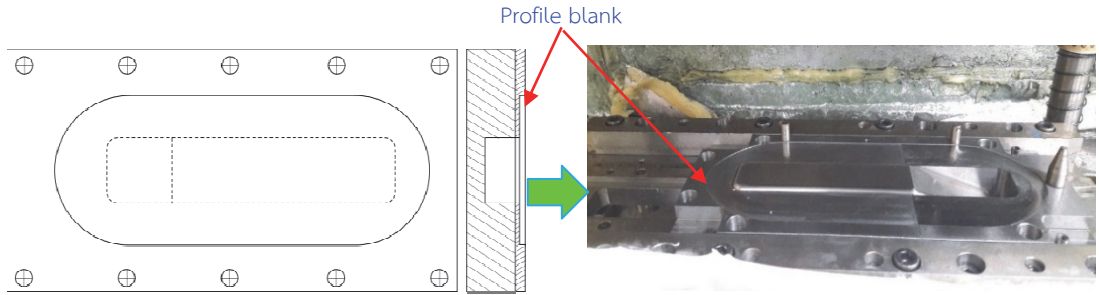


(ข) ผลวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

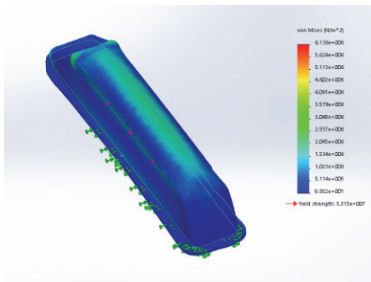
(ค) ลักษณะพื้นผิวการวิเคราะห์

(ง) ลักษณะผิวชิ้นงานจริง

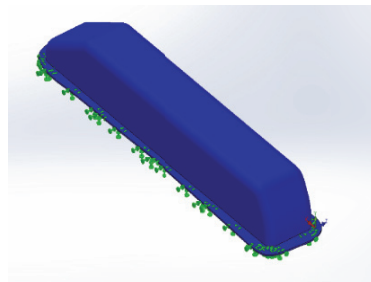
ภาพที่ 10 การจำลองการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบมีตัวกำหนดตำแหน่ง (Finger stop) จำนวน 3 ตัว



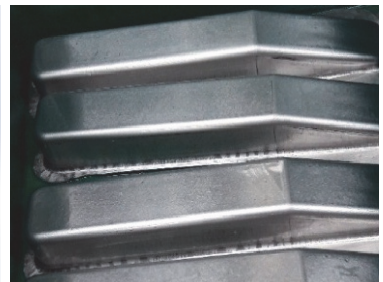
(ก) แบบและแม่พิมพ์ขึ้นรูปฝาครอบหม้อน้ำ (หลังปรับปรุง)



(ข) ผลวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

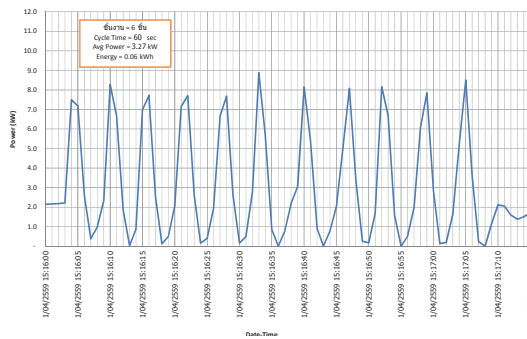


(ค) ลักษณะพื้นผิวการวิเคราะห์

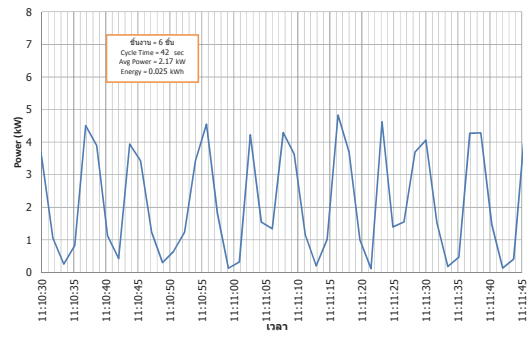


(ง) ลักษณะผิวชิ้นงานจริง

ภาพที่ 11 การจำลองการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบติดตั้งแผ่นควบคุมรูปร่างชิ้นงาน (Profile blank)



(ก) ก่อนปรับปรุง



(ข) หลังปรับปรุง

ภาพที่ 12 กราฟการวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปั๊มขึ้นรูป

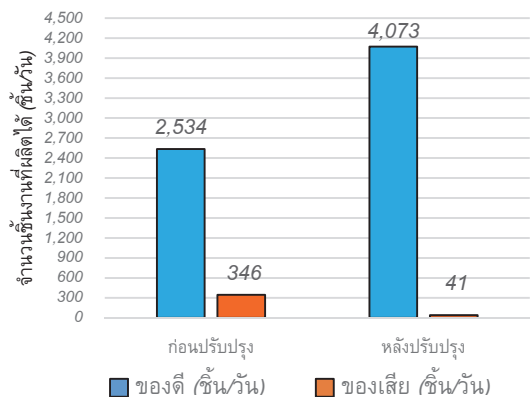
ตารางที่ 4 วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า

รายละเอียด		ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อรอบ (piece)		6	6
พลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย kW		3.27	2.17
เวลาที่ใช้ในการผลิต 1 round (sec)		60	42
น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ต่อรอบ (g)		69.25	69.25
พลังงานที่ใช้ kWh/round		0.06	0.025
พลังงานที่ใช้ kWh/piece		0.01	0.0042
น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ (g/piece)		69.25	69.25
SEC Avg.	(kWh/kg)	0.144	0.0606
	(MJ/kg)	0.52	0.2183

3.2.2 ปริมาณการผลิต

ปริมาณชิ้นงานที่สามารถผลิตได้ก่อนทำการปรับปรุงของแม่พิมพ์ขึ้นรูปฝาครอบหม้อน้ำ โดยใช้เครื่องปั๊มขนาด 100 ตัน เมื่อคิดเป็นชิ้น/นาที่ พบว่าปริมาณชิ้นงานเฉลี่ยที่ผลิตมีค่าเท่ากับ 6 ชิ้น/นาที่ และภายในระยะเวลา 1 วัน สามารถทำการผลิตชิ้นงานได้ 2,880 ชิ้น/วัน สามารถผลิตชิ้นงานที่เป็นของดีได้ 2,534 ชิ้น/วัน และมีของเสีย 346 ชิ้น/วัน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของดีต่อของเสีย 88:12 เปอร์เซ็นต์ หลังทำการปรับปรุงแม่พิมพ์ฯ ติดตั้งแผ่นควบคุมรูปร่างชิ้นงาน (Profile blank) ที่มีลักษณะรูปร่างเหมือนกับชิ้นงาน (Blank) เพื่อใช้สำหรับใส่ชิ้นงานก่อนดำเนินการปั๊มขึ้นรูป โดยแผ่นควบคุมรูปร่างชิ้นงาน (Profile blank) จะเป็นกรอบป้องกันการเคลื่อนของชิ้นงานขณะที่พื้นที่เคลื่อนที่ลงมาสัมผัสและเหยียบจับชิ้นงาน สามารถผลิตชิ้นงานได้มากขึ้นเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการผลิต 1 รอบ มีค่าลดลง และสามารถผลิตชิ้นงานที่เป็นของดีได้ 4,073 ชิ้น/วัน และมีของเสีย 41 ชิ้น/วัน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของดีต่อ

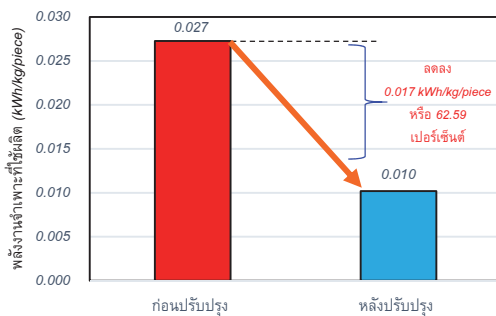
ของเสีย 99:1 เปอร์เซ็นต์ นั้นแสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นหลังทำการปรับปรุงแม่พิมพ์ฯ จึงไม่เกิดปัญหาที่ทำให้ชิ้นงานเกิดความเสียหายในระหว่างทำการผลิต [7] แสดงกราฟเปรียบเทียบปริมาณชิ้นงานที่สามารถผลิตได้ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 กราฟเปรียบเทียบปริมาณชิ้นงานที่สามารถผลิตได้ของแม่พิมพ์ขึ้นรูปฝาครอบหม้อน้ำ

3.2.3 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

ภาพที่ 14 กราฟเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานจำเพาะของแม่พิมพ์ขึ้นรูปฝาคกรอบหมอน้ำ ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง พบว่าก่อนปรับปรุง เครื่องจักรใช้พลังงานจำเพาะในการผลิตชิ้นงานมีค่า 0.027 kWh/gk/piece และหลังทำการปรับปรุง เครื่องจักรใช้พลังงานจำเพาะลดลงในการผลิตชิ้นงาน มีค่า 0.010 kWh/gk/piece คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การใช้พลังงานที่มีค่าลดลงเท่ากับ 62.59 เปอร์เซ็นต์ นั้น แสดงให้เห็นว่าการปรับแก้ตำแหน่งที่ส่งผลต่อคุณภาพชิ้นงานในกระบวนการตัดหรือขึ้นรูปชิ้นงาน และการเปลี่ยนขนาดของเครื่องจักรสามารถลดการใช้พลังงานได้อย่างเห็นได้ชัด อีกทั้งเครื่องจักรยังสามารถทำงานได้เต็มสมรรถนะและใช้พลังงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต [8]



ลงสำหรับผลิตฝาคกรอบหมอน้ำ สามารถลดแรงตึงจริงได้น้อย 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าความผิดพลาด (Error) น้อยที่สุด และใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

4.2 แม่พิมพ์ขึ้นรูปฝาคกรอบหมอน้ำเมื่อมีตัวกำหนดตำแหน่ง (Finger stop) และติดตั้งแผ่นควบคุมรูปร่างชิ้นงาน (Profile blank) มีค่าความเค้นสูงสุด (Max von Mises Stress) = $2.526e+003 \text{ N/m}^2$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าแม่พิมพ์ก่อนทำการปรับปรุง

4.3 ปริมาณชิ้นงานที่สามารถผลิตได้ของแม่พิมพ์แผ่นแบบลงสำหรับผลิตฝาคกรอบหมอน้ำก่อนและหลังปรับปรุงสามารถทำการผลิตชิ้นงานได้ 15,508 ชิ้น/วัน และปริมาณชิ้นงานที่สามารถผลิตได้ของแม่พิมพ์ขึ้นรูปฝาคกรอบหมอน้ำหลังปรับปรุงมีเปอร์เซ็นต์ของดีต่อของเสีย 99:1 เปอร์เซ็นต์

4.4 พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตชิ้นงานด้วยแม่พิมพ์แผ่นแบบลงสำหรับผลิตฝาคกรอบหมอน้ำหลังทำการปรับปรุงมีค่าการใช้พลังงานจำเพาะลดลง 1.51 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าการใช้พลังงานจำเพาะของแม่พิมพ์ขึ้นรูปฝาคกรอบหมอน้ำหลังทำการปรับปรุงมีค่าลดลงเท่ากับ 62.59 เปอร์เซ็นต์

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Sanya Kumjing, Yapinit Vachirasurong and Papon Somphasong. A Study the Ability to Deep Drawing Process a Square Cup by Finite Element Method. Thaksin University Journal 16 No.3 (2013); 92-101.
- [2] S.H. Zhang, K.B. Nielsen, J. Danckert, D.C. Kang, L.H. Lang. Finite element analysis of the hydromechanical deep-drawing process of tapered rectangular boxes. Journal of Materials Processing Technology 102 (2000); 1-8.
- [3] A. Rajabi, M. Kadkhodayan, M. Manoochehri and R. Farjadfar. Deep-drawing of thermoplastic metal-composite structures: Experimental investigations, statistical analyses and

- finite element modeling. Journal of Materials Processing Technology 215 (2015); 159–170.
- [4] Huseyin Selcuk Halkaci, Mevlut Turkoz and Murat Dilmeç. Enhancing formability in hydromechanical deep drawing process adding a shallow drawbead to the blank holder. Journal of Materials Processing Technology 214 (2014); 1638–1646.
- [5] Amit Jaisingh, K. Narasimhan, P.P. Date, S.K. Maiti and U.P. Singh. Sensitivity analysis of a deep drawing process for miniaturized products”. Journal of Materials Processing Technology 147 (2004); 321–327.
- [6] Maitri Kamonrattapisut and Surangsee Dechjarern. Sheet Metal Forming Process Optimization Using FEM Analysis”. The 21th Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand (2007); 970-975.
- [7] Recep Yenitepe. Experimental investigation and optimization of control factors for the formability of al 1050 sheet conducted by a prototype computer aided hydraulic press. International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST), Vol.7 No.1 (2015); 21-31.
- [8] A. Chennakesava Reddy. Influence of interphase on tensile behavior of strain hardened AA1100/AlN nanocomposites using RVE models and experimental validation. International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST), Vol.7 No.1 Jan (2015); 239-250.