



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การปรับปรุงถาดรองแม่แบบในกระบวนการผลิตอาหารเสียบไม้ด้วยวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์

Improvement of the mold supporting tray in food skewer processing using finite element analysis

ธนภัทร แดงสังวาลย์¹ พงศธร พรหมบุตร²

¹ โครงการหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 10900

² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 10900

Thanapat Dangsangwarn¹ Pongtorn Prombut²

¹ Master of Engineering Program in Industrial Production Technology, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok 10900

² Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok 10900

* Corresponding author.

E-mail: pongton.p@ku.ac.th ; Telephone: 087 654 2709

วันที่รับบทความ 25 กรกฎาคม 2567; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 18 กันยายน 2567; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 2 7 ตุลาคม 2567

วันที่ตอบรับบทความ 1 พฤศจิกายน 2567

บทคัดย่อ

สินค้ากลุ่มเสียบไม้เป็นสินค้าส่งออกต่างประเทศและยังเป็นสินค้าที่มียอดการสั่งผลิตจากลูกค้าต่อเนื่องสูงถึงสามแสนไม้ต่อเดือน เครื่องเสียบไม้จึงมีบทบาทสำคัญเพื่อให้ยอดผลิตเป็นไปตามเป้าหมายที่วางเอาไว้ จากการเก็บข้อมูลช่วงระยะเวลา 3 เดือนพบว่าปัญหาที่ทำให้เครื่องเสียบไม้ต้องหยุดการทำงานบ่อยครั้ง เกิดจากแม่แบบหลุดติดขึ้นมากับชุดกด เนื่องจากถาดรองแม่แบบเกิดการแอ่นตัว ทำให้ต้องหยุดเครื่องจักรเพื่อทำการซ่อมแซม งานวิจัยนี้จึงได้สร้างแบบจำลองและศึกษาการแอ่นตัวของถาดรองแม่แบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงรูปแบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบันให้เกิดระยะแอ่นน้อยลง ใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยการนำถาดรูปแบบที่ใช้ในปัจจุบันมาทำการปรับปรุงเป็นรูปแบบต่างๆ ซึ่งได้ออกแบบปรับปรุงทั้งหมด 3 รูปแบบซึ่งแต่ละรูปแบบนั้นจะมีลักษณะการปรับปรุงที่แตกต่างกัน จากนั้นใช้การวิเคราะห์วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อหาค่าระยะแอ่นที่น้อยที่สุด แรงที่กดลงบนแม่แบบมีค่า 630 นิวตัน ผลลัพธ์ของแบบจำลองมีค่าน้อยกว่าที่เกิดขึ้นจริง 16.48% และรูปแบบที่ใช้ปัจจุบันเกิดการแอ่น 0.2777 มม. หลังจากทำการปรับปรุงพบว่าเกิดการแอ่น 0.2450 มม. ซึ่งเป็นการแอ่นที่น้อยที่สุดการแอ่นลดลง 11.78% จากนั้นนำชิ้นงานที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไปทดสอบกับเครื่องกดทดสอบและหาความแข็งเกร็ง ผลลัพธ์ของความแข็งเกร็งของแบบจำลองมีค่าสูงกว่าการทดลอง 20.51% แม้จะมีความแตกต่างของแบบจำลองกับการทดลอง แต่ค่าจากการทดลองก็สอดคล้องกับผลไฟไนต์เอลิเมนต์คือสามารถลดการแอ่นตัว ทำให้ลดปัญหาการหลุดของแม่แบบได้

คำสำคัญ

อาหารเสียบไม้ เครื่องเสียบไม้ การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Abstract

Food skewers are an important export product from Thailand. A supplier can receive orders as high as three hundred thousand sticks per month. Skewer machines play a crucial role in fulfilling these orders. Data from the past three months shows that the most frequent production interruption is due to the mold part being pulled away from the mold supporting tray. As a result, the production line must be stopped to reposition the mold. The root cause of the problem was identified as the excessive deflection of the mold supporting tray under compressive force. In this work, Finite Element Analysis (FEA) was used to study the deflection of the mold supporting tray. The objective was to improve the tray to reduce its deflection. Three new designs were created by modifying the current tray. A compressive force of 630 Newton was applied to the mold to produce a compression load on the mold supporting tray. The deflection was then predicted using FEA. The deflection predicted is 16.48% less than experimental results. The deflection of the current tray was predicted to be 0.2777 mm, while the best alternative design had a deflection of 0.2450 mm. As the new design can decrease the deflection by 11.78%, it was then fabricated for experimental validation. For tray stiffness, the FEA result is 20.51% higher than experimental results. Despite these differences, the experiment agrees well with the FEA that the new tray design can reduce deflection and, consequently, reduce the mold's pull-away problem.

Keywords

food on skewers; skewers; finite element

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารเป็นอุตสาหกรรมที่มีการนำเทคโนโลยีเครื่องจักรและนวัตกรรมเข้ามาใช้กันอย่างแพร่หลาย การจะผลิตสินค้าให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด เครื่องจักรที่ใช้จะต้องอยู่ในสภาพสมบูรณ์ บ่อยครั้งที่เครื่องจักรทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพ ต้นทุน กำหนดการส่งมอบสินค้า หรืออาจก่อให้เกิดอันตรายต่อบุคคล รวมถึงเสียโอกาสด้านการผลิต

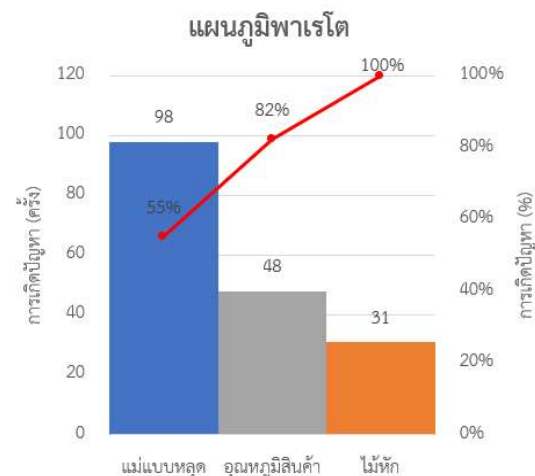
การผลิตในงานอุตสาหกรรมหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญกับกระบวนการผลิตคือเครื่องจักร การจะผลิตสินค้าให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด เครื่องจักรที่ใช้จะต้องอยู่ในสภาพสมบูรณ์ บ่อยครั้งที่เครื่องจักรทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ อาจเกิดจากการซ่อมบำรุงที่ไม่เป็นไปตามแผนหรือเกิดจากการออกแบบชิ้นส่วนไม่เหมาะสม ส่งผลต่อคุณภาพ ต้นทุน กำหนดการส่งมอบสินค้า หรืออาจก่อให้เกิดอันตรายต่อบุคคล รวมถึงเสียโอกาสด้านการผลิตด้วย

เครื่องเสียบไม้เป็นเครื่องจักรที่มีความสำคัญอย่างมากในขั้นตอนการผลิตอาหารเสียบไม้ การที่เครื่องเสียบไม้ชำรุด บ่อยครั้งจะทำให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการผลิตและอาจทำให้ส่งมอบสินค้าไม่ทันกำหนดเวลาได้

จากการเก็บข้อมูลในช่วงระยะเวลา 3 เดือนพบว่าปัญหาหลักที่ทำให้เครื่องเสียบไม้ต้องหยุดการทำงานบ่อยครั้งเกิดจาก

3 สาเหตุคือ แม่แบบหลุดจากถาดรองแม่แบบ ไม้หักและ อุณหภูมิของสินค้าไม่สม่ำเสมอ

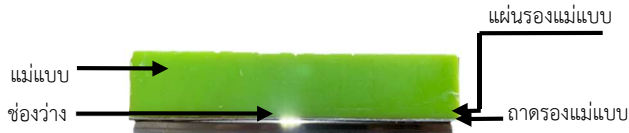
เมื่อนำข้อมูลมาเขียนทำเป็นแผนภูมิพาร์เรโต ดังรูปที่ 1 จะเห็นว่าปัญหาแม่แบบหลุดจากถาดมีอัตราการเกิดมากที่สุด คิดเป็น 55% ดังนั้นจึงได้นำปัญหานี้มาวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุและแก้ไข



รูปที่ 1 แผนภูมิพาร์เรโต

ปัญหาแม่แบบลดยึดติดขึ้นไปกับชุดกดและหลุดจากถาดรองแม่แบบ มีสาเหตุมาจากการที่ถาดรองแม่แบบเกิดการแอ่นตัวจนเกิดช่องว่างระหว่างถาดรองแม่แบบและแผ่นรองแม่แบบ ดังรูปที่ 2 ทำให้แรงแม่เหล็กไม่เพียงพอที่จะยึดแผ่นรองแม่แบบไว้ได้ แม่แบบจึงถูกดึงหลุดจากถาดรองแม่แบบได้

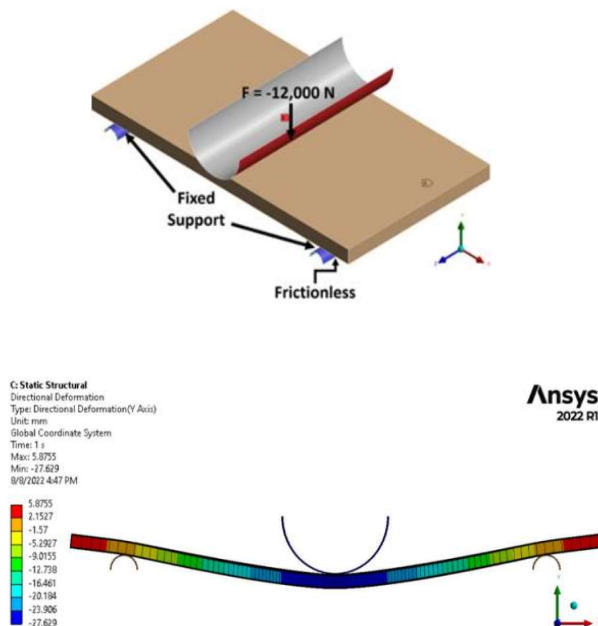
ดังรูปที่ 3 การศึกษานี้มีแนวคิดที่จะปรับปรุงภาตรองแม่แบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเพื่อลดระยะการแอ่น ปัจจัยที่นำมาพิจารณาในการออกแบบภาตรองแม่แบบ คือ ระยะการแอ่นและค่าความเค้นของภาตรองแม่แบบ



รูปที่ 2 ช่องว่างระหว่างภาตรองแม่แบบและแผ่นรองแม่แบบ



รูปที่ 3 แม่แบบหลุดจากภาตรองแม่แบบ



รูปที่ 4 แบบจำลองการทดสอบแรงกดแบบ 3 จุดบนแผงแซนวิชคอมโพสิต [1]

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงภาตรองแม่แบบเพื่อลดระยะการแอ่นตัวจากการกดของชุดกด วิเคราะห์การแอ่นตัวรวมถึงค่าความเค้น ที่เกิดกับภาตรองแม่แบบที่ออกแบบใหม่ ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สร้างภาตรองแม่แบบรูปแบบใหม่เพื่อทดสอบวัดระยะการแอ่น รวมถึงเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับผลการทดสอบ [1] ได้ทำการสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของแผงแซนวิชคอมโพสิตเพื่อจำลองการทดสอบแรงกดแบบ 3 จุด ดังรูปที่ 4 และทำนายการแอ่นตัวของแผงแซนวิช ในแบบจำลองมีการกำหนดการสัมผัสแบบไร้แรงเสียดทาน ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สอดคล้องกับการคำนวณทางทฤษฎี

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การคำนวณหาแรงกดที่ได้จากมอเตอร์ สามารถใช้กำลังมอเตอร์แปลงเป็นแรงบิด แล้วใช้ความยาวแขนโมเมนต์คำนวณหาค่าแรงกดได้ [2] แรงบิดของมอเตอร์คือโมเมนต์รอบแกนเพลามอเตอร์ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตรของกำลังของมอเตอร์

$$P = T\omega \quad (1)$$

โดยที่ P คือกำลังมอเตอร์ (W), T คือแรงบิดมอเตอร์ (N-m) และ ω คือความเร็วเชิงมุม (rad/s) แทนค่า ω ด้วย $2\pi n/60$ โดยที่ n คือความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)

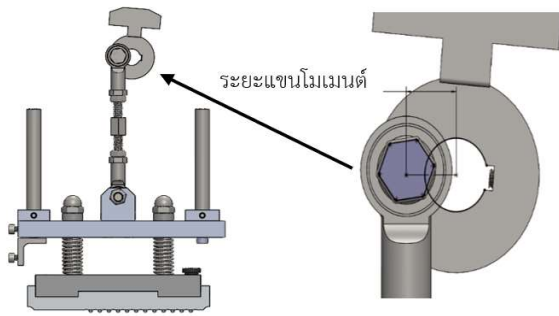
$$P = T \frac{2\pi n}{60} \quad (2)$$

แทนค่า π ด้วย 3.14 จากนั้นจัดรูปสมการหาค่าแรงบิด

$$T = \frac{9.55 \times P}{n} \quad (3)$$

จากรูปที่ 5 ความยาวของแขนโมเมนต์ (r) คือระยะระหว่างจุดศูนย์กลางแกนเพลากับจุดศูนย์กลางของสลักเกลียว ใช้คำนวณหาแรงกด (F) ได้จากสมการ

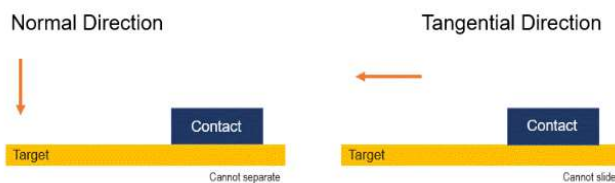
$$T = Fr \quad (4)$$



รูปที่ 5 การสร้างแรงกดโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า

ความเค้นของวอนมิสเสส (Von Mises Stress) เป็นการนำผลลัพธ์ของ ความเค้นตั้งฉาก (Normal Stress) และความเค้นเฉือน (Shear Stress) มารวมกัน ใช้เพื่อทำนายความเสียหายที่เกิดขึ้นกับชิ้นงาน โดยจะนำมาเปรียบเทียบกับ ค่าความเค้นคราก (Yield Stress) ของวัสดุ หากค่าความเค้นของวอนมิสเสส มากกว่า ค่าความเค้นครากของวัสดุ นั้นหมายถึง ชิ้นงานเกิดความเสียหาย [3]

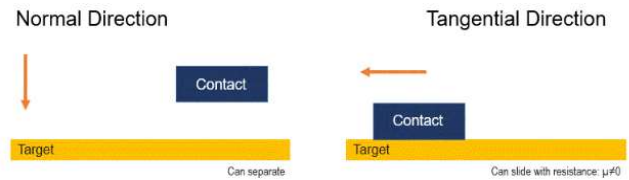
ในการสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของระบบที่มีชิ้นส่วนหลายชิ้นประกอบกัน จะต้องกำหนดรูปแบบการสัมผัสกันของชิ้นงานให้สอดคล้องกับความเป็นจริง ชนิดของการสัมผัสระหว่างชิ้นส่วนในแบบจำลอง อธิบายได้ดังนี้ [4] การสัมผัสแบบติดกัน (Bonded) เป็นการเชื่อมผิวสัมผัสแบบไม่มีการเลื่อนหรือแยกออกจากกัน พื้นที่ผิวสัมผัสจะไม่มี การเปลี่ยนรูประหว่างรับแรง เปรียบเสมือนผิวสัมผัสนั้นติดกันไปตลอด ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การสัมผัสแบบติดกัน [4]

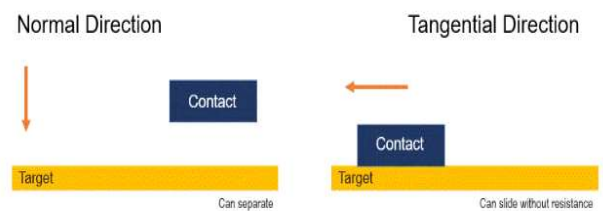
การสัมผัสแบบมีแรงเสียดทาน (Frictional) เป็นการเชื่อมผิวสัมผัสโดยยอมให้มีการเลื่อนและแยกจากกันได้ เมื่อมีแรงมากระทำกับชิ้นงาน ที่ผิวสัมผัสจะเกิดความเค้นเฉือนขึ้นทำให้ชิ้นงานเลื่อนได้ ดังรูปที่ 7 โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียด

ทานจะขึ้นอยู่กับประเภทวัสดุและลักษณะผิวของชิ้นงานแต่จะต้องมีค่ามากกว่าศูนย์



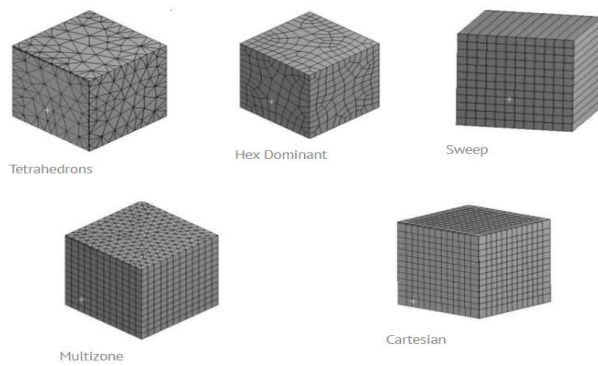
รูปที่ 7 การสัมผัสแบบมีแรงเสียดทาน [4]

การสัมผัสแบบไร้แรงเสียดทาน (Frictionless) เป็นการเชื่อมผิวสัมผัสโดยยอมให้มีการเลื่อนแบบอิสระ สามารถแยกจากกันได้เมื่อมีแรงมากระทำกับชิ้นงาน ดังรูปที่ 8 โดยที่สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานมีค่าเท่ากับศูนย์



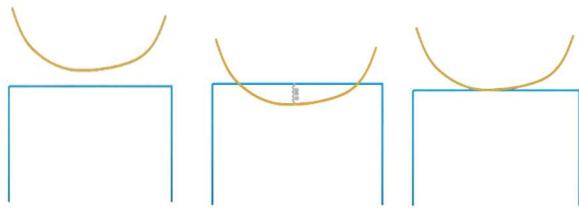
รูปที่ 8 การสัมผัสแบบไร้แรงเสียดทาน [4]

เมชแบบ Multizone ในโปรแกรม Ansys เพื่อให้เมชมีความเป็นระเบียบมากยิ่งขึ้น เราสามารถเลือกวิธีการสร้างรูปแบบของเอลิเมนต์ที่ใช้สร้างเมชได้ โดยในแต่ละรูปแบบก็จะมี ความแตกต่างกันออกไป ไม่ว่าจะเป็นแบบ Tetrahedrons, Hex Dominant, Sweep, Multizone และ Cartesian. การสร้างเอลิเมนต์แบบ Multizone ขั้นตอนแรกชิ้นงานจะถูกแบ่งออกเป็น ส่วนๆ จากนั้นโปรแกรมจะพยายามสร้างเมชแบบ Hexahedral (เอลิเมนต์แบบรูปทรงสี่เหลี่ยม) ให้มากที่สุด นอกจากนั้นพื้นที่ส่วนที่มีความซับซ้อน จะถูกสร้างด้วยเมชแบบอื่นๆ [5] เช่น Tetrahedral หรือ Pyramid



รูปที่ 9 วิธีสร้างเอลิเมนต์รูปแบบต่างๆ [5]

ผู้วิจัยได้นำการตั้งค่าในโปรแกรมวิเคราะห์ ในส่วนของการทดสอบการกดแบบ 3 จุดบางส่วนมาปรับใช้ เช่น การกำหนดผิวสัมผัสของชิ้นส่วน เลือกใช้การคำนวณแบบ Augmented Lagrange [6] ซึ่งทำงานเสมือนมีสปริงที่ป้องกันไม่ให้ผิวสัมผัสทะลุผ่านกันได้

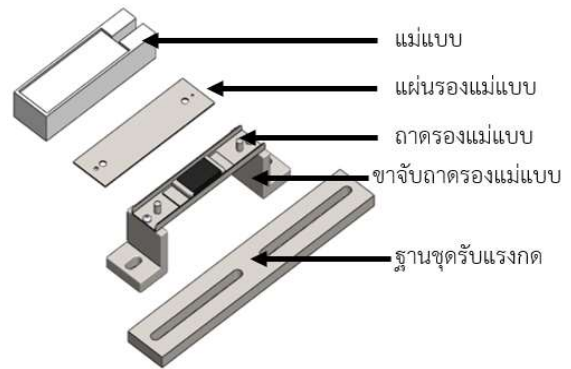


รูปที่ 10 ผิวสัมผัสชิ้นงานที่คำนวณแบบ Augmented Lagrange [6]

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

ส่วนต่างๆ ของชุดทดสอบรับแรงกด แสดงดังรูปที่ 11 ซึ่งประกอบไปด้วย แม่แบบ แผ่นรองแม่แบบ ภาตรองแม่แบบ ขาจับภาตรองแม่แบบ และฐานชุดรับแรงกด

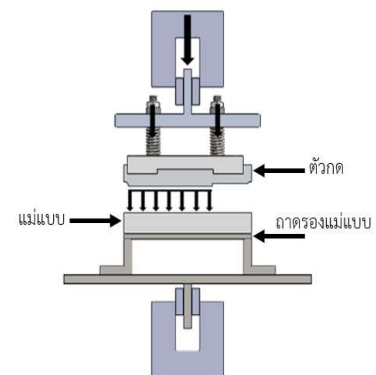
ในการวิเคราะห์ระยะแอ่น ภาตรองแม่แบบจะทำหน้าที่รับแรงจากชุดกดที่กดมายังแม่แบบ โดยมีการรองรับคล้ายกับการทดสอบแรงดัดแบบ 3 จุด แต่จะมีสลักเกลียวยึดด้านละ 1 ตัว ภาตรองแม่แบบเกิดการแอ่นตามทิศของแรงกด โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการออกแบบภาตรองแม่แบบรูปแบบต่างๆ และวิเคราะห์การแอ่นของภาตรองแม่แบบด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยกำหนดเงื่อนไขขอบเขตที่สำคัญเหมือนกันเพื่อให้ได้ภาตรองแม่แบบที่มีระยะแอ่นน้อยกว่ารูปแบบที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน



รูปที่ 11 ส่วนประกอบของชุดรับแรงกด

3.1 แรงกดที่กระทำต่อภาตรองแม่แบบ

พิจารณาภาระแรงที่กระทำมีแรงกดกระทำกับชุดกดด้านบนและส่งแรงตามโครงสร้างไปยังตัวกดในรูปของแรงกระจายโดยพื้นที่สัมผัสของตัวกดจะเอียงไปทางซ้ายของแม่แบบ ดังรูปที่ 12 จากนั้นแม่แบบจะส่งผ่านแรงไปยังแผ่นรองแม่แบบและภาตรองแม่แบบตามลำดับ ภาตรองแม่แบบซึ่งมีจุดรองรับอยู่ที่ปลายทั้ง 2 ข้างจึงเกิดการแอ่นในรูปแบบที่คล้ายกับการทดสอบแรงดัดแบบ 3 จุด



รูปที่ 12 การส่งผ่านแรงกดไปยังภาตรองแม่แบบ

ขนาดของแรงกดคำนวณได้ดังนี้

$$T = \frac{9.55 \times P}{n}$$

แทนค่า กำลังมอเตอร์ $P = 60$ วัตต์ (เป็นการแทนค่ากรณีที่มอเตอร์ส่งกำลังสูงสุด) และ ความเร็วรอบ $n = 1,200$ รอบต่อนาที

$$T = \frac{9.55 \times 60}{1,200} = 0.4775 \text{ นิวตัน-เมตร}$$

มอเตอร์ที่ใช้มีการเชื่อมต่อไปยังชุดทดผ่านเกียร์ทดรอบ ซึ่งมีอัตราทดเกียร์เท่ากับ 16

$$T = 0.4775 \times 16 = 7.64 \text{ นิวตัน-เมตร}$$

แทนค่า แรงบิด 7.64 นิวตันเมตร ระยะแขนของแรง 12 มม
ในการศึกษานี้เลือกใช้แรงกดขนาด 630 นิวตัน

$$T = Fr$$

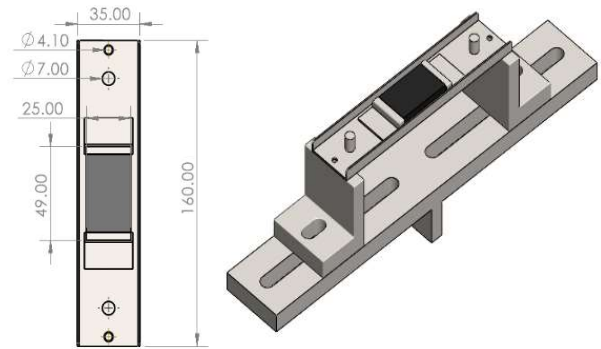
$$7.64 = F \times 0.012$$

$$F = 636.67 \text{ นิวตัน}$$

3.2 การออกแบบถาดรองแม่แบบ

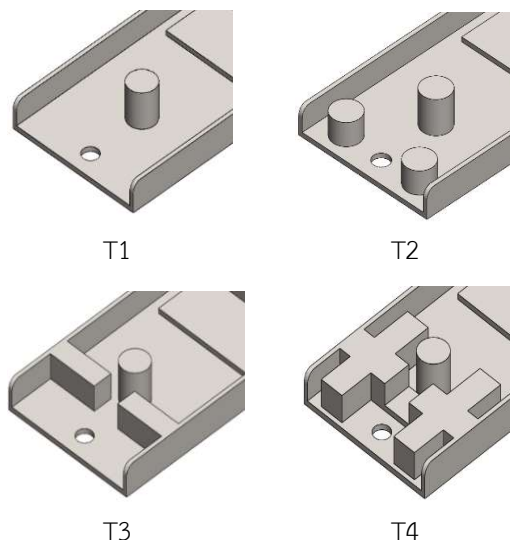
จากการเก็บข้อมูลพบว่าปัญหาแม่แบบหลุดจากถาดรองแม่แบบเนื่องจากการแอ่นของถาดรองแม่แบบมีการเกิดซ้ำบ่อยที่สุด ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงถาดรองแม่แบบของเดิมที่ใช้อยู่ เพื่อลดการแอ่นตัวโดยการออกแบบปรับปรุงในลักษณะต่างๆ ดังนี้

3.2.1 ถาดรองแม่แบบปัจจุบันมีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 35 มม. ยาว 160 มม. หนา 5 มม. ตรงกลางเป็นแม่เหล็ก ขนาดกว้าง 25 มม. ยาว 49 มม. หนา 5 มม. ดังรูปที่ 13 หมุดยึดแม่แบบมีลักษณะเป็นทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง ขนาด 7 มม. สูง 7.5 มม. ทั้งสองด้าน มีรูสำหรับยึดติดกับขาจับถาดรองแม่แบบขนาด 4.1 มม. ทั้งสองด้าน มีแป้นเกลียวขนาด M4 ยึดระหว่างถาดรองแม่แบบและขาจับถาดรองแม่แบบทั้งสองด้าน จากนั้นนำถาดรองแม่แบบ ขาจับถาดรองแม่แบบและฐานชุดรับแรงกด มาประกอบกันเป็นชุดรับแรงกด ในที่นี้จะเรียกถาดถาดรองแม่แบบที่ใช้ในปัจจุบันว่า T1



รูปที่ 13 ถาดรองแม่แบบ T1 และชุดรับแรงกด

3.2.2 การออกแบบเพื่อปรับปรุงถาดรองแม่แบบได้ผลเป็นรูปแบบใหม่ 3 แบบ คือ T2 T3 T4 โดยการใช้ถาดรองแม่แบบเดิมมาทำการปรับปรุงปลายถาดใหม่ ดังรูปที่ 14 รูปแบบ T2 ปรับปรุงมาจากถาดต้นแบบโดยเพิ่มพื้นที่สัมผัสกับแผ่นรองแม่แบบมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม. สูง 5 มม. ที่ปลายถาดรองแม่แบบข้างละสองจุด เพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่รับแรงกด รูปแบบ T3 เพิ่มพื้นที่สัมผัสจากถาดต้นแบบโดยนำเพลาสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 5 มม. ยาว 13 มม. สูง 5 มม. มาวางแนวขวางกับถาดรองแม่แบบด้านละสองจุด รูปแบบ T4 เป็นการปรับปรุงโดยเพิ่มพื้นที่สัมผัสรูปร่างกากบาท แนวขวางกับถาดรองแม่แบบขนาดกว้าง 7 มม. ยาว 13 มม. สูง 5 มม. ด้านขนานกับถาดรองแม่แบบกว้าง 6 มม. ยาว 25 มม. สูง 5 มม. มาวางซ้อนกันด้านละสองจุด ช่องตรงกลาง ขนาดกว้าง 4 มม. ยาว 7 มม.

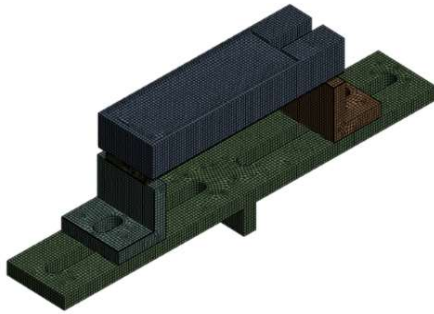


รูปที่ 14 ส่วนปลายของถาดรองแม่แบบ

3.3 วิเคราะห์การแอ่นตัวของถาดรองแม่แบบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

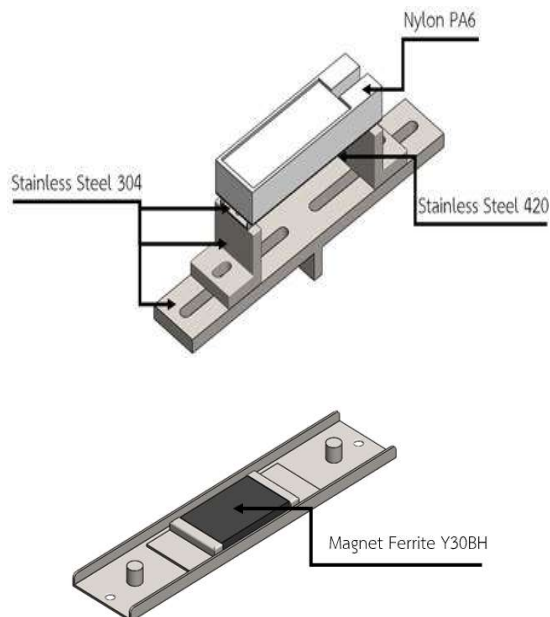
3.3.1 แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

ในการจำลองเพื่อวิเคราะห์การแอ่นตัวของถาดรองแม่แบบ ได้สร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม Ansys ในส่วนของชุดรับแรงกด ดังรูปที่ 15 โดยใช้การวิเคราะห์แบบสถิตเชิงเส้น



รูปที่ 15 แบบจำลองชิ้นงาน

กำหนดวัสดุให้กับชิ้นงานโดย แผ่นรองแม่แบบ กำหนดให้เป็น Stainless Steel 420 ถาดรองแม่แบบ ขาจับถาดรองแม่แบบและฐานชุดรับแรงกดกำหนดให้เป็น Stainless Steel 304 แม่เหล็ก บนถาดรองแม่แบบกำหนดให้เป็น Magnet Ferrite Y30BH และแม่แบบ กำหนดให้เป็น Nylon PA6 วัสดุ มีคุณสมบัติ ดังตารางที่ 1



รูปที่ 16 วัสดุที่ใช้ในแบบจำลอง

ตารางที่ 1 สมบัติของวัสดุ

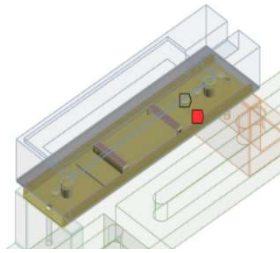
Property	Magnet Ferrite Y30BH [7]	Stainless Steel 304 [8]	Stainless Steel 420 [8]	Polyamide (Nylon) PA6 [8]
Density (kg m ⁻³)	4,889	8,000	7,800	1,140
Young's Modulus (GPa)	190	193	200	1.111
Poisson's Ratio	0.35	0.29	0.24	0.349
Shear Modulus (GPa)	70.37	77	80.7	0.411
Tensile Yield Strength (MPa)	35	215	345	43.13
Tensile Ultimate Strength (MPa)	35	505	655	71.89
Compressive Yield Strength (MPa)	-	207	345	-

3.3.2 เงื่อนไขขอบเขต

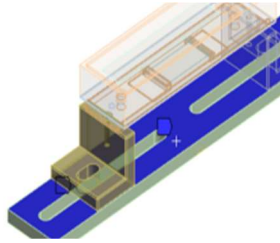
การเชื่อมกันของหน้าสัมผัสของชิ้นงานมีทั้งหมด 11 หน้าสัมผัส ดังตารางที่ 2 ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อแบบ Bonded คือแบบติดกัน 7 หน้าสัมผัส แบบ Frictional คือแบบมีแรงเสียดทาน 1 หน้าสัมผัส ค่า Friction Coefficient หน้าสัมผัส Stainless กับ Stainless [9] ใช้ค่า 0.5 และแบบ Frictionless คือแบบไร้แรงเสียดทาน 3 หน้าสัมผัส ตัวอย่างหน้าสัมผัสแบบ Frictional ระหว่างถาดรองแม่แบบกับแผ่นรองแม่แบบ ดังรูปที่ 17 ตัวอย่างหน้าสัมผัสแบบ Bonded ระหว่างขาจับถาดรองแม่แบบ 1 กับฐานชุดรับแรงกด ดังรูปที่ 18

ตารางที่ 2 การเชื่อมกันของหน้าสัมผัสของชิ้นงาน

Contact Body	Target Body	Type of contact
ถาดรองแม่แบบ	แม่เหล็ก	Bonded
ขาจับถาดรองแม่แบบ 1	ฐานชุดรับแรงกด	Bonded
ขาจับถาดรองแม่แบบ 2	ฐานชุดรับแรงกด	Bonded
ขอบรูใต้แม่แบบ 1	ขอบรูปแม่แบบ 1	Bonded
ขอบรูใต้แม่แบบ 2	ขอบรูปแม่แบบ 2	Bonded
ขอบรูใต้ถาดรองแม่แบบ 1	ขอบรูปขาจับถาดรองแม่แบบ 1	Bonded
ขอบรูใต้ถาดรองแม่แบบ 2	ขอบรูปขาจับถาดรองแม่แบบ 2	Bonded
ถาดรองแม่แบบ	แผ่นรองแม่แบบ	Frictional
แม่แบบ	แผ่นรองแม่แบบ	Frictionless
ถาดรองแม่แบบ	ขาจับถาดรองแม่แบบ 1	Frictionless
ถาดรองแม่แบบ	ขาจับถาดรองแม่แบบ 2	Frictionless

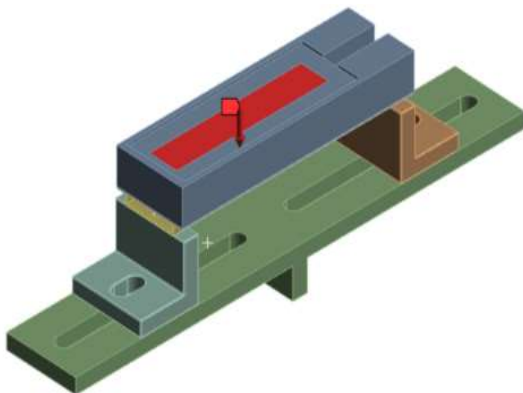


รูปที่ 17 หน้าสัมผัสแบบ Frictional



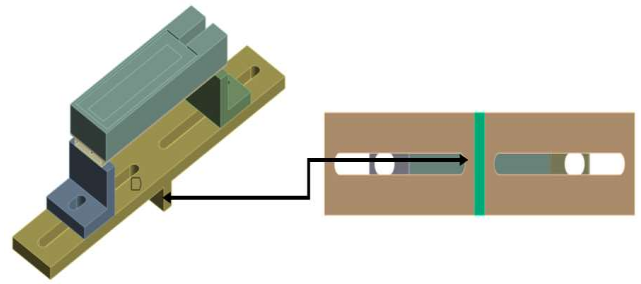
รูปที่ 18 หน้าสัมผัสแบบ Bonded

แรงที่กระทำกับแม่แบบเป็นแรงกระจายบนพื้นผิวสัมผัสของตัวกด จึงกำหนดเป็นแรงกระจายสม่ำเสมอบนพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 20 มม. ยาว 105 มม. ซึ่งขนาดของแรงรวมคือ 630 นิวตัน กดลงที่ผิวของแม่แบบ ดังรูปที่ 19 โดยในความเป็นจริงแรงกดนี้จะกระทำผ่านชิ้นเนื้อที่วางอยู่ในแม่แบบ



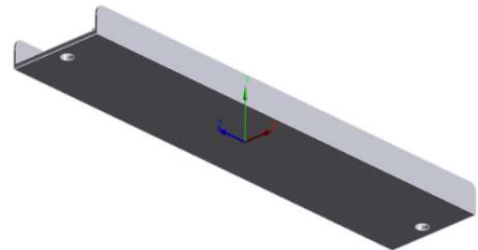
รูปที่ 19 แรงกระจายที่กระทำต่อแม่แบบ

กำหนดเงื่อนไข การรองรับแบบยึดแน่น (Fixed Support) ที่จุดยึดชุดรับแรงกดเข้ากับเครื่องทดสอบ โดยกำหนดการรองรับแบบยึดแน่นที่ได้ฐานชุดรับแรงกด มีขนาดกว้าง 10 มม. ยาว 50 มม. ดังรูปที่ 20



รูปที่ 20 จุดรองรับแบบยึดแน่นที่ฐานของชุดรับแรงกด

กำหนดผลลัพธ์ที่ต้องการ สมมูลความเค้นของวอนมิสเสส (Equivalent von-Mises Stress) และ จุดการเสียรูป (Deformation Probe) ในส่วนของจุดการเสียรูป กำหนดระบบแกน (Coordinate System) ตั้งอยู่ตรงกึ่งกลางของขอบถาดรองแม่แบบ ทิศทาง (Orientation) กำหนดค่า ระบบแกน ซึ่งจะเป็นการหาระยะการแอ่นตามแกนที่สนใจ ซึ่งในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะแกน y และทำการเปรียบเทียบผล



รูปที่ 21 ระบบแกนของแบบจำลอง

4. ผลการคำนวณและวิเคราะห์

4.1 การตรวจสอบอิทธิพลของขนาดเอลิเมนต์

การสร้างเมช บนชิ้นส่วนของแบบจำลองใช้วิธี MultiZone ในการคำนวณ ขนาดเมชที่เลือกใช้ พิจารณาจากจำนวนเอลิเมนต์และระยะแอ่นสูงสุด โดยกำหนดให้เมชของ แม่แบบ แผ่นรองแม่แบบ ขาจับถาดรองแม่แบบและฐานชุดรับแรงกดมีขนาดตั้งแต่ 10 มม. ไปจนถึง 2 มม. ดังตารางที่ 3 เนื่องจากส่วนโค้งที่มีขนาดเล็กทำให้ไม่สามารถสร้าง เมชขนาดใหญ่ได้ จึงได้กำหนดเมชชิ้นส่วนถาดรองแม่แบบไว้ที่ 1 มม. ดังรูปที่ 22

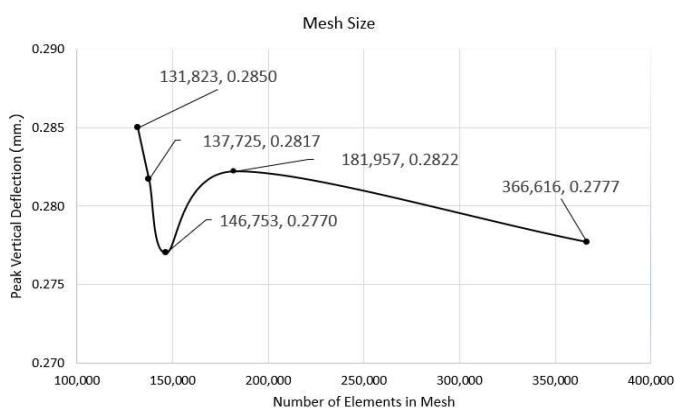


รูปที่ 22 ภาตรองแม่แบบเมช 1 มม.

จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าเมช ขนาด 4 มม. และ 2 มม. มีจำนวนเอลิเมนต์เพิ่มขึ้น 2.01 เท่าระยะแอนต่างกัน 1.59% ซึ่งผลต่างมีค่าน้อยและจากรูปที่ 23 จะเห็นได้ว่าระยะการแอนที่ 2 มม. มีค่าใกล้เคียงกับระยะแอนที่ 6 มม. ดังนั้น เมชขนาด 2 มม. จึงเหมาะสมที่จะใช้กับการวิเคราะห์นี้

ตารางที่ 3 ขนาด Mesh ที่เลือกใช้

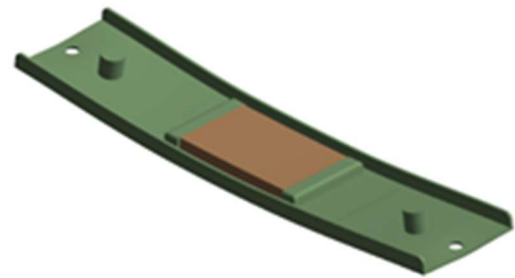
เมช (มม.)	Nodes	Elements	ระยะการแอน (มม.)	การเปลี่ยนแปลง ระยะการแอน (เปอร์เซ็นต์)	เวลาประมวลผล (ชั่วโมง)
10	221,851	131,823	0.2850	0.00	0.30
8	231,425	137,725	0.2817	-1.16	0.33
6	246,533	146,753	0.2770	-1.67	1.09
4	304,316	181,957	0.2822	1.88	0.48
2	624,654	366,616	0.2777	-1.59	2.33



รูปที่ 23 ความสัมพันธ์ของระยะแอนแนวแกน y กับจำนวน Element

4.2 ผลการวิเคราะห์ภาตรองแม่แบบ

เปรียบเทียบระยะแอนและความเค้นสูงสุดของภาตรองแม่แบบแบบต่างๆ เพื่อให้เห็นภาพของการแอนตัวได้ชัดเจน จึงแสดงการเสียรูปด้วยมาตราส่วนขยาย 20 เท่า ได้ผลดังตารางที่ 4 การวัดระยะแอนจะวัดที่กึ่งกลางใต้ภาตรองแม่แบบ จากรูปที่ 24 จะเห็นได้ว่าการแอนสูงสุดเกิดขึ้นตรงกึ่งกลางเยื้องไปทางซ้ายของภาตรองแม่แบบ จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่า T2 ถึง T4 มีค่าการแอนตัวลดลง 2.20% 3.82% 11.78% ตามลำดับ ซึ่ง T4 เกิดการแอนตัวน้อยที่สุดจึงได้เลือกรูปแบบดังกล่าวมาทำการพิจารณาค่าความเค้นต่อไป



รูปที่ 24 การแอนของ T1 (มาตราส่วนขยาย 20 เท่า)

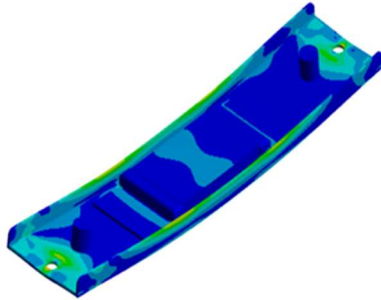
ตารางที่ 4 ระยะการแอนของภาตรองแม่แบบ

Type	ระยะการแอน (มม.)	ระยะการแอน เทียบกับ T1 (มม.)	ระยะการแอน เทียบกับ T1 (เปอร์เซ็นต์)
T1	0.2777	0.0000	0.00
T2	0.2716	-0.0061	2.20
T3	0.2671	-0.0106	3.82
T4	0.2450	-0.0327	11.78

ความเค้นที่นำมาพิจารณาคือ ความเค้นของวอนมิสเชส เป็นค่าความเค้นที่ได้จากการวิเคราะห์และใช้เปรียบเทียบกับค่าความเค้นคราก ของวัสดุเพื่อพิจารณาว่าชิ้นงานนั้นเกิดการเสียหายหรือไม่ จากรูปที่ 25 จะเห็นได้ว่ามีความเค้นเกิดขึ้น 2 ส่วนคือ ตรงรูยึดภาตรองแม่แบบและที่ขอบของภาตรองแม่แบบ

Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 5 s
18/9/2567 22:23

196.65 Max
174.8
152.95
131.1
109.25
87.399
65.549
43.699
21.85
5.4643e-5 Min

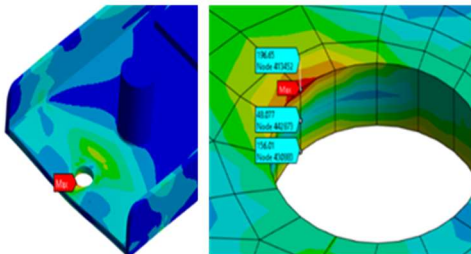


รูปที่ 25 ความเค้นของวอนมิสเสสของภาตรองแม่แบบ T1 (แสดงการเสียรูปด้วยมาตราส่วนขยาย 20 เท่า)

การเยื้องศูนย์ของชุดกดทำให้เกิดค่าความเค้นที่ด้านซ้ายมากกว่าทางด้านขวา จากรูปที่ 26 จะเห็นว่าความเค้นที่เกิดขึ้นลักษณะเป็นจุด เกิดที่ขอบและมีค่าสูงสุดผิดปกติ ของ T1 ตรงกึ่งกลางของชิ้นงานมีค่าความเค้น 48.07 MPa ที่ด้านบนของชิ้นงานมีค่า 196.65 MPa เพิ่มขึ้น 4 เท่า ของ T4 รูปที่ 27 ตรงกึ่งกลางของชิ้นงานมีค่าความเค้น 76.07 MPa ที่ด้านบนของชิ้นงานมีค่า 370.34 MPa เพิ่มขึ้น 4.86 เท่า ซึ่งความเค้นที่เกิดขึ้นกับทั้งสองรูปแบบเป็นลักษณะของความเค้นเทียมและชิ้นงานจริงไม่เกิดความเสียหายในจุดนี้ จึงละไว้ไม่นำมาพิจารณา

Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 5 s
18/9/2567 22:23

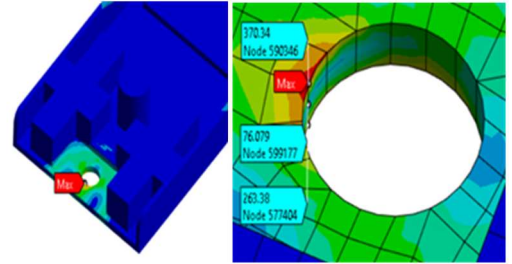
196.65 Max
174.8
152.95
131.1
109.25
87.399
65.549
43.699
21.85
5.4643e-5 Min



รูปที่ 26 ความเค้นเทียมที่ขอบรูยึดภาตรองแม่แบบ T1 (แสดงการเสียรูปด้วยมาตราส่วนขยาย 20 เท่า)

Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 5 s
18/9/2567 22:13

370.34 Max
329.19
288.04
246.89
205.74
164.59
123.45
82.297
41.149
4.8543e-5 Min

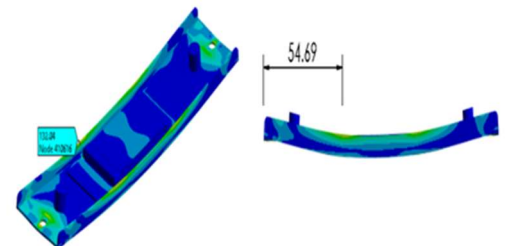


รูปที่ 27 ความเค้นเทียมที่ขอบรูยึดภาตรองแม่แบบ T4 (แสดงการเสียรูปด้วยมาตราส่วนขยาย 20 เท่า)

ความเค้นเกิดขึ้นที่ขอบของภาตรองแม่แบบ T1 มีค่าสูงสุด 132.04 MPa ที่เกิดขึ้นห่างจากปลายด้านซ้าย 54.69 มม. ดังรูปที่ 28 ของ T4 มีค่า 118.56 MPa เกิดขึ้นห่างจากปลายด้านซ้าย 54.99 มม. ดังรูปที่ 29 ซึ่งมีค่าไม่เกินค่า ความทนแรงอัด (Compressive Yield Strength) 207 MPa ดังนั้นภาตรองแม่แบบไม่เกิดการเสียรูปแบบถาวร

Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 5 s
18/9/2567 22:23

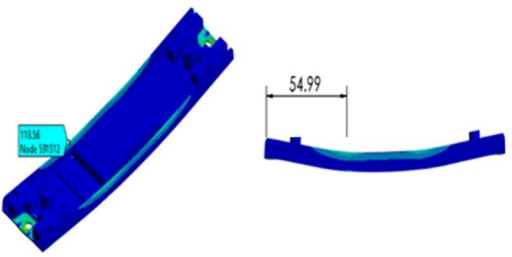
196.65 Max
174.8
152.95
131.1
109.25
87.399
65.549
43.699
21.85
5.4643e-5 Min



รูปที่ 28 ความเค้นของวอนมิสเสสที่ขอบของภาตรองแม่แบบ T1 (แสดงการเสียรูปด้วยมาตราส่วนขยาย 20 เท่า)

Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 5 s
18/9/2567 22:13

370.34 Max
329.19
288.04
246.89
205.74
164.59
123.45
82.297
41.149
4.8543e-5 Min



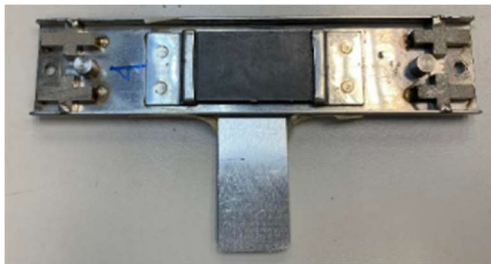
รูปที่ 29 ความเค้นของวอนมิสเสสที่ขอบของภาตรองแม่แบบ T4 (แสดงการเสียรูปด้วยมาตราส่วนขยาย 20 เท่า)

ในการวิเคราะห์แบบจำลอง T1 มีจำนวนโนด 624,654 โนดและจำนวนเอลิเมนต์ 366,616 เอลิเมนต์ ใช้เวลา 2.22 ชั่วโมงรวมถึงใช้เครื่องมือและทรัพยากรดังนี้ Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2640 v4 @ 2.40GHz 2 Cores Memory 20.95 GB

4.3 ทดสอบผาตรองแม่แบบ

หลังจากพิจารณาการเยาะการแ่นที่เกิดกับผาตรองแม่แบบ แล้วพบว่ารูปแบบ T4 เกิดการแ่นน้อยที่สุด จึงสร้างชิ้นงาน เพื่อทำทดสอบเทียบกับ T1

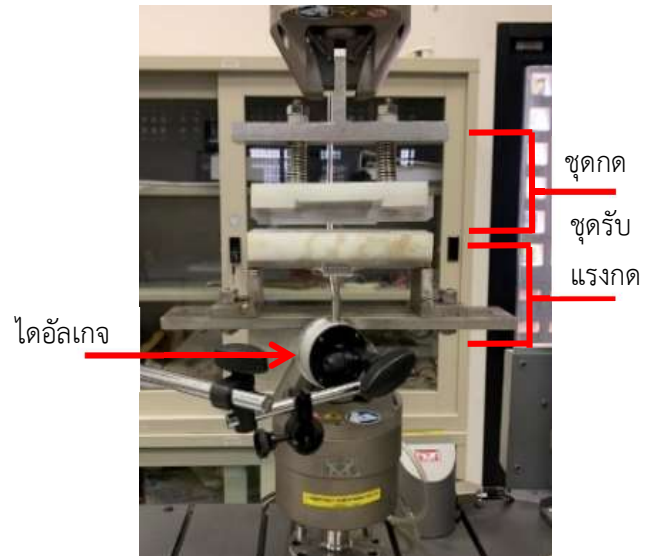
นำผาตรองแม่แบบ T1 และ T4 มาทดสอบกับเครื่อง Instron E3000 ขนาดโหลดเซลล์ 3 กิโลนิวตัน เพื่อหาค่าความแตกต่างระหว่างแบบจำลองจากการวิเคราะห์กับการทดสอบ ชิ้นงานจริง โดยนำแผ่นอะลูมิเนียมมาติดใต้ผาดังรูปที่ 30 เพื่อใช้วัดระยะการแ่น จากนั้นทำการติดตั้งชุดทดสอบและไดอัลเกจสำหรับวัดค่าระยะการแ่น ดังรูปที่ 31 ในการทดลองจะตั้งค่าความเร็วของชุดกด 1.5 มม.ต่อนาที และตัดการทำงานของเครื่องมือแรงที่วัดได้จากเครื่องทดสอบ มีค่า 630 นิวตัน จากนั้นอ่านค่าระยะแ่นจากไดอัลเกจ ทำการทดลองรูปแบบละสามครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 30 ผาตรองแม่แบบติดตั้งแผ่นอะลูมิเนียมสำหรับวัดระยะการแ่น

จากผลการวิเคราะห์แบบจำลองและการทดสอบ ตารางที่ 5 การกดทดสอบ T1 มีค่าเฉลี่ย 0.3267 มม. และค่าจากแบบจำลอง 0.2777 มม. ผลต่างของค่าเฉลี่ยการกดและค่าจากแบบจำลองมีค่า 0.0490 มม. คิดเป็น 14.99% การกดทดสอบ T4 มีค่าเฉลี่ย 0.2933 มม. และค่าจากแบบจำลอง 0.2450 มม. ผลต่างของค่าเฉลี่ยการกดและค่าจากแบบจำลองมีค่า 0.0483 มม. คิดเป็น 16.48% จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ไม่ว่าจะเป็นจากการทดลองหรือจากแบบจำลองจะมีแนวโน้มไปใน

ทิศทางเดียวกันคือ การแ่นของ T4 มีค่าน้อยกว่า T1 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ของไฟไนต์เอลิเมนต์ในหัวข้อ 3.3



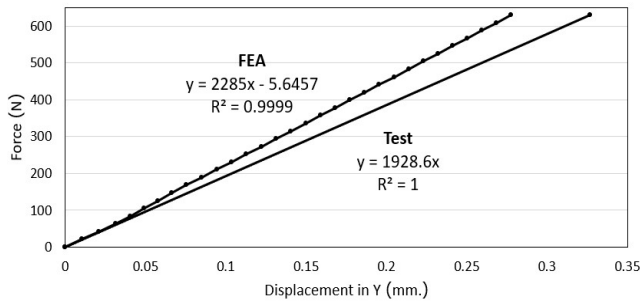
รูปที่ 31 ชุดทดสอบและไดอัลเกจ

ตารางที่ 5 ระยะการแ่นของผาตรองแม่แบบจากการวิเคราะห์แบบจำลองและจากการทดสอบ

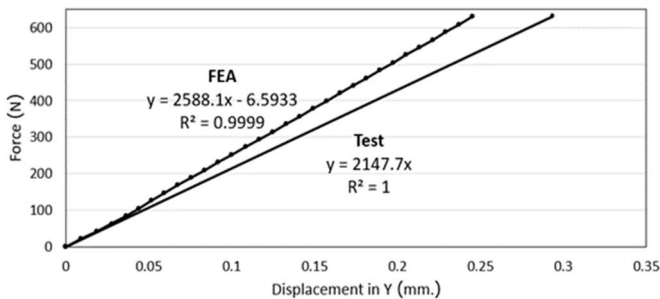
Type	การทดสอบ ระยะแ่น เฉลี่ย (มม.)	การวิเคราะห์ ไฟไนต์เอลิเมนต์ ระยะแ่น (มม.)	ผลต่างของระยะแ่นไฟไนต์เอลิเมนต์ เทียบกับการทดสอบ	
			ระยะแ่น (มม.)	ระยะแ่น (เปอร์เซ็นต์)
T1	0.3267	0.2777	0.0490	14.99
T4	0.2933	0.2450	0.0483	16.48

นอกจากระยะแ่นและความเค้นที่เกิดขึ้นแล้ว ในงานวิจัยนี้ยังได้ทำการศึกษาความแข็งเกร็ง (Stiffness) ของชิ้นงาน T1 และ T4 ความแข็งเกร็งของผาตรองแม่แบบสามารถพิจารณาได้จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะแ่นโดยนำข้อมูลค่าระหว่างระยะแ่นและแรงกดจากแบบจำลอง มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าความชัน

ในแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ได้บันทึกค่าข้อมูลของจุดตัดไว้หลายจุด ซึ่งแตกต่างจากการทดลองที่บันทึกค่าไว้เพียงจุดเดียว แต่ไม่ว่าจะเป็นกราฟจากแบบจำลองหรือจากการทดลองพบว่าลักษณะของเส้นกราฟนั้นเป็นเส้นตรงทั้งสองแบบ



รูปที่ 32 แรงกดกับระยะแอ่น : ถาดรองแม่แบบ T1



รูปที่ 33 แรงกดกับระยะแอ่น : ถาดรองแม่แบบ T4

จากตารางที่ 6 พบว่าค่าความชันจากแบบจำลองมีค่าสูงกว่าการทดลองทั้ง 2 รูปแบบ ซึ่งอาจเกิดจากสมมติฐานในการสร้างแบบจำลอง คือความไม่สมมาตรของแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากในการทดลองแรงที่ชุดกดส่งมายังชุดรับแรงมีความไม่สมมาตร ดังนั้นในหากติดตั้งชุดกดคลาดเคลื่อนอาจทำให้ระยะแอ่นที่เกิดขึ้นคลาดเคลื่อนไปด้วย ความไม่สมบูรณ์แบบในการทดสอบ มีช่องว่างระหว่างถาดรองแม่แบบและแผ่นรองแม่แบบ ซึ่งอาจเป็นเหตุให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนได้และความคลาดเคลื่อนจากการวัดระยะ เนื่องจากระยะการแอ่นที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยมาก จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ แต่แนวโน้มที่ของแบบจำลองและจากการทดสอบมีความสอดคล้องคือ ระยะแอ่นและความเค้นที่ขอบถาดของ T4 น้อยกว่า T1 ดังนั้น T4 ที่ออกแบบจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นรูปแบบที่ใช้ในการปรับปรุง

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบความชันของกราฟระหว่างจากไฟไนต์เอลิเมนต์ของแบบจำลองและค่าเฉลี่ยจากการทดลอง

Type	ค่าเฉลี่ยความชันจากการทดสอบ (นิวตันต่อมิลลิเมตร)	ค่าความชันจากไฟไนต์เอลิเมนต์ (นิวตันต่อมิลลิเมตร)	ผลต่างของค่าเฉลี่ยความชันจากการทดลองกับไฟไนต์เอลิเมนต์ (นิวตันต่อมิลลิเมตร)	ผลต่างของค่าเฉลี่ยความชันจากการทดลองกับไฟไนต์เอลิเมนต์ (เปอร์เซ็นต์)
T1	1,928.60	2,285.00	356.40	18.48
T4	2,147.70	2,588.10	440.40	20.51

ส่วนสำคัญที่ทำให้การแอ่นของถาดรองแม่แบบลดลงคือพื้นที่รับแรง รวมถึงตำแหน่งพื้นที่รับแรงด้วย หากต้องการให้ถาดรองแม่แบบมีความแข็งแรงมากขึ้น จะต้องเสริมแท่งรับแรงตามแนวยาวของถาด เพื่อเพิ่มความแข็งแรงทั้งด้านการตัดซึ่งจะทำให้ระยะการแอ่นลดลง

5. สรุปผล

การออกแบบปรับปรุงถาดรองแม่แบบสามารถสร้างแบบจำลองที่ใช้ทำนายระยะแอ่นตัวของถาดรองแม่แบบ ซึ่งสามารถนำไปใช้เพื่อการปรับปรุงรูปแบบใหม่ได้ เช่น เปลี่ยนรูปร่างของพื้นที่รับแรงหรือทำการออกแบบถาดรองแม่แบบใหม่และนำมาใช้หาค่าการแอ่นตัวจากแบบจำลองนี้

สร้างแบบจำลองด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับระยะแอ่นที่เกิดขึ้นจริงได้ ซึ่งแต่ละรูปแบบนั้นมีลักษณะการปรับปรุงที่แตกต่างกัน แรงที่มากระทำกับถาดรองแม่แบบมีขนาดเท่ากัน ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดเดียวกัน ซึ่งหลักเกณฑ์ที่ใช้เลือกรูปแบบคือ ระยะแอ่นน้อยที่สุด จากนั้นนำชิ้นงานไปทดสอบเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนจากการจำลองในโปรแกรม จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. จากผลการจำลองระยะแอ่นของถาดรองแม่แบบรูปแบบต่างๆพบว่า ถาดรองแม่แบบ T4 มีค่าระยะแอ่นน้อยที่สุด
2. จากผลการจำลองระยะแอ่นของ T4 เทียบกับ T1 ค่าความคลาดเคลื่อนคิดเป็น 11.78% ความเค้นสูงสุดที่ขอบของถาดรองแม่แบบลดลง 10.20% และชิ้นงานไม่เกิดความเสียหาย
3. หลังจากนำถาดรองแม่แบบ T1 และ T4 มาทดสอบกับเครื่อง Instron E3000 แล้ว พบว่าค่าระยะแอ่นจากการ

วิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์และจากการทดสอบมีค่าความแตกต่างกันของ T1 14.99% ของ T4 16.48% ดังนั้น T4 จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นรูปแบบที่ใช้ในการปรับปรุงกับชิ้นงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

4. ถาดรองแม่แบบ T4 สามารถลดปัญหาแม่แบบหลุดจากถาดรองแม่แบบได้ และแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถใช้ทำนายการแอ่นตัวและความเสียหายของถาดรองแม่แบบรูปแบบอื่นๆ หากมีการปรับปรุงต่อไปในอนาคตได้

6. ข้อเสนอแนะ

การปรับปรุงถาดรองแม่แบบ ในระหว่างติดตั้งชิ้นงานเพื่อใช้ทดสอบกับเครื่อง Instron E3000 พบว่ามีช่องว่างระหว่างถาดและแผ่นรองแม่แบบ ดังรูปที่ 34 ซึ่งอาจเป็นเหตุให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบจำลองและการทดสอบจริง และในการศึกษาครั้งนี้เป็นการนำถาดรองแม่แบบเก่ามาทำการปรับปรุงเพื่อลดต้นทุน จึงไม่ได้ทำการออกแบบชิ้นงานต้นแบบใหม่ หากทำการออกแบบถาดรองแม่แบบใหม่ทั้งหมด จะสามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างเพื่อลดระยะการแอ่นตัวได้มากขึ้น



รูปที่ 34 ช่องว่างระหว่างถาดและแผ่นรองแม่แบบ

นอกจากการปรับเปลี่ยนโครงสร้างแล้ว ผู้ที่สนใจยังสามารถนำแบบจำลองที่ได้ทำขึ้น มาปรับเปลี่ยนแรงที่กดลงบนชิ้นงาน เพื่อใช้ทำนายระยะแอ่นที่เกิดขึ้นได้

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ได้สนับสนุนโปรแกรม Ansys License Manager 2022 R2 Package : Ansys Academic Research Mechanical and CFD Kasetsart University account no.: 418672. เพื่อใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลอง

เอกสารอ้างอิง

- [1] ธิติวัฒน์ มัตตะธนนิตย์. การออกแบบตัวถังคอมโพสิตไร้โครงแบบผสมสำหรับรถแข่งฟอร์มูล่านักเรียน [วิทยานิพนธ์]. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตวิทยาลัย , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2565.
- [2] Engineering ToolBox. Angular motion - power and torque. Available form: https://www.engineeringtoolbox.com/angular-velocity-acceleration-power-torque-d_1397.html [Accessed 12th September 2024].
- [3] Simulation so easy. Result of Simulation. Available form: <https://thai-solidworks-simulation.blogspot.com/2016/03/simulation-part-25.html> [Accessed 12th September 2024].
- [4] Mehead. Ansys contact types and explanations. Available form: <https://www.mechhead.com/contact-types-and-behaviours-in-ansys/>. [Accessed 12th September 2024].
- [5] Mehead. Mesh methods and element types in ansys workbench. Available form: <https://www.mechhead.com/mesh-methods-and-element-types-in-ansys-workbench/> [Accessed 12th September 2024].
- [6] Ansys innovation courses. Basics of contact. Available form: <https://courses.ansys.com/index.php/courses/connecting-partstogether/lessons/understanding-basics-of-contact-lesson-2/> [Accessed 12th September 2024].
- [7] Ansys® Release 2022 R2, Granta Materials Data for Simulation, ANSYS, Inc.
- [8] MatWeb. Material property data. Available form: <https://www.matweb.com/index.aspx>. [Accessed 12th September 2024].
- [9] Tribonet. Friction coefficient tables in air and vacuum. Available form: <https://www.tribonet.org/wiki/friction-coefficients-in-atmosphere-and-vacuum/> [Accessed 12th September 2024].