

การลดค่าใช้จ่ายรวมที่เกี่ยวข้องกับข้อบกพร่องประเภทครีปในกระบวนการขึ้นรูป ฝาครอบถังน้ำมัน

Reduction of Total Cost Related to Burrs in Metal Sheet Forming Process of Oil Pan

ณัฐชนันท์ ชูสมบัติ* และ นภัสสงศ์ โอสธสิลป์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุงเทพมหานคร 10332

E-mail: ch.nutchanun@hotmail.com*

Nutchanun Choosombut* and Napassavong Osothsilp

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University,

Bangkok, 10332, Email: Ch.nutchanun@hotmail.com*

Received 7 Apr 2021; Revised 12 May 2021

Accepted 28 Jun 2021; Available online 29 Jun 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดสัดส่วนของเสียและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการแก้ไขชิ้นงานจากข้อบกพร่องประเภทครีป ในกระบวนการขึ้นรูปโลหะแบบแผ่น เพื่อเป็นชิ้นส่วนในการประกอบถังน้ำมัน โดยการดำเนินงานได้ใช้หลักการซิกซ์ ซิกมาในการปรับปรุงกระบวนการ โดยมีเป้าหมายที่จะลดสัดส่วนของเสียให้เหลือร้อยละ 3 ของปริมาณการผลิตปัจจุบัน ผู้วิจัยได้ศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทครีป ได้แก่ ลักษณะของระนาบ แรงกำหนดของเครื่องบีบตัดเจาะ และอายุการใช้งานแท่งตัด และได้ปรับปรุง โดยจัดทำระนาบพื้นที่ใหม่โดยการเจียรระนาบพื้นที่ให้เรียบก่อนการบีบเจาะชิ้นงาน เนื่องจากเดิมเมื่อบีบระนาบชิ้นงานพบว่าชิ้นงานไม่เรียบทำให้เกิดช่องว่างขึ้นซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดครีปสูง ต่อมาจึงปรับปรุงเครื่องแรงกำหนดที่เหมาะสมสำหรับช่วงสโตรกการทำงานต่างๆ โดยใช้แรงกำหนด 150 ตัน ในสโตรกที่ 1 - 13,000 แล้วจึงเปลี่ยนแรงกำหนดเป็น 220 ตัน ตั้งแต่สโตรกที่ 13,001 - 23,000 แล้วจึงเจียรระนาบแท่งตัดและตายตัดเพื่อเริ่มนับสโตรกใหม่ หลังการปรับปรุงพบว่า สามารถลดสัดส่วนของเสียเหลือร้อยละ 1.13 ของปริมาณการผลิตปัจจุบัน ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายรวมที่เกี่ยวข้องกับข้อบกพร่องประเภทครีปลงได้ 91,735 บาทต่อการผลิต 4 เดือน

คำหลัก: กระบวนการขึ้นรูปโลหะแบบแผ่น, ข้อบกพร่องประเภทครีป, ซิกซ์ซิกมา

Abstract

The objective of this research is to reduce defective rate and total expense in reworking burr defect in metal sheet forming process of oil pan. This research applied the Six Sigma approach with the aim to reduce the defective rate to 3 percent of current production volume. This research studied the factors causing burrs, which were the suitable horizontal plane distance, nominal force of pressing machine and tool life of punch and die. The improvement was to adjust original punch plane by smoothing the punch surface before punching the workpiece. Originally, when pumping the workpiece plane, it was found that the workpiece was uneven, resulting in a gap which caused high burrs. Subsequently, the optimum nominal force of pressing machine was adjusted. The adjustment was to applying 150 tons of force for strokes 1 - 13,000 and then changing the force to 220 tons for strokes 13,001 - 23,000. After 23,000th stroke, then the punch and the die were polished and start counting strokes for the new cycle. After improvement it was found that the defective rate was reduced to 1.13 percent of the current production volume, resulting in a reduction in total cost related to burrs of 91,735 baht per 4 months.

Keywords: Metal Sheet Forming Process, Defect from Burr, Six Sigma

1. บทนำ

ในสภาวะเศรษฐกิจชะลอตัว โรงงานกรณีศึกษาจึงพิจารณาจัดการกับค่าใช้จ่ายสิ้นเปลืองโดยเล็งเห็นถึงสัดส่วนของเสียที่สูงส่งผลต่อการมีค่าใช้จ่ายในการแก้ไขชิ้นงานในกระบวนการผลิตเกิดขึ้น จากการตรวจสอบข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในสายการผลิต จะพบว่ามูลค่าของเสียสูงที่เกิดขึ้นจะตรวจพบในกระบวนการหลังการชุบสี ซึ่งสาเหตุการเกิดข้อบกพร่องเกิดตั้งแต่กระบวนการการขึ้นรูปโลหะ ผู้ศึกษาจึงเลือกศึกษาในสายการผลิตการขึ้นรูปโลหะโดยวิธีการปั๊ม หรือกระแทก โดยพบจำนวนของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทครีบกมากที่สุดเป็นอันดับที่ 1 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 90.8 ของจำนวนของเสียทั้งหมด จากการวิเคราะห์พบว่าหากมีการปั๊มอย่างต่อเนื่องระยะเวลาหนึ่งจะทำให้แท่งตัดเกิดการสึกหรอส่งผลต่อช่องว่างระหว่างพินซ์และแผ่นตาย กล่าวคือขอบคมตัดของแท่งตัดจะเกิดลักษณะการตัดเฉือนที่ไม่สมบูรณ์จนทำให้แรงกำหนดที่ใช้ในการตัดไม่สมดุลตลอดแนวเส้นรอบรูปขอบคมตัด อีกทั้งการวางชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่งในแม่พิมพ์จะทำให้เกิดช่องว่างระหว่างแม่พิมพ์และตัวชิ้นงานและเกิดการสึกหรอของแท่งตัดซึ่งมีผลต่อความสูงครีบกในชิ้นงานเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้มีค่าใช้จ่ายเกิดจากการแก้ไขชิ้นงานจาก

1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อลดสัดส่วนของเสียและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการแก้ไขชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่องประเภทครีบกในกระบวนการขึ้นรูปโลหะแบบแผ่นเพื่อเป็นชิ้นส่วนของถังน้ำมัน

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในสื่อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำให้เกิดครีบก

2.1 กระบวนการปั๊มขึ้นรูปโลหะแบบแผ่น [1]

กรรมวิธีที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานนี้ มีกรรมวิธี คือ การลากขึ้นรูป และการตัดขอบ และการปั๊มเจาะรู

การลากขึ้นรูปเป็นการลากขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยพินซ์เข้าไปในโพรงของตายโดยปราศจากการยึดของแผ่นโลหะ การตัดขอบเป็นการทำงานคล้ายการปั๊มเจาะเพื่อตัดโลหะส่วนเกินออก การปั๊มเจาะรูจะตัดแผ่นโลหะให้เป็นรูตามตำแหน่งที่ต้องการ

2.2 คุณสมบัติทางกลของแผ่นโลหะ [2]

การวิจัยนี้ศึกษาเหล็กกล้าคาร์บอนรีดเย็นชนิด SPCC เกรด Standard Temper ซึ่งเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำมีสัดส่วนสูงสุดเท่ากับร้อยละ 0.12 และมีความเค้นดึงสูงสุดเท่ากับ 420 N/mm²

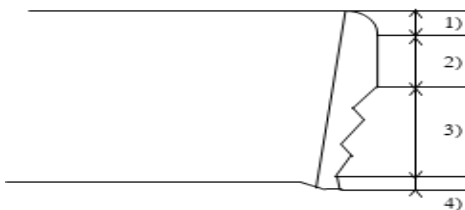
2.3 องค์ประกอบในการขึ้นรูปโลหะ [3]

การทำงานและการผลิตชิ้นงานด้วยกระบวนการปั๊มโลหะ เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ มีองค์ประกอบดังนี้

- 1) กลไกการเปลี่ยนรูปถาวรของวัสดุและการไหลตัว สภาวะความเค้นที่เกิดขึ้นในบริเวณต่างๆ เพื่อวางแผนการออกแบบแม่พิมพ์ให้มีประสิทธิภาพ
- 2) บริเวณผิวสัมผัสระหว่างชิ้นงานและแม่พิมพ์ เป็นบริเวณที่เกิดความเสียหายที่ด้านการไหลตัวของวัสดุ ส่งผลถึงการสึกหรบบริเวณแท่งตัดที่ผิวแม่พิมพ์ภายใต้สภาวะการปั๊มโลหะ
- 3) แม่พิมพ์ มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานในการขึ้นรูป ในการออกแบบควรออกแบบให้เหมาะสม โดยคำนึงถึงความถี่ในการซ่อมบำรุง ขั้นตอนในการขึ้นรูป การจัดวางชิ้นงานบนแม่พิมพ์ แรงกำหนดที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับชิ้นส่วนของแม่พิมพ์
- 4) เครื่องปั๊มชิ้นงาน เลือกใช้เครื่องปั๊มและกำหนดแรงกำหนดที่ใช้ให้เหมาะสม เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการตัดเฉือนไม่สมบูรณ์ในกรณีการใช้แรงกำหนดที่ไม่เพียงพอ และส่งผลกระทบต่อตัวแท่งตัดในกรณีที่ใช้แรงกำหนดที่มากเกินไป
- 5) กลไกในการนำส่วนที่ไม่ต้องการหรือทิ้งเศษที่เหลือจากการทำงานออกจากเครื่องปั๊ม ระบบการพ่นหรือฉีดสารหล่อลื่น จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ช่วยอื่นๆ เพื่อไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับชิ้นส่วนของแม่พิมพ์

2.4 ลักษณะคุณภาพของขอบตัดชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการตัดเฉือนและกลไกการเกิดครีป

กระบวนการตัดเฉือน เป็นกระบวนการตัดชิ้นงานให้ได้ตามรูปแบบที่ต้องการ โดยอาศัยเครื่องมือคือ แท่งตัด หรือพินซ์ และตายตัด โดยขอบตัดชิ้นงานประกอบด้วย 4 ส่วน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะของขอบตัดชิ้นงาน

- 1) ส่วนที่เกิดโค้งมน จะเกิดขึ้นเมื่อแท่งพินซ์กดชิ้นงานให้ไหลตัวลงไปในช่องว่างของพินซ์และตาย ชิ้นงานจะถูกดึงในช่วงแรกของการตัด
- 2) ส่วนหน้าตัดเฉือนหรือส่วนเรียบ เป็นส่วนที่เกิดขึ้นหลังจากแท่งพินซ์ถูกกดจนลึกลงไปในเนื้อของโลหะระยะหนึ่งแล้วเกิดการตัดเฉือนชิ้นงานในแนวตั้ง
- 3) ส่วนที่เกิดรอยแตก เป็นส่วนที่เกิดขึ้นหลังจากมีการตัดเฉือนของพินซ์บนแผ่นชิ้นงาน แรงที่ใช้งานแท่งพินซ์จะทำให้เกิดความเค้นดึงสูงกว่าความแข็งแรงสูงสุดของโลหะนั้นจึงทำให้เกิดการแตกขึ้น
- 4) ส่วนที่เกิดรอยขรุขระหรือครีป โดยทั่วไปเมื่อใช้แท่งตัดและแผ่นตายตัดเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ขอบคมตัดที่แท่งพินซ์และแท่งตายที่ใกล้ขณะการสึกหรบด้านข้างเนื่องจากได้ความเค้นดึงเป็นระยะเวลานาน ถ้าขอบคมตัดที่คมมากจะเกิดรอยครีปสูง ซึ่งตำแหน่งเริ่มเกิดจะเกิดรอยแตก และจะออกห่างจากคมตัดมากขึ้น ส่งผลทำให้ครีปใหญ่ขึ้น

Schey, J.A [4] กล่าวว่า ความสูงของครีปที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานที่ได้จากช่วงแรกของการตัดเป็นผลมาจากค่าช่องว่างคมตัด ซึ่งครีปเกิดขึ้นสูงกับชิ้นงานที่ได้จากชุดแม่พิมพ์ที่มีช่องว่างคมตัดมาก แต่เมื่อจำนวนการตัดเพิ่มสูงขึ้นทำให้คมตัดของพินซ์และตายเกิดการสึกหรบคมตัดพินซ์เปลี่ยนเป็นรัศมีทำให้การตัดเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้ค่าความสูงของครีปเพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่สูง ซึ่งในช่วงนี้อธิบายของลักษณะคมตัดมีผลต่อการเกิดครีปมากกว่าช่องว่างของคมตัดแม่พิมพ์

2.5 การออกแบบการทดลองแบบ One Factor at a Time: OFAT [5]

เป็นการทดลองที่ทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยที่ละ 1 ปัจจัย โดยในการทดสอบแต่ละครั้งจะมีการกำหนดค่าระดับของปัจจัยที่ต้องการศึกษาตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไป และคงค่าของปัจจัยอื่น ๆ ที่สนใจศึกษาพร้อมกันไว้ที่ค่าๆ หนึ่งใน การทดลอง ดังนั้นจะสามารถสรุปผลได้เพียงทีละปัจจัย แต่ไม่สามารถสรุปผลของปัจจัยอื่น ๆ ที่ถูกคงค่าไว้ได้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของชมพูนุท เต็มสายทอง [6] มีวัตถุประสงค์เพื่อลดสัดส่วนของเสียและมูลค่าความ

สูญเสียในกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นสำหรับโครงหลังคาหลังคากระเบื้อง ที่เกิดจากการแก้ไขชิ้นงานจากข้อบกพร่องครีบก้นและขนาดไม่ตรงตามพิมพ์เขียว บัจฉัยที่เกี่ยวข้องกับการตั้งค่า 3 บัจฉัย คือ แรงกำหนดที่ไม่เหมาะสม ความเร็วในการขึ้นรูปไม่เหมาะสม และแรงดันลมคุชชั่นไม่เหมาะสม โดยระดับที่เหมาะสมระหว่างข้อบกพร่องทั้ง 2 ประเภทสวนทางกันจึงจัดทำ การหาทางเลือกที่เหมาะสมด้วยการใช้ตัวแปรตอบสนองเป็นต้นทุนของเสียรวม

งานวิจัยของปกรณัม วิริยะกอบบุญ [7] มีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่ายรวมต่อหน่วยการผลิตที่เกี่ยวข้องกับข้อบกพร่องประเภทความไม่สมบูรณ์ของการกดและรอยจากการบีบที่บัพที่เกิดจากกระบวนการตัดเฉือนของแผ่นรองเครื่องเล่นซีดี โดยได้ศึกษาผลกระทบของ 6 บัจฉัย คือ แรงกำหนดของเครื่องบีบ ความแข็งของยางยูรีเทน ระยะห่างระหว่างขอบชิ้นงานและขอบแผ่นเหล็ก อายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นตายตัด อายุการใช้งานของยางยูรีเทนและ ความเร็วในการตัดเฉือน ผลจากการทดลองพบว่าควรใช้อายุการใช้งานของแท่งตัดและแผ่นตายตัด อายุการใช้งานของยูรีเทนและความเร็วในการตัดเฉือนที่ค่า 30,000 สโตรกและ 15 สโตรกต่อนาที ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 486,000 บาทต่อปี

เฉลิมพล คล้ายนิล, จิณกมล ลุยจันทร์ และ พงศกร หลีตระกูล [8] ได้ศึกษาอิทธิพลของระยะช่องว่างคมตัดที่มีผลต่อพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ ที่ค่าระยะช่องว่างคมตัดแตกต่างกัน 4 ระดับคือ 7%, 10%, 13% และ 16% ของความหนาชิ้นงานโดยตัดชิ้นงานเป็นรูปแผ่นกลม จากนั้นตรวจวัดผลการสึกหรอด้านข้างและด้านหน้า ซึ่งน้ำหนักของพันธ์

ที่เปลี่ยนแปลงไป และศึกษาคุณภาพขอบตัดชิ้นงาน พบว่า ระยะช่องว่างคมตัดระหว่างพันธ์และตายมีอิทธิพลต่อการสึกหรอที่เกิดขึ้นในแม่พิมพ์ การสึกหรอเกิดขึ้นสูงที่สุดกับแม่พิมพ์ที่มีช่องว่างคมตัดน้อย เกิดการเสียดสีระหว่างพันธ์และตาย ทำให้คมตัดของพันธ์เปลี่ยนรูป โดยการสึกหรอที่เกิดขึ้นบริเวณด้านข้างของคมตัดมากกว่าด้านหน้าคมตัดพันธ์ การสึกหรอของพันธ์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของขอบตัดชิ้นงาน คือ

ส่งผลให้ส่วนโค้งมนเพิ่มขึ้น ส่วนของรอยตัดเฉือนหรือส่วนเรียบตรงน้อยลง ระยะการฉีกขาดเพิ่มขึ้น และครีบก้นจะมีขนาดเพิ่มสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักของพันธ์ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณการสึกหรอของแม่พิมพ์

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาได้ถูกพิจารณาเพื่อเป็นองค์ความรู้เพิ่มเติม ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการทดลองและบัจฉัยที่มีผลต่อเรื่องครีบก้น อีกทั้งเป็นแนวทางในการแก้ไขและพัฒนางานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการการบีบขึ้นรูปโลหะโดยพิจารณาแนวทางในการลดต้นทุนและสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิต

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยได้ศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ แผนกสายการผลิตชิ้นส่วนขนาดเล็ก โดยงานวิจัยได้ดำเนินงาน แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 การกำหนดปัญหา

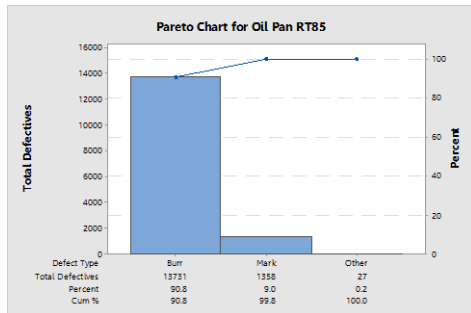
การสำรวจของเสียแยกตามประเภทข้อบกพร่องของฝาครอบถังน้ำมัน ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงสิงหาคม ปี 2562 มีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ของเสียของฝาครอบถังน้ำมันระหว่างเดือนม.ค.-ส.ค. 62

ประเภทของเสีย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	รวม (ชิ้น)
จำนวนเฉลี่ย (ชิ้น)	15,000	18,967	15,000	16,000	22,000	10,409	10,027	14,995	122,398
จำนวนของเสีย (ชิ้น)	1,921	2,033	1,919	1,930	2,776	1,302	1,304	1,931	15,116
จำนวนของเสียแยกตามประเภทข้อบกพร่อง (ชิ้น)									รวม (ชิ้น)
1. ครีบ	1,749	1,828	1,755	1,761	2,495	1,198	1,190	1,755	13,731
2. รอย	165	201	162	168	276	102	110	174	1,358
3. ผิดรูป	4	3	2	1	4	2	4	1	21
4. บวม	3	0	0	0	1	0	0	1	5
5. แฉก	0	1	0	0	0	0	0	0	1
ค่าใช้เงินในการแก้ไข (บาท)					สัดส่วนจำนวนของเสียแยกตามประเภทข้อบกพร่อง				
ครีบ	รอย	ผิดรูป	บวม	แตก	ครีบ	รอย	อื่นๆ	คือ ผิดรูป, บวม และแตก	
185,368	19,891	1,130	258.67	53.46	90.8	9.0		0.2	

จากตารางที่ 1 และรูปที่ 2 พบว่ามีจำนวนของเสียร้อยละ 12.35 จากปริมาณการผลิตทั้งหมด โดยเกิดจากข้อบกพร่องประเภทครีบ (burr) มากที่สุดเป็นอันดับที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 90.8 จากจำนวนของเสียทั้งหมด มีของเสียจำนวน 13,731 ชิ้นหรือคิดเป็นค่าใช้จ่ายเท่ากับ 185,368 บาทในระยะเวลา 8 เดือน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือก

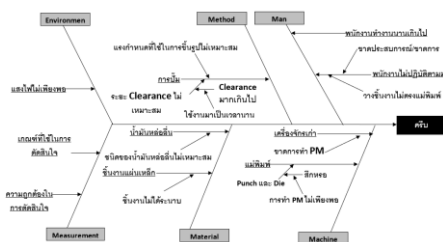
ปรับปรุงกระบวนการในเรื่องข้อบกพร่องประเภทครีบก้น เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตซึ่งส่งผลต่อค่าใช้จ่ายรวมต่อหน่วยการผลิต



รูปที่ 2 แผนผังพาเรโตแสดงจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตฝาครอบถังน้ำมัน

3.2 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

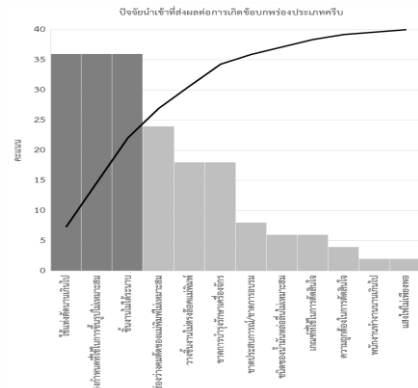
ขั้นตอนการดำเนินการ เริ่มต้นจากการศึกษาขั้นตอนและกระบวนการทำงานของเครื่องจักร จากนั้นระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุและปัจจัยนำเข้าที่จะมีผลต่อการเกิดข้อบกพร่อง โดยอาศัยแผนผังแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล โดยแบ่งแยกหมวดหมู่ไว้ ประกอบด้วย Man, Machine, Material, Method, Environment และ Measurement เพื่อช่วยให้การระดมสมองมีความครอบคลุมสาเหตุของปัญหา ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภูมิแก๊งปลาของข้อบกพร่องประเภทครีบก้นและรอย

จากรูปที่ 3 พบว่า มี 12 ปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดครีบก้น ผู้วิจัยได้จัดลำดับความสำคัญของปัจจัยนำเข้าที่ได้รวบรวมมาเพื่อคัดเลือกปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลกระทบสูงต่อการเกิดข้อบกพร่องไปศึกษาต่อ โดยใช้เกณฑ์การให้

คะแนนความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรตอบสนอง เพื่อให้สามารถเข้าใจได้ง่ายจึงสรุปการให้คะแนนความสัมพันธ์ในรูปแบบกราฟ เพื่อการจัดลำดับความสำคัญและให้เห็นถึงความสำคัญของแต่ละปัจจัยดังแสดงในรูปที่ 4

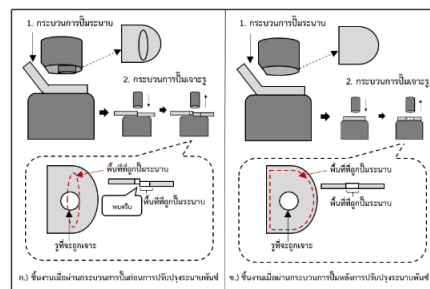


รูปที่ 4 กราฟแสดงคะแนนปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลกระทบต่อกรเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบก้น

จากรูปที่ 4 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกรเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบก้น ที่มีคะแนนสูงอย่างชัดเจน มี 3 ปัจจัย ได้แก่ ชิ้นงานไม่ได้นาบบ, การใช้แท่งตีดานเกินไป และแรงกำหนดที่ใช้ในการขึ้นรูปไม่เหมาะสม

3.2.1 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกรเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบก้น

1) ชิ้นงานไม่ได้นาบบ ก่อนกระบวนการบ่มเจาะรูที่เป็นสถานที่งานที่พบครีบก้น จะต้องผ่านกระบวนการบ่มระนาบเพื่อให้ได้พื้นที่หน้าตัดเรียบตามที่ต้องการ การทำงานปัจจุบันพบว่า ชิ้นงานนั้นไม่ได้นาบบ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ชิ้นงานผ่านกระบวนการบ่มระนาบ

ชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการบ่มระนาบก่อนการปรับปรุง พื้นที่ของชิ้นงานจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนอย่างชัดเจน คือ พื้นที่ส่วนสูง (ไม่โดนบีมทับ) และพื้นที่ส่วนต่ำ (โดนบีมทับ) เมื่อชิ้นงานผ่านกระบวนการบ่มระนาบ จะถูกนำไปบ่มเจาะรู พื้นที่ส่วนของชิ้นงานที่ไม่ถูกบ่มระนาบเป็นชิ้นงานที่ไม่แนบสนิทกับฐานรองชิ้นงานและพื้นที่ที่ถูกบ่มระนาบเป็นชิ้นงานที่แนบสนิทกับฐานรองชิ้นงานจะถูกบีมเจาะรูพร้อมกัน ทำให้ส่วนของชิ้นงานที่ไม่ถูกบ่มระนาบที่อยู่ตำแหน่งที่สูงกว่าจะถูกกดและเบียดออกบริเวณด้านล่าง เนื่องจากมีช่องว่างระหว่างชิ้นงานและฐานรองชิ้นงาน ส่งผลต่อการเกิดครีบริเวณขอบรูตรงตำแหน่งช่องว่าง ดังแสดงในรูป 5 ก.)

นอกจากนั้นการวางชิ้นงานไม่แนบสนิทกับฐานรองชิ้นงาน ยังส่งผลต่อตัวแท่งตัดทำให้เกิดการสึกหรอตามแนวยาวบริเวณด้านข้างของพันธ์ เนื่องจากในการตัดเฉือนขอบของพันธ์และชิ้นงานจะเกิดการเสียดสีกันในการกดทับรอบแรก จากนั้นจะเกิดการเสียดสีกันอีกครั้งในการดึงตัวกลับของพันธ์ ซึ่งในการวางชิ้นงานไม่แนบสนิทกับฐานรองชิ้นงานนี้ทำให้ระยะในการตัดเฉือนมากขึ้น ส่งผลให้การสึกหรอของพันธ์มากขึ้น จึงจำเป็นต้องซ่อมบำรุงแท่งตัดก่อนเวลา ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงโดยนำพันธ์ไปเจียรในราบทำให้พื้นที่หน้าตัดของพันธ์ราบเรียบ ดังรูป 5 ข.) เพื่อให้พื้นที่บนชิ้นงานส่วนที่ถูกบีมทับเรียบก่อนถูกนำไปเจาะรู

2) การใช้แท่งตัดนานเกินไป สายการผลิตมีแม่พิมพ์จำนวนมากและตัวแม่พิมพ์ที่ขึ้นรูปกระบวนการนี้จำเป็นต้องขึ้นรูปอยู่บ่อยครั้ง ซึ่งบางครั้งไม่สามารถย้ายไปบำรุงรักษาได้ตามช่วงสโตรกที่กำหนด จึงจำเป็นต้องใช้แท่งตัดเป็นเวลานาน อายุการใช้งานของแท่งตัดที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อขนาดช่องว่างของพันธ์และคายกว้างมากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ความสูงครีบริเวณที่เกิดขึ้นบางครั้งทำการบีมชิ้นงานยังไม่ครบตามช่วงสโตรกที่กำหนดก็เกิดการพบครีบริเวณสูงหน้างานจึงจำเป็นต้องหยุดชิ้นงาน โดยทางโรงงานกำหนดช่วงสโตรกก่อนนำไปบำรุงรักษา คือ 15,000 สโตรก

3) แรงกำหนดที่ใช้ในการขึ้นรูปไม่เหมาะสม สายการผลิตกำหนดแรงกำหนดในการขึ้นรูปชิ้นงานนี้ว่าต้องไม่ใช้แรงกำหนดที่ต่ำกว่า 150 ตัน ในการขึ้นรูป

ชิ้นงานชนิดนี้ แต่จากการสังเกตหน้างานพบว่า การใช้แรงกำหนดที่ 150 ตันในการขึ้นรูปชิ้นงานนี้อาจจะไม่เพียงพอซึ่งส่งผลต่อการเกิดครีบริเวณในชิ้นงาน เมื่อมีการใช้แท่งตัดเป็นเวลานานทำให้ขอบคมตัดของแท่งตัดเกิดลักษณะการตัดเฉือนที่ไม่สมบูรณ์ จนทำให้แรงกำหนดที่ใช้ในการตัดไม่สมดุลตลอดแนวเส้นรอบรูปขอบคมตัด กล่าวคือ เกิดการตัดเพียงบางส่วนจึงทำให้เกิดแรงกระทำด้านข้างคมตัดและผิวด้านหน้าของคมตัด อันเนื่องมาจากการกระทำกลับไปกลับมาจากการบีมชิ้นงานจะเกิดความเค้นสลับไปสลับมาเป็นจำนวนหลายหมื่นครั้ง ทำให้เกิดความล้าของผิวชั้นที่ตัวแท่งตัดโดยมีผลชัดเจนเมื่อมีการตัดชิ้นงานจำนวนมาก โดยถ้าใช้แรงกำหนดคงที่ในขณะที่ขอบคมตัดเกิดการสึกหรออาจไม่เพียงพอที่จะทำให้ชิ้นงานหลุดออกอย่างสมบูรณ์โดยไม่เกิดครีบริเวณได้

การสึกหรอของพันธ์ทำให้การตัดยากขึ้น ทำให้ต้องใช้แรงในการตัดสูงขึ้น และจากการศึกษาหน้างานในการบีมเจาะรูไม่พบส่วนของชิ้นงานที่มีการกระเด็นตัวกลับหรือการเชื่อมแบบเย็นตัว ซึ่งการกระเด็นตัวกลับจะเกิดจากกรณีที่ใช้แรงกำหนดสูงเกินไป ดังนั้นจึงสามารถเพิ่มแรงกำหนดให้แก่กระบวนการนี้ได้

3.3 การปรับปรุงกระบวนการ

1) การปรับปรุงโดยการปรับระนาบของพันธ์ให้เรียบ

การทำงานปัจจุบันไม่เคยตรวจวัดเรื่องระนาบของชิ้นงานเพียงแต่พยายามจะปรับแก้ไขที่ตัวเครื่องบีมเท่านั้น โดยเมื่อทำการทดลองเบื้องต้น พบว่าปัจจัยนำเข้านี้ส่งผลกระทบต่อการทำให้เกิดครีบริเวณ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลอง โดยนำชิ้นงานที่มีระนาบเรียบไม่ผ่านกระบวนการใดๆ และมีคุณสมบัติเดียวกัน ทำการทดลอง บีม เจาะรู ที่ช่วงสโตรกใกล้เคียงกัน สภาพแวดล้อมเดียวกันและเครื่องจักรเดียวกัน พบว่าชิ้นระนาบเรียบมีความสูงครีบริเวณที่ต่ำกว่าชิ้นงานปัจจุบันที่มีระนาบไม่เรียบอันเกิดจากการถูกบีมโดยพันธ์ที่มีระนาบไม่เรียบ

ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงระนาบของชิ้นงาน โดยปรับปรุงพันธ์ให้มีระนาบที่เรียบสามารถบีมระนาบครอบคลุมพื้นที่ของรูที่จะถูกเจาะก่อนที่จะนำเข้าสู่กระบวนการบีมเจาะรู ดังแสดงในรูป 5 ข.) เพื่อไม่ให้

ชิ้นงานเกิดการมีความสูงระนาบที่ไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดครีบก้น

2) การกำหนดอายุการใช้งานแห่งตัดร่วมกับการกำหนดแรงกำหนดที่เหมาะสม

อายุการใช้งานแห่งตัดในการบีมมากขึ้น ส่งผลให้เกิดความรู้สึกหรือระหว่างพันธและตาย ทำให้มีช่องว่างของพันธและตายมากขึ้น จึงมีสมมติฐานว่าหากมีการบีมแผ่นโลหะที่ช่องตัดกว้างจะส่งผลให้ครีบก้นสูงขึ้นสูงขึ้น จึงทำการศึกษาความสูงของครีบก้นในแต่ละช่วงสโตรกของการบีม โดยทางโรงงานจะวัดความสูงครีบก้นช่วงสโตรกละ 3 ชิ้น (เริ่มกระบวนการ - กลางกระบวนการ - ท้ายกระบวนการ) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความสูงครีบก้นของชิ้นงาน (มม.) ที่ระดับอายุการใช้งานต่างๆ

ช่วงสโตรกที่	ความสูงครีบก้น (มม.)		
	ชิ้นงานที่ 1	ชิ้นงานที่ 2	ชิ้นงานที่ 3
1	0.09	0.10	0.11
2,500	0.15	0.15	0.12
5,000	0.20	0.19	0.20
7,500	0.23	0.24	0.23
10,000	0.27	0.28	0.28
12,500	0.29	0.31	0.34
15,000	0.38	0.39	0.40



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของแห่งตัดและความสูงครีบก้น

จากตารางที่ 2 และรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าเมื่ออายุการใช้งานของแห่งตัดมากขึ้น ความสูงของครีบก้นบริเวณขอบของรูชิ้นงานก็จะสูงขึ้นด้วย นอกจากนั้นเมื่อทำการบีมชิ้นงานแบบต่อเนื่องส่วนของครีบก้นที่เกิดขึ้นอาจจะหลุดติดอยู่ที่บริเวณหน้าแม่พิมพ์ ถ้ามีการบีมงานชิ้นต่อไปจะทำให้เกิดรอยจากการบีมทับที่ตัวชิ้นงาน ผู้ศึกษาจึงต้องการศึกษาอายุการใช้งานที่เหมาะสมของ

แห่งตัดซึ่งแสดงด้วยจำนวนสโตรกที่บีมก่อนการเจียรไนร่วมกับการกำหนดแรงกำหนดที่เหมาะสม

3) แรงกำหนดที่ใช้ในการขึ้นรูปไม่เหมาะสม

นอกจากนั้นผู้วิจัยมีแนวทางการปรับปรุงโดยกำหนดแรงกำหนดที่เหมาะสมในการขึ้นรูปชิ้นงานในแต่ละช่วงสโตรก โดยก่อนปรับปรุงได้ใช้เครื่องบีมที่แรงกำหนด คือ 150 ตัน

การคำนวณแรงกำหนดที่เหมาะสมในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์มีรายละเอียด ดังนี้

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วัตถุดิบชนิด SPCC ซึ่งมีค่าความเค้นดึงมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 270 N/mm² และสูงสุดเท่ากับ 410 N/mm² โดยคำนวณจากสมการ ดังนี้

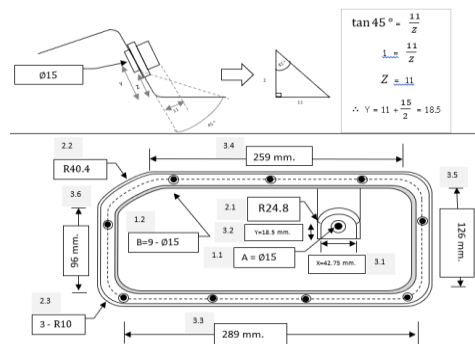
$$T = F/A \quad (1)$$

โดยที่ T = ค่าความเค้นเฉือน (นิวตัน/ตร.มม.)

F = แรงเฉือน (นิวตัน)

A = พื้นที่ตัด (ตร.มม.)

คำนวณพื้นที่ตัดของฝาครอบถึงน้ำมันประกอบด้วยพื้นที่หน้าตัดวงกลม พื้นที่ตัดส่วนโค้ง และพื้นที่ตัดเส้นตรง โดยขนาดของชิ้นงานแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ขนาดของฝาครอบถึงน้ำมัน

จากรูปที่ 7 สามารถคำนวณพื้นที่ตัดของฝาครอบถึงน้ำมันได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} 1. \text{พื้นที่ตัดของวงกลม} &= \text{เส้นรอบรูปวงกลม} \times t \\ &= (2 \times \pi \times r) \times t \\ &= \pi \times d \times t \end{aligned} \quad (2)$$

โดยที่ d = เส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)
 t = ความหนา (มม.)

แทนค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่าง ๆ ในสมการ
 ที่ 2 และแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 พื้นที่ตัดวงกลมของฝาครอบถังน้ำมัน

ตำแหน่ง	π	d (มม.)	t (มม.)	$\pi \times d \times t$ (ตร.มม.)
1.1 A	22/7	15	1.6	75.43
มีจำนวน 1 วง				75.43
1.2 B	22/7	15	1.6	75.43
มีจำนวน 9 วง				678.87
พื้นที่ตัดของวงกลมรวม				754.30

พื้นที่หน้าตัดวงกลมรวมเท่ากับ 754.30 ตร.มม.

$$2. \text{พื้นที่ตัดส่วนโค้ง} = l_B \times t \quad (3)$$

$$\text{ความยาวส่วนโค้ง } l_B = \frac{\pi \times r \times \alpha}{180^\circ} \quad (4)$$

โดยที่ l_B = ความยาวของส่วนโค้ง (มม.)

r = รัศมีของส่วนโค้ง (มม.)

α = มุมที่ศูนย์กลาง (มม.)

t = ความหนา (มม.)

แทนค่าส่วนรัศมีส่วนโค้งและความยาวส่วนโค้ง แสดงดัง
 ตารางที่ 4

ตารางที่ 4 พื้นที่ตัดส่วนโค้งของฝาครอบถังน้ำมัน

ตำแหน่ง	π	r (มม.)	α (องศา)	$\frac{\pi \times r \times \alpha}{180^\circ}$ (มม.)	t (มม.)	$l_B \times t$ (ตร.มม.)
2.1	22/7	24.8	90	38.97	1.6	62.35
มีจำนวน 2 จุด						124.71
2.2	22/7	40.4	90	63.49	1.6	101.58
มีจำนวน 1 จุด						101.58
2.3	22/7	10	90	15.71	1.6	25.14
มีจำนวน 3 จุด						75.43
พื้นที่ตัดส่วนโค้งรวม						301.72

พื้นที่ตัดส่วนโค้งรวมเท่ากับ 301.72 ตร.มม.

$$3. \text{พื้นที่ตัดเส้นตรง} = l \times t \quad (5)$$

โดยที่ l = ความยาว (มม.)

t = ความหนา (มม.)

แทนค่าความยาวขนาดต่าง ๆ ลงในสมการที่ 5 และ
 แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 พื้นที่ตัดเส้นตรงของฝาครอบถังน้ำมัน

ตำแหน่ง	l (มม.)	t (มม.)	$l \times t$ (ตร.มม.)
3.1	42.75	1.6	68.4
3.2	18.5	1.6	29.6
3.3	289	1.6	462.4
3.4	259	1.6	414.4
3.5	126	1.6	201.6
3.6	96	1.6	153.6
พื้นที่ตัดเส้นตรงรวม			1,330

สรุปได้ว่ามีพื้นที่ตัดเส้นตรงรวมเท่ากับ 1,330 ตร.มม

ดังนั้นพื้นที่ตัดรวมของฝาครอบถังน้ำมันเท่ากับ

2,386.02 ตร.มม

คำนวณหาแรงเฉือนจากสูตร แทนค่าพื้นที่ตัด และความ
 แค้นเฉือนลงในสมการที่ 1

$$S = 410 \times 2,386.02$$

$$= 978,268.2 \text{ N} = 978.27 \text{ kN}$$

ดังนั้นค่าแรงกำหนดของเครื่องปั๊มต้องมากกว่า
 978.27 กิโลนิวตัน (97.8 ตัน) หรือประมาณ 100 ตัน
 ทางโรงงานใช้เครื่องปั๊มแบบกลไกโดยใช้แรงเหวี่ยงใน
 การตัดเจาะ ซึ่งเครื่องปั๊มแบบกลไกมีเงื่อนไขในการ
 ติดตั้งแม่พิมพ์เข้ากับเครื่องปั๊ม คือ ขนาดความกว้างและ
 ความสูงของตัวแม่พิมพ์ เครื่องปั๊มที่สามารถปั๊มขึ้นงาน
 นี้ได้มี 3 ขนาด คือ ขนาด 110 150 และ 220 ตัน พบว่า
 เมื่อปั๊มขึ้นงานที่เครื่องขนาด 110 ตันแล้วเกิดปัญหาการ
 ตัดเฉือนไม่สมบูรณ์ ซึ่งในการใช้แรงกำหนดที่ใกล้เคียง
 กับการคำนวณมาก อาจจะส่งผลกระทบต่อเกนกำลังของ
 เครื่องปั๊มที่จะสามารถตัดเฉือนขึ้นงานได้อย่างสมบูรณ์
 เนื่องจากมีปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ นอกเหนือจาก
 การคำนวณ ทำให้ต้องเผื่อค่าจากแรงกำหนดที่คำนวณ
 ได้ ปัจจุบันจึงใช้เครื่องปั๊มขนาด 150 ตันในการทำงาน
 ซึ่งมากกว่าค่าแรงเฉือนจากการคำนวณและเพียงพอ แต่
 เมื่อมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่อง เช่น การ

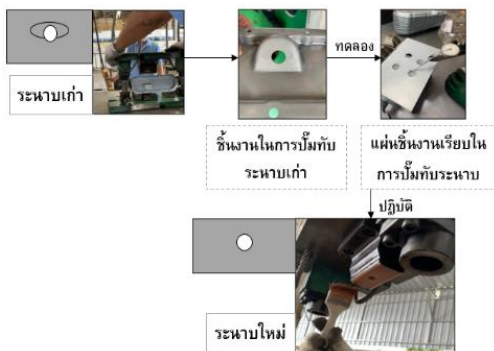
สึกหรอของแท่งตัด จึงต้องเพิ่มแรงกำหนดเมื่อถึงช่วงสโตรกที่ถึง 13,001 จะกล่าวถึงในหัวข้อที่ 3.4.3 โดยเครื่องบีมที่มีแรงกำหนดที่สูงกว่า 150 ตันลำดับถัดไปคือ เครื่องบีมขนาด 220 ตันซึ่งเพียงพอในการขึ้นรูปชิ้นงานเนื่องจากสามารถจัดข้อบกพร่องนี้ได้แล้ว ไม่จำเป็นต้องเพิ่มแรงกำหนดที่มากกว่านี้ เพราะจะส่งผลกระทบต่อตัวแท่งตัดและตายตัดทำให้เกิดความเสียหายมีโอกาสที่แท่งตัดจะเกิดการกระเทาะ ร้าว หรือสึกหรอเกินกว่าขนาดที่ยอมรับได้ ซึ่งเกิดความเสียหายต่อการที่แท่งตัดจะแตกหักทำให้ต้องมีค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแท่งตัดและตายตัดใหม่

แรงกำหนดในการขึ้นรูปมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงและสัดส่วนของเสียดังนี้ ถ้าใช้แรงกำหนดในการขึ้นรูปสูงขึ้นจะส่งผลให้อายุการใช้งานแท่งตัดลดลง ส่งผลทำให้จำนวนครั้งในการเจียรในแท่งตัดและแผ่นตายตัดสูงขึ้น ทำให้ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงต่อหน่วยผลิตสูงขึ้น แต่จะทำให้สัดส่วนของเสียและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากของเสียต่ำลง จึงวิเคราะห์หาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการโดยมีค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอายุการใช้งานของแท่งตัด, แผ่นตายตัด และแรงกำหนดในการขึ้นรูป

3.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.4.1 ระบายของชิ้นงาน

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลความสูงครีบกจากการบีมด้วยระนาบของพันธ์แบบเก่าและแบบใหม่ จากการทดลองตามขั้นตอนในรูปที่ 8 ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 6

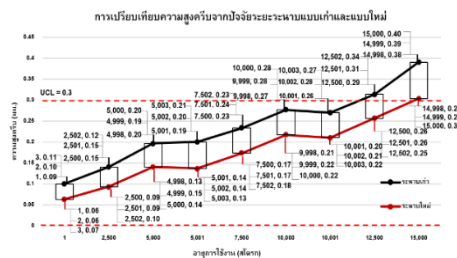


รูปที่ 8 ขั้นตอนในการทดลองเรื่องระนาบ

ตารางที่ 6 ข้อมูลวัดความสูงครีบกจากปัจจัยระยะระนาบ

สโตรกที่	ความสูงครีบก(มม.)						หมายเหตุ
	ระนาบเก่า			ระนาบใหม่			
1 - 3	0.09	0.10	0.11	0.08	0.06	0.07	
2,500 - 2,502	0.15	0.15	0.12	0.09	0.09	0.10	
4,998 - 5,000	0.20	0.19	0.20	0.13	0.15	0.14	
5,001 - 5,003	0.19	0.20	0.21	0.14	0.14	0.13	
7,500 - 7,502	0.23	0.24	0.23	0.17	0.17	0.18	
9,998 - 10,000	0.27	0.28	0.28	0.21	0.22	0.22	
10,001 - 10,003	0.26	0.28	0.27	0.20	0.21	0.22	
12,500 - 12,502	0.29	0.31	0.34	0.26	0.26	0.25	
14,998 - 15,000	0.38	0.39	0.40	0.29	0.29	0.33	สโตรกที่ต้องทำการเจียรใน แท่งตัด และแผ่นตายตัด

จากตารางที่ 6 เป็นตารางความสูงครีบกจากปัจจัยระยะระนาบเก่าและระยะระนาบใหม่โดยจะแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 9 พบว่า เมื่อใช้ระนาบแบบเก่าความสูงครีบกมีค่าสูงกว่าขีดจำกัดควบคุมบน ในช่วงสโตรกที่ 12,500 แต่เมื่อใช้ระนาบใหม่ ความสูงครีบกมีค่าสูงกว่าขีดจำกัดควบคุมบน ในช่วงสโตรกที่ 15,000 ซึ่งเห็นได้ว่าเมื่อหากเปลี่ยนแปลงระนาบใหม่ส่งผลให้ความสูงครีบกมีค่าที่ต่ำกว่าเมื่อใช้ระนาบแบบเก่าในช่วงสโตรกเดียวกัน



รูปที่ 9 การเปรียบเทียบความสูงครีบกของระยะระนาบแบบเก่าและแบบใหม่

ทำการทดสอบสมมติฐาน โดยกำหนดให้ H_0 : ค่าเฉลี่ยของความสูงครีบกเมื่อใช้ระนาบใหม่ มีค่าไม่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยของความสูงครีบกเมื่อใช้ระนาบเก่า H_a : ค่าเฉลี่ยของความสูงครีบกเมื่อใช้ระนาบใหม่ มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของความสูงครีบกเมื่อใช้ระนาบเก่า ทำการทดสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งให้ผลลัพธ์ ดังนี้

Two-Sample T-Test and CI: Improve Surface, Normal Surface

Two-sample T for Improve Surface vs Normal Surface

	N	Mean	StDev	SE Mean
Improve Surface	27	0.1770	0.0748	0.014
Normal Surface	27	0.2356	0.0859	0.017

Difference = μ (Improve Surface) - μ (Normal Surface)
 Estimate for difference: -0.0585
 95% upper bound for difference: -0.0218
 T-Test of difference = 0 (vs <): T-Value = -2.67 P-Value = 0.005 DF = 51

รูปที่ 10 ผลการทดสอบสมมติฐานเรื่องระนาบ

จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 แสดงว่าเมื่อใช้ระนาบใหม่มีค่าเฉลี่ยความสูงครีบก้น น้อยกว่าของระนาบเก่า และได้ทำการศึกษาผลกระทบหากมีการปรับระนาบใหม่จะไม่ส่งผลกระทบต่อกำลังการผลิตเนื่องจากความเร็วและกำลังในการผลิตเท่าเดิม หลังจากปรับปรุงเรื่องระนาบแล้วจึงทำการปรับปรุงเรื่องอายุการใช้งานและแรงกำหนดที่เหมาะสมต่อไป

3.4.2 แรงกำหนด

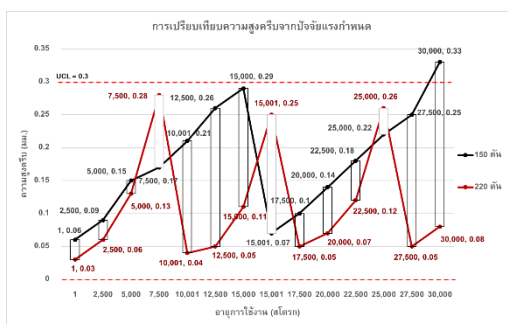
จากที่ได้คำนวณเรื่องแรงกำหนดในการขึ้นรูปพบว่า เมื่อปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการเกิดข้อบกพร่อง เช่น การสึกหรอของแท่งตัด ทำให้จำเป็นต้องเพิ่มแรงกำหนดในการบีบอัดชิ้นงาน จึงได้เก็บข้อมูลเปรียบเทียบความสูงครีบก้นเมื่อมีการเปลี่ยนปัจจัยแรงกำหนด ที่ระดับ 150 ตันและ 220 ตัน ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ข้อมูลวัดความสูงครีบก้นจากปัจจัยแรงกำหนด

สโตรก	สโตรกบีบที่	ความสูงครีบก้น (มม.) 150 ตัน	หมายเหตุ	สโตรกบีบที่	ความสูงครีบก้น (มม.) 220 ตัน	หมายเหตุ
1	1	0.06		1	0.03	
2,500	2,500	0.09		2,500	0.06	
5,000	5,000	0.15		5,000	0.13	
7,500	7,500	0.17		7,500	0.28	เริ่มระลอกที่ 10,000
10,001	10,001	0.21		1	0.04	
12,500	12,500	0.26		2,500	0.05	
15,000	15,000	0.29	เริ่มระลอกที่ 10,000	5,000	0.11	
15,001	1	0.07		7,500	0.25	เริ่มระลอกที่ 10,000
17,500	2,500	0.10		1	0.05	
20,000	5,000	0.14		2,500	0.07	
22,500	7,500	0.18		5,000	0.12	
25,000	10,001	0.22		7,500	0.26	เริ่มระลอกที่ 10,000
27,500	12,500	0.25		1	0.05	
30,000	15,000	0.33	เริ่มระลอกที่ 15,000	2,000	0.08	

จากตารางที่ 7 เป็นตารางความสูงครีบก้นจากแรงกำหนดที่ขนาด 150 และ 220 ตันโดยจะแสดง

ความสัมพันธ์ในรูปที่ 11 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความสูงครีบก้นเมื่อมีการเปลี่ยนปัจจัยแรงกำหนดในการขึ้นรูปชิ้นงาน จำนวน 30,000 สโตรก โดยรูปที่ 11 แสดงให้เห็นว่าในการบีบอัดชิ้นงานที่แรงกำหนด 150 ตันมีการเจียรไนแท่งตัด 2 ครั้งโดยกราฟความสูงครีบก้นจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และจะลดลงหลังการเจียรไนที่ 15,000 สโตรก และการบีบอัดชิ้นงานที่แรงกำหนดขนาด 220 ตัน มีการเจียรไนแท่งตัด 3 ครั้งโดยกราฟมีทิศทางเดียวกับการใช้เครื่องบีบที่แรงกำหนดขนาด 150 ตันแต่จะมีกราฟที่ชันกว่า และจะลดลงหลังการเจียรไนที่ทุกๆ 10,000 สโตรก



รูปที่ 11 การเปรียบเทียบความสูงครีบก้นของปัจจัยแรงกำหนด

ทำการทดสอบสมมติฐาน โดยกำหนดให้ H_0 : ค่าเฉลี่ยของความสูงครีบก้นที่แรงกำหนดขนาด 220 ตัน มีค่าไม่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยของความสูงครีบก้นที่แรงกำหนดขนาด 150 ตัน H_a : ค่าเฉลี่ยของความสูงครีบก้นที่แรงกำหนดขนาด 220 ตัน มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของความสูงครีบก้นที่แรงกำหนดขนาด 150 ตัน ทำการทดสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งให้ผลลัพธ์ ดังนี้

	N	Mean	StDev	SE Mean
220 TON	14	0.1129	0.0870	0.023
150 TON	14	0.1800	0.0841	0.022

One-Sample T: 220 TON

Test of $\mu = 0.18$ vs < 0.18

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
220 TON	14	0.1129	0.0870	0.0233	0.1541	-2.89	0.006

รูปที่ 12 ผลการทดสอบสมมติฐานเรื่องแรงกำหนด

จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่า P-value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 แสดงว่าแรงกำหนดขนาด 220 ตัน มีค่าเฉลี่ยความสูงครีบน้อยกว่าแรงกำหนดขนาด 150 ตันและได้ทำการศึกษาผลกระทบหากมีการปรับใช้แรงกำหนดขนาด 220 ตัน ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อการผลิตเนื่องจากเครื่องขนาด 220 ตันเป็นเครื่องที่วางอยู่เสมอแต่จะส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการผลิต ที่เกิดจากการเจียรไนแท่งตัดและขนาดแรงกำหนดที่เพิ่มขึ้น จึงวิเคราะห์หาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการโดยมีค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุดต่อไป

3.4.3 อายุการใช้งานแท่งตัด

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการซ่อมบำรุงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอายุการใช้งานของแท่งตัดและแรงกำหนดในการขึ้นรูปชิ้นงานประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรวมค่าแรงในการถอด-ติดตั้งแม่พิมพ์บนเครื่องบีม โดยการเจียรไนราบพร้อมจานเจียร และเครื่องกลึงพร้อมมีดกลึงจะมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 5,500 บาท ค่าไฟฟ้าที่ใช้เพิ่มขึ้นในการบีมชิ้นงานที่ใช้แรงกำหนดที่สูงขึ้นจาก 150 เป็น 220 ตันเท่ากับ 0.32 บาทต่อชิ้น และค่าใช้จ่ายการแก้ไขชิ้นงานเมื่อเกิดข้อบกพร่องประเภทครีบก้นเท่ากับ 13.50 บาทต่อชิ้น

หลังจากปรับปรุงเรื่องระนาบแล้ว การทำงานปัจจุบันพบชิ้นงานที่เกิดครีบก้นสูง 1,500 ชิ้นต่อการบีมชิ้นงาน 15,000 ชิ้น แนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องแบ่งออกเป็น 4 แนวทาง ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 8 ซึ่งแต่ละแนวทาง ประกอบด้วย

แนวทางที่ 1 การทำงานปัจจุบันที่ใช้เครื่องบีมที่มีแรงกำหนดขนาด 150 ตันและทำการเจียรไนแท่งตัดและตายตัดที่ทุก ๆ 15,000 สโตรก พบว่าเกิดค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องครีบก้นแต่ไม่มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มค่าแรงกำหนดจาก 150 ตันเป็น 220 ตัน มีค่าใช้จ่ายรวม คือ 51,500 บาทในการบีมชิ้นงาน 30,000 ชิ้น ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยเท่ากับ 1.72 บาท เป็นการทำงานที่มีค่าใช้จ่ายรวมสูงที่สุดเมื่อเทียบกับแนวทางอื่น

แนวทางที่ 2 การทำงานใช้เครื่องบีมที่มีแรงกำหนดขนาด 150 ตันและทำการเจียรไนแท่งตัดและตายตัดที่ทุก ๆ 10,000 สโตรก พบว่าไม่เกิดค่าใช้จ่ายใน

การแก้ไขข้อบกพร่องครีบก้นและไม่มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มค่าแรงกำหนดจาก 150 ตันเป็น 220 ตัน มีค่าใช้จ่ายรวม คือ 16,500 บาทในการบีมชิ้นงาน 30,000 ชิ้น ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยเท่ากับ 0.55 บาท การทำงานนี้ต้องเจียรไนแท่งตัดและตายตัดบ่อยจึงอาจส่งผลให้ไม่สามารถกลับมาขึ้นรูปได้ทันเวลา ซึ่งการเจียรไนบ่อยทำให้แท่งตัดจะสั้นลงเรื่อยๆ จนถึงจุดหนึ่งถึงค่าที่กำหนดจะทำให้ต้องมีค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแท่งตัดใหม่ ส่งผลกระทบต่อการทำงานขึ้นรูปชิ้นงานและวางแผนการผลิต

แนวทางที่ 3 การทำงานใช้เครื่องบีมที่มีแรงกำหนดขนาด 220 ตันและทำการเจียรไนแท่งตัดและตายตัดที่ทุกๆ 10,000 สโตรก พบว่าไม่เกิดค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องครีบก้น แต่มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มค่าแรงกำหนดจาก 150 ตันเป็น 220 ตัน มีค่าใช้จ่ายรวม คือ 26,100 บาทในการบีมชิ้นงาน 30,000 ชิ้น ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยเท่ากับ 0.87 บาท ซึ่งแนวทางนี้มีค่าใช้จ่ายในการขึ้นรูปสูง และใช้แรงกำหนดที่สูงตั้งแต่สโตรกแรกจะส่งผลให้ เมื่อทำการบีมชิ้นงานแท่งตัดจะเกิดการสึกหรอบริเวณขอบด้านข้างและบริเวณด้านหน้าแท่งตัดและตายแท่งตัด ซึ่งจะเกิดลักษณะการสึกหรอแบบเป็นหลุมรอยลึกที่ผิวหน้ามีดและมุมขอบตัด ถ้าบีมต่อไปมีโอกาสทำให้แท่งตัดแตกได้ อีกทั้งยังมีการเจียรไนแท่งตัดและตายตัดบ่อย ส่งผลให้แนวทางนี้มีค่าใช้จ่ายรวมที่สูงเป็นอันดับที่ 2

แนวทางที่ 4 แนวทางนี้มีค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุด เนื่องจากระยะเวลาเฉลี่ยที่จะต้องนำแท่งตัดและตายตัดไปทำการเจียรไนลดลง และเพิ่มแรงกำหนดเป็นขนาด 220 ตัน หลังจากสโตรกที่ 13,000 เนื่องจากการบีมช่วงสโตรกสั้นๆ ทำให้เกิดผลกระทบต่อแท่งตัดน้อยกว่าการบีมตั้งแต่ช่วงแรก โดยการทำงานใช้เครื่องบีมที่มีแรงกำหนดขนาด 150 ตัน และ 220 ตันทำการเจียรไนแท่งตัดและตายตัดที่ ทุกๆ 23,000 สโตรก พบว่าไม่เกิดค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องครีบก้น แต่มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มค่าแรงกำหนดจาก 150 ตันเป็น 220 ตัน โดยแบ่งการทำงานเป็น 2 ช่วงคือ เริ่มต้นบีมที่แรงขนาด 150 ตันในสโตรกที่ 1 - 13,000 เนื่องจากการทำงานปัจจุบันเริ่มต้นพบครีบก้นที่

13,500 แต่เพื่อครอบคลุมการบ่มชิ้นงานที่ไม่ก่อให้เกิด ครีบจึงทำการเพิ่มแรงกำหนดในช่วงสโตรกที่ 13,001 - 23,000 มีค่าใช้จ่ายรวม คือ 8,700 บาทในการบ่มชิ้นงาน 23,000 ชิ้น ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยเท่ากับ 0.38 บาท

สามารถสรุปได้ว่าแนวทางที่ 4 มีค่าใช้จ่ายรวม น้อยที่สุด โดยพบว่าสามารถทำให้ระยะเวลาเฉลี่ยในการ นำแท่งตัดไปเจียรระโนลดลงเมื่อเทียบกับแนวทางที่ 1 อีกทั้งมีค่าใช้จ่ายในการเจียรระโนแท่งตัดและตายตัดน้อย กว่าแนวทางที่ 2 และค่าใช้จ่ายในการขึ้นรูปน้อยกว่า แนวทางที่ 3

ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการซ่อม บำรุงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอายุการใช้งานของแท่งตัดและ แรงกำหนดในการขึ้นรูป

รายการ	ดัชนีชี้วัดของค่าใช้จ่าย	สโตรกการทำงาน				ค่าใช้จ่าย (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่อ หน่วย (บาท)
		10,000	15,000	20,000	30,000		
1. ใช้สโตรก 150 ชิ้น และ เจียรระโนแท่งตัดและตายตัดที่ 15,000 สโตรก	ค่าใช้สอยแรงดันไฟฟ้า	0	5,500	0	5,500	11,000	
	ค่าใช้สอยเครื่องจักรการ เจียรระโนแท่งตัดและตายตัด 150 ชิ้น	0	0	0	0	0	
	ค่าใช้สอยเครื่องหล่อ	0	13.5	0	13.5	40,500	
	ค่าใช้สอยเครื่องหล่อ	0	1,500	0	1,500	3,000	
2. ใช้สโตรก 150 ชิ้น และ เจียรระโนแท่งตัดและตายตัดที่ 10,000 สโตรก	ค่าใช้สอยแรงดันไฟฟ้า	5,500	0	5,500	5,500	18,500	1.72
	ค่าใช้สอยเครื่องจักรการ เจียรระโนแท่งตัดและตายตัด 150 ชิ้น	0	0	0	0	0	
	ค่าใช้สอยเครื่องหล่อ	0	0	0	0	0	
	ค่าใช้สอยเครื่องหล่อ	0	0	0	0	0	
3. ใช้สโตรก 220 ชิ้น และ เจียรระโนแท่งตัดและตายตัดที่ 10,000 สโตรก	ค่าใช้สอยแรงดันไฟฟ้า	5,500	0	5,500	5,500	18,500	0.55
	ค่าใช้สอยเครื่องจักรการ เจียรระโนแท่งตัดและตายตัด 150 ชิ้น	0.32	0.32	0.32	0.32	9,800	
	ค่าใช้สอยเครื่องหล่อ	10,000	10,000	10,000	10,000	40,000	
	ค่าใช้สอยเครื่องหล่อ	3,300	3,300	3,300	3,300	13,200	
4. ใช้สโตรก 150 ชิ้น และ ใช้สโตรก 220 ชิ้น และ เจียรระโนแท่งตัดและตายตัดที่ 23,000 สโตรก	ค่าใช้สอยแรงดันไฟฟ้า	5,500	0	5,500	5,500	18,500	0.87
	ค่าใช้สอยเครื่องจักรการ เจียรระโนแท่งตัดและตายตัด 150 ชิ้น	0.32	0.32	0.32	0.32	9,800	
	ค่าใช้สอยเครื่องหล่อ	10,000	10,000	10,000	10,000	40,000	
	ค่าใช้สอยเครื่องหล่อ	3,300	3,300	3,300	3,300	13,200	
5. ใช้สโตรก 150 ชิ้น และ ใช้สโตรก 220 ชิ้น และ เจียรระโนแท่งตัดและตายตัดที่ 23,000 สโตรก	ค่าใช้สอยแรงดันไฟฟ้า	5,500	0	5,500	5,500	18,500	0.38
	ค่าใช้สอยเครื่องจักรการ เจียรระโนแท่งตัดและตายตัด 150 ชิ้น	0.32	0.32	0.32	0.32	9,800	
	ค่าใช้สอยเครื่องหล่อ	10,000	10,000	10,000	10,000	40,000	
	ค่าใช้สอยเครื่องหล่อ	3,300	3,300	3,300	3,300	13,200	

3.5 การทดลองยืนยันผล

1) การปรับปรุงเครื่องระนาบ

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลยืนยันผลโดยเก็บข้อมูล การบ่มชิ้นงาน 2 รอบการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ข้อมูลยืนยันผลการทดลองการปรับปรุงเครื่อง ระนาบ

ช่วงสโตรก	ความสูงครึ่ง (mm)					
	Cycle 1			Cycle 2		
	จำนวนที่ 1	จำนวนที่ 2	จำนวนที่ 3	จำนวนที่ 1	จำนวนที่ 2	จำนวนที่ 3
1 - 3	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06	0.07
2,500 - 2,502	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09	0.10
4,998 - 5,000	0.13	0.15	0.14	0.14	0.15	0.14
5,001 - 5,003	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.15
7,500 - 7,502	0.17	0.17	0.18	0.18	0.17	0.17
9,998 - 10,000	0.21	0.22	0.22	0.22	0.21	0.22
10,001 - 10,003	0.20	0.21	0.22	0.20	0.21	0.21
12,500 - 12,502	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.26
14,998 - 15,000	0.29	0.29	0.33	0.33	0.29	0.31

จากการเก็บข้อมูลพบว่าเมื่อปรับปรุงเครื่อง ระนาบของชิ้นงาน โดยใช้แรงกำหนดขนาด 150 ตัน ทำ ให้กราฟของความสูงของชิ้นงานหลังการบ่มชิ้นงานของ ทั้ง 2 รอบการผลิต มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันและมี ข้อมูลใกล้เคียงกันค่อนข้างมาก เนื่องจากกราฟทั้ง 2 เส้นทับแนบสนิทกัน ดังรูปที่ 13 แสดงว่าการปรับปรุง เครื่องระนาบนี้มีความแม่นยำ โดยความสูงครึ่งในกราฟช่วง สโตรกที่ 14,998 - 15,000 จะเกินขีดจำกัดข้อกำหนด บนที่ 0.3 มิลลิเมตรทั้ง 2 รอบการผลิต โดยการปรับปรุง นี้สามารถขยายระยะเวลาในการเกิดครีบสูงที่เกิน ขีดจำกัดข้อกำหนดบนได้ โดยจากเดิมระนาบเก่าพบ ชิ้นงานครีบสูงในสโตรกที่ 12,500 และระนาบใหม่พบ ชิ้นงานครีบสูงในสโตรกที่ 15,000



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ของกรบ่มชิ้นงาน 2 รอบการผลิต

2) การปรับปรุงเครื่องแรงกำหนดและอายุการใช้งานแท่ง ตัด

หลังจากการปรับปรุงเครื่องระนาบแล้วจึงหาแรง กำหนดที่เหมาะสมให้แก่ช่วงสโตรกในการขึ้นรูปชิ้นงาน ได้ผลดังตารางที่ 10 ซึ่งเป็นตารางการเก็บบันทึกข้อมูล ในการบ่มชิ้นงาน 3 รอบการผลิต

ตารางที่ 10 ข้อมูลยืนยันผลการทดลองการปรับปรุงเครื่องแรง กำหนดและอายุการใช้งานแท่งตัด

สโตรก	ขนาดแท่งตัด (mm)	ความสูงครึ่ง (mm)								
		Cycle 1			Cycle 2			Cycle 3		
1 - 3	150	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06
2,500 - 2,502	150	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09	0.10	0.09	0.10	0.10
4,998 - 5,000	150	0.13	0.15	0.14	0.14	0.15	0.14	0.15	0.15	0.16
5,001 - 5,003	150	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.15	0.14	0.14	0.16
7,500 - 7,502	150	0.17	0.17	0.18	0.18	0.17	0.17	0.18	0.17	0.18
9,998 - 10,000	150	0.21	0.22	0.22	0.22	0.21	0.22	0.20	0.21	0.22
10,001 - 10,003	150	0.20	0.21	0.22	0.20	0.21	0.21	0.21	0.21	0.22
12,500 - 12,502	150	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.26	0.26	0.27	0.26
14,998 - 15,000	150	0.29	0.29	0.33	0.33	0.29	0.31	0.29	0.31	0.31
15,001 - 15,003	220	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07	0.06	0.07	0.06	0.07
17,500 - 17,502	220	0.13	0.14	0.14	0.13	0.14	0.14	0.15	0.14	0.14
19,998 - 20,000	220	0.24	0.23	0.23	0.22	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23
22,998 - 23,000	220	0.28	0.27	0.28	0.27	0.27	0.29	0.28	0.28	0.28
เฉลี่ยในสโตรก 23,000		ไม่ทำการเฉลี่ย								

จากตารางที่ 10 พบว่ากระบวนการนี้สามารถบ่มชิ้นงานได้โดยไม่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องประเภทครีบ โดยมีการกำหนดแรงกำหนดและอายุการใช้งานแ่งตัด คือ ในช่วงสโตรกที่ 1 - 13,000 กำหนดให้ใช้แรงกำหนดที่เครื่องขนาด 150 ตัน และสโตรกที่ 13,001 - 23,000 ใช้แรงกำหนดที่เครื่องขนาด 220 ตัน ซึ่งส่งผลทำให้ไม่มีค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการแก้ไขชิ้นงานจากข้อบกพร่องประเภทครีบ

4. ผลการดำเนินการวิจัย

การผลิตฝาคูรอบกึ่งน้ำมันปัจจุบันมีสัดส่วนของเสียร้อยละ 12.35 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด โดยของเสียเกิดจากข้อบกพร่องประเภท ครีบ รอย ผิดรูป บุป และแตก

งานวิจัยนี้ทำการปรับปรุงข้อบกพร่องประเภทครีบในกระบวนการขึ้นรูปฝาคูรอบกึ่งน้ำมัน โดยทำการปรับปรุงปัจจัยเรื่องระนาบ แรงกำหนดและอายุการใช้งานแ่งตัด ทำให้สามารถลดสัดส่วนของเสียลดลงจากร้อยละ 12.35 เหลือเป็นร้อยละ 1.13

ซึ่งสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้ เนื่องจากเดิมมีเป้าหมายที่จะลดสัดส่วนของเสียให้เหลือร้อยละ 3 ของปริมาณการผลิต มีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการปรับปรุงกระบวนการบ่มชิ้นงาน คือ ค่าใช้จ่ายในการเจียพันธ์ให้เรียบเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของชิ้นงานเพียงครั้งเดียวเป็นจำนวน 3,250 บาท ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 11 และมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มค่าแรงกำหนดจาก 150 ตันเป็น 220 ตัน คือ 0.32 บาทต่อชิ้น ซึ่งในการบ่มชิ้นงาน 23,000 ชิ้นจะมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มแรงกำหนดคือ 3,200 บาท ดังแสดงในหัวข้อ 3.4.3 เนื่องจากการบ่มชิ้นงาน 1 รอบสามารถบ่มชิ้นงานได้ทั้งหมด 23,000 ชิ้นและหลังจากนั้นจึงนำแม่พิมพ์ไปเจียรระนาบเพื่อเริ่มต้นการนับสโตรกใหม่

ตารางที่ 11 ค่าใช้จ่ายในการทำระนาบพันธ์ใหม่

ลำดับ	รายละเอียด	ค่าใช้จ่าย (บาท/ชม.)	ระยะเวลาทำงาน (ชั่วโมง)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
1.	เครื่องเจียรระนาบ (พร้อมจานเจียร)	500	4.5	2,250
2.	ค่าแรงช่างในการเจียรโพธิ์	100	10	1,000
รวม				3,250

จากตารางที่ 11 มีค่าใช้จ่ายในการเจียรระนาบพันธ์ใหม่เพื่อบ่มทับให้ระนาบเรียบเท่ากับ 3,250 บาท ประกอบด้วยเครื่องเจียรระนาบ (พร้อมจานเจียร) เท่ากับ 2,250 บาทและค่าแรงของช่างในการเจียรระนาบซึ่งระยะเวลาเท่ากับ 10 ชั่วโมง มีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 1,000 บาท

ปริมาณการผลิตปัจจุบัน คือ 69,000 ชิ้นในระยะเวลา 4 เดือน จะมีค่าใช้จ่ายในการทำระนาบพันธ์ใหม่ 3,250 บาทและค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มแรงกำหนด 9,600 บาท โดยจะสามารถลดของเสียได้จำนวน 7,741 ชิ้นหรือคิดเป็นค่าใช้จ่ายเท่ากับ 104,585 บาท แสดงรายละเอียดในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงกระบวนการ

ระยะเวลาในการผลิต (ก่อน - ปรับปรุง)	จำนวนผลิต (ชิ้น)	ร้อยละของเสียทั้งหมด	ร้อยละของเสียทั้งหมดจากการผลิต	ข้อบกพร่องครบ (ชิ้น)	ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องครบ (บาท)	ร้อยละของเสียประเภทครีบจากการผลิต	หมายเหตุ
8 เดือน	122,398	15.116	12.35	13,731	185,369	11.22	เปรียบเทียบจากสัดส่วนของเสียจากอดีตการผลิตจริง
4 เดือน	69,000	8.522	12.35	7,741	104,585	11.22	
ระยะเวลาในการผลิต (หลัง - ปรับปรุง)	จำนวนผลิต (ชิ้น)	ร้อยละของเสียทั้งหมด	ร้อยละของเสียทั้งหมดจากการผลิต	ข้อบกพร่องครบ (ชิ้น)	ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องครบ (บาท)	ร้อยละของเสียประเภทครีบจากการผลิต	ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง
4 เดือน	69,000	7.81	1.13	0	0	0	12,850 บาท

จากตารางที่ 12 สรุปได้ว่าสามารถลดรายจ่ายให้กับทางโรงงานได้ คือ 104,585 - 12,850 = 91,735 บาทภายในระยะเวลา 4 เดือน

5. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ทำการลดสัดส่วนของเสียและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการแก้ไขชิ้นงานจากข้อบกพร่องประเภทครีบ ในกระบวนการขึ้นรูปโลหะแบบแผ่น

ผู้วิจัยได้ปรับปรุงระนาบของพันธ์ให้เรียบก่อนการบ่มเจาะรูชิ้นงานเนื่องจากเดิมเมื่อมีระนาบชิ้นงาน

พบว่าชิ้นงานไม่เรียบทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชิ้นงาน และฐานรองชิ้นงาน ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดครีบก้น ต่อมา จึงปรับปรุงเรื่องแรงกำหนดที่เหมาะสมสำหรับช่วง สโตรกการทำงาน โดยการปรับปรุง คือ ใช้แรงกำหนด 150 ตัน ในสโตรกที่ 1 - 13,000 สโตรก แล้วจึงเปลี่ยน แรงกำหนดเป็น 220 ตัน ตั้งแต่สโตรกที่ 13,001 - 23,000 สโตรกและเจียรไนแท่งตัดและตายตัดที่ 23,000 สโตรกเพื่อให้มีค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุด ซึ่ง ค่าใช้จ่ายรวม คือ ค่าเจียรไนแท่งตัดและตายตัด ค่า ไฟฟ้าที่ใช้เพิ่มขึ้นในการบ่มชิ้นงานที่ใช้แรงกำหนดที่ สูงขึ้น และค่าใช้จ่ายการแก้ไขชิ้นงานเมื่อเกิด ข้อบกพร่องประเภทครีบก้น โดยสามารถลดค่าใช้จ่ายรวมที่ เกี่ยวข้องกับข้อบกพร่องประเภทครีบก้นได้ 91,735 บาท ภายในระยะเวลา 4 เดือน

5.2 ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้และ เป็นแนวทางในการลดของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง ประเภทครีบก้นของกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นของ สายการผลิตอื่นหรืออุตสาหกรรมอื่นที่มีการขึ้นรูปโลหะ แผ่นด้วยวิธีการบ่ม หรือกระแทก

เอกสารอ้างอิง

- [1] จัตรชัย จันทรไต้นดวง. กระบวนการบ่มขึ้นรูปโลหะ แผ่น[อินเทอร์เน็ต]. 2546 [เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2563]. เข้าถึงได้จาก: https://www2.mtec.or.th/th-e-magazine/admin/upload/208_50-53.pdf
- [2] สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย. การใช้เหล็กในอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า [อินเทอร์เน็ต]. 2550 [เข้าถึงเมื่อวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2563]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.isit.or.th/uploads/Marketstudy/4-file.PDF>
- [3] วารุณี เปรมมานนท์. งานขึ้นรูปโลหะ. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น); 2557.
- [4] J.A. Schey. Tribology in Metalworking. The American Society for Metals. USA; 1984.
- [5] นกัสนางค์ โอสถศิลป์. เอกสารประกอบการเรียน

วิชาQuality Improvement. กรุงเทพฯ; ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2561.

- [6] ชมพูนุท เต็มสายทอง. การลดของเสียใน กระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นสำหรับโครงหลังคา เหล็กกรวด [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร มหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ; จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2554.
- [7] ปกรณ์ วิริยะกอบบุญ. การลดของเสียจาก ข้อบกพร่องประเภทความไม่สมบูรณ์ของการกด และรอยจากการบ่มทับของแผ่นรองเครื่องเล่นซีดี [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ; จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2559.
- [8] เฉลิมพล คล้ายนิล. การศึกษาอิทธิพลของระยะ ช่องว่างคมตัดที่มีผลต่อพฤติกรรมการสึกหรอของ แม่พิมพ์สำหรับการตัดเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง. เอกสารสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการข่ายงาน วิศวกรรมอุตสาหกรรมประจำปี พ.ศ. 2555; 17-19 ตุลาคม พ.ศ. 2555; เพชรบุรี; 2555. หน้า 1-12.