

การจำลองและสร้างแม่พิมพ์สำหรับการตีขึ้นรูป

Simulation for forging

รัชมา โพธิ์ทอง¹, บวรศักดิ์ คุ่มธรราร¹, พงษ์พัฒน์ บุญชัย¹, วิลาสินี มีมั่งกิก^{1*}¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ตำบลกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

*ติดต่อ: fengwmp@ku.ac.th, 034-355-310, โทรสาร 034-355-310

บทคัดย่อ

เนื่องด้วยในปัจจุบันการตีขึ้นรูปชิ้นงานมีกระบวนการในการผลิตหลายขั้น และบางครั้ง หลังจากการผลิตชิ้นงานที่ออกมาได้ไม่สมบูรณ์ หรือไม่เต็มแบบ ทำให้การผลิตชิ้นงานนั้นออกมาเป็นชิ้นงานที่ไม่สมบูรณ์ และไม่สามารถนำกลับมาใช้งานใหม่ได้ และที่สำคัญการเกิดครีบจากการขึ้นรูปไม่ต่ำกว่า 30% ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองวัสดุ เวลา รวมถึงงบประมาณในการผลิต ดังนั้นการวิเคราะห์ก่อนทำการผลิตจะช่วยลดความเสี่ยงที่จะเกิดกับชิ้นงานดังกล่าวข้างต้น โดยใช้โปรแกรมSimufact มาวิเคราะห์และแก้ไขแม่พิมพ์ให้มีความสมบูรณ์มากที่สุด ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดสอบกับชิ้นงานตัวอย่างคือลูกปืนชนิด UCF ขนาด 1 นิ้ว ซึ่งสามารถลดปริมาณครีบได้โดยเหลือครีบไม่เกิน 10% และสามารถช่วยโปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นได้ ทำให้สามารถลดต้นทุนในการผลิตลงได้

คำหลัก: การตีขึ้นรูป / แม่พิมพ์ / ลูกปืนชนิด UCF

Abstract

As a today there are many pieces forming process by the manufacturing process, each product is produced in several sessions. After production, pieces are incomplete. That part cannot be used for a job. The lost material in this process is more than 30 percentages. Time and budget was gone. Therefore, it needs to be analyzed and designed to be appropriate. The Simufact program is designed to analyze and modify the pattern to come out with the most effective. This research simulation with bearing UCF type 1 inch size. Result for fins not exceeding 10%. Then simufact program increase produce process efficiency.

Keywords : Forging process / mold / UCF / Forming

1. บทนำ

เนื่องด้วยในปัจจุบันการตีหรืออัดขึ้นรูปชิ้นงานมีหลายขั้นตอน โดยการผลิตชิ้นงานแต่ละขั้นมีกระบวนการในการผลิตหลายขั้น และบางครั้ง หลังจากการผลิต ชิ้นงานที่ออกมาได้ไม่สมบูรณ์ หรือไม่เต็มแบบ ทำให้การผลิตชิ้นงานนั้นออกมาเป็นชิ้นงานที่ไม่สมบูรณ์ และไม่สามารถนำกลับมาใช้งานใหม่ได้ จึงเป็นการสิ้นเปลืองของวัสดุ เวลา รวมถึง

งบประมาณในการผลิต ดังนั้นการวิเคราะห์ก่อนทำการผลิตจะช่วยลดความเสี่ยงที่จะเกิดกับชิ้นงานดังกล่าวข้างต้น โดยใช้โปรแกรม Simufact มาวิเคราะห์และแก้ไขให้แบบที่ออกมามีความสมบูรณ์มากที่สุด จากนั้นนำไปสร้างแม่แบบจริง เพื่อศึกษาถึงการสมบูรณ์ของแบบที่จำลองผ่านโปรแกรม การไหลของเนื้อวัสดุที่ทดสอบ รวมถึงครีบที่เกิดขึ้นหลังจากการอัดขึ้นรูปของวัสดุที่นำมาทดสอบ

AMM-2028

M.Zadshakoyan และ E.AbdiSobbouhi [1] ได้ตีพิมพ์งานวิจัย Injection Forging of Splines Using Numerical and Experimental Study ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการจำลองการอัดขึ้นรูปแบบฉีดโดยใช้โปรแกรมดีฟอรั่ม 3D เข้ามาวิเคราะห์ความเค้นและผลกระทบที่เกิดขึ้นในระหว่างการอัดขึ้นรูป โดยศึกษาจากแม่พิมพ์ทั้งหมด 3 ลักษณะ โดยเป็นแบบ 2 พัน 3 พัน และ 6 พัน ซึ่งการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาโดยมีตัวแปรในการศึกษา คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเริ่มต้นของเหล็กแท่ง จำนวนพันของแบบที่ต้องการผลิต และรัศมีที่มุมบนของแบบ รวมถึงการขึ้นรูป และการไหลของเนื้อวัสดุ

W.S. Werosaki, A. Gontarz*, Z. Pater [2] ได้ตีพิมพ์งานวิจัย Research of upsetting ratio in forming processes on a three – slides forging press ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการอัดขึ้นรูปโดยใช้ไฮดรอลิกส์ในการขึ้นรูป ซึ่งจะใช้แรงจากกระบอกลูกสูบเข้ามาอัดทำให้เกิดการขึ้นรูป โดยตัวแปรหลักของการศึกษานั้นจะศึกษาถึงการขึ้นรูปโดยใช้สัดส่วนของแม่พิมพ์ที่แตกต่างกัน และเปรียบเทียบวัสดุหลังจากการขึ้นรูป โดยสามารถสังเกตได้จากการโก่งตัวที่เกิดขึ้นของวัสดุ

1.1 การอัดขึ้นรูป

งานอัดขึ้นรูป (Press work) เป็นงานที่ได้จากการใช้เครื่องอัด อัดโลหะลงไปบนแม่พิมพ์ซึ่งมีสองส่วน คือ die และ punch งานที่ถูกอัดจะมีรูปทรงเหมือนกับแม่พิมพ์ เช่น ภาชนะ เครื่องครัว กระป๋อง แผ่นงาน แหวน เป็นต้น การอัดขึ้นรูปมีหลายประเภท เช่น งานตีขึ้นรูป (forming) การตัดขาด (punching) หรือการตัดเฉือน (shearing) ประเภทของการอัดขึ้นรูปจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1.1.1 การขึ้นรูปร้อน (Hot Working)

เป็นการขึ้นรูปโลหะในขณะที่โลหะถูกเผาให้ร้อน เพราะโลหะเมื่อถูกเผาให้ร้อนแดงจะมีลักษณะอ่อนนุ่มง่ายต่อการขึ้น โดยไม่เสี่ยงต่อการแตกหัก แต่การขึ้นรูปร้อนมีข้อเสียอยู่ตรงที่ว่าขนาดของโลหะภายหลังขึ้นรูปจะควบคุมให้ได้ใกล้เคียงที่ต้องการยาก เพราะจะมี

การหดตัวเมื่อโลหะเย็นลง และที่ผิวโลหะมักเกิดสนิม เพราะมีอุณหภูมิสูง ซึ่งโลหะจะเกิดการออกซิเดชันได้ดี การขึ้นรูปร้อนมีหลายกรรมวิธีที่สำคัญ คือ

1) การรีดร้อน โดยการรีดร้อนมี 2 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 การรีดผลิตภัณฑ์ยาว (Long Products) อาศัยลูกรีด (Roll) สองตัวหมุนในทิศทางต่างกัน ลูกรีดแต่ละตัวจะมีร่องเป็นลักษณะต่าง ๆ ตามที่ต้องการเอาโลหะที่เผาจนร้อนแดง ส่งผ่านให้ลูกรีดตามร่อง โลหะจะถูกบีบให้มีรูปร่างตามช่องว่างระหว่างลูกรีด และเคลื่อนที่ออกมาอีกด้านหนึ่ง เช่น การรีดเหล็กหน้าตัดสำหรับงานโครงสร้าง (เช่น พวง H-beam, L-beam เป็นต้น), เหล็กวางรถไฟ, เหล็กเส้นก่อสร้าง, Bars, Tubes และ Seamless Pipes เป็นต้น แบบที่ 2 การรีดผลิตภัณฑ์แผ่น (Flat Products) ลูกรีดมีลักษณะเรียบ (เป็นทรงกระบอก) ผลิตภัณฑ์จะเป็นพวงโลหะแผ่นขนาดความหนาต่าง ๆ กัน (เรียกว่า Strip, Plate, Sheet, Coil)

ในการรีดโลหะเช่นเหล็กจะเริ่มตั้งแต่เหล็กแท่งขนาดใหญ่ (Slab, Bloom หรือ Billet) ซึ่งได้มาจากเตาหลอม จากนั้นก็จะรีดให้มีขนาดเล็กลง มีแท่นรีดหลายแท่น (หรือใช้แท่นเดียวกันในบางกรณี) รีดชิ้นงานหลาย ๆ ครั้ง โดยในการรีด Long Products จะค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงรูปร่างภาคตัดขวางของชิ้นงานไปทีละน้อยในแต่ละขั้นตอนการรีด จนได้รูปร่างที่ต้องการในการรีดขั้นสุดท้าย ส่วนในการรีด Flat Products ก็เป็นไปในทำนองเดียวกัน คือ ค่อย ๆ ลดความหนาของชิ้นงานลง จนได้ความหนาที่ต้องการในการรีดที่แท่นรีดสุดท้าย

2) การตีขึ้นรูป (Forging) เป็นกรรมวิธีที่ใช้กันมานาน โดยการเผาโลหะให้ร้อนแดง แล้วใช้ค้อนตีบนแท่นเหล็กให้โลหะเปลี่ยนรูปไปตามต้องการ ซึ่งเรียกกรรมวิธีนี้ว่า Hammer หรือ Smith Forging แต่ในปัจจุบันการตีขึ้นรูปร้อนได้วิวัฒนาการมามาก โดยใช้แม่แบบ (Die) สองชิ้น ซึ่งจะแกะให้มีช่องว่างระหว่างแบบ เมื่อเอาแบบทั้งสองมาประกบกันก็จะเกิดช่องว่างมีรูปร่างเป็นของที่ต้องการจะตีขึ้นรูป และการตีขึ้นรูปจะใช้แรงกระแทกอย่างแรง โดยยกตัว

AMM-2028

แบบด้านหนึ่งขึ้นสูงและปล่อยให้ตกลงมากระทบกับแบบอีกด้านหนึ่งซึ่งอยู่กับที่ เรียกกรรมวิธีนี้ว่า Drop Forging ถ้าแรงที่กดให้โลหะเปลี่ยนรูป เป็นแบบอื่น ชื่อก็จะเปลี่ยนไปเช่น Press Forging และ Upset Forging

3) การอัดขึ้นรูป (Extrusion) หรือการรีด เป็นกรรมวิธีที่ใช้มากในปัจจุบัน โดยใช้กับโลหะที่มีความเหนียว (Ductility) สูง ทำการอัดด้วยวิธีอัดโลหะภายในแบบ (Container) ด้วยความดันสูง และให้โลหะเคลื่อนที่ (Flow) ออกไปทางช่องว่างระหว่าง Die ซึ่งจะเป็รูปร่างตามที่ต้องการไว้ วิธีการอัดขึ้นรูปมีสองลักษณะคือ Direct Extrusion และ Indirect Extrusion

1.1.2 การขึ้นรูปเย็น (Cold Working)

เป็นกรรมวิธีขึ้นรูปโลหะที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งโลหะจะมีความแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์ปกติ ดังนั้นจะต้องใช้กำลังในการขึ้นรูปสูงมาก เพื่อให้เกิดความเค้น (Stress) ในโลหะจนเลยจุด Elastic limit หรือ Yield point มิฉะนั้น ถ้าปล่อยหรือลดแรงที่กดออกโลหะก็จะคืนเข้ารูปเดิมไม่เกิดการแปรรูป การขึ้นรูปเย็นนี้สามารถควบคุมขนาดของโลหะในช่วงสุดท้ายได้แน่นอน และผิวของโลหะสะอาดเป็นมันเรียบ

ในอุตสาหกรรมจะทำการทำ Cold working ในขั้นสุดท้ายหลังจากที่ทำ Hot Working มาก่อน เพื่อจะได้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยลง และได้ผลิตภัณฑ์ที่ดี กรรมวิธี Cold working มีหลายประเภทที่สำคัญได้แก่

1) การรีดเย็น (Rolling) คือ การรีดในลักษณะเช่นเดียวกับ Hot Rolling แต่จะทำในขั้นสุดท้ายเท่านั้น เพื่อให้ได้โลหะมีขนาดแน่นอนและผิวเรียบ เช่น การรีดเหล็ก ท่อเหล็กและอะลูมิเนียม ที่มีขายอยู่ในท้องตลาด จะมีผิวเรียบเป็นมัน

2) การดึงโลหะ (Drawing) ใช้วิธีดึงโลหะผ่านแบบ ซึ่งจะออกแบบให้มีรูปร่างตามต้องการ โดยทั่วไปมักใช้ในการผลิตเส้นลวดโลหะ เรียกว่าการทำ Wire Drawing การดึงโลหะนี้จะเกิดการเสียดสีอย่างรุนแรงระหว่างโลหะกับ Die ดังนั้น โลหะที่ทำเป็น Die จะต้องมีความแข็งแรงสูงมาก จะใช้พวกทังสเตนคาร์ไบด์

3) การทำ Deep Drawing เป็นการขึ้นรูปเย็นสำหรับโลหะแผ่น (Sheet Metal Forming) ที่ใช้สำหรับทำภาชนะ ทำพวกลูกถ้วยหรือพวกหลอด โดยใช้แรงดันผ่าน Die ทำให้โลหะเปลี่ยนรูปจากลักษณะหนึ่งไปเป็นอีกลักษณะหนึ่ง

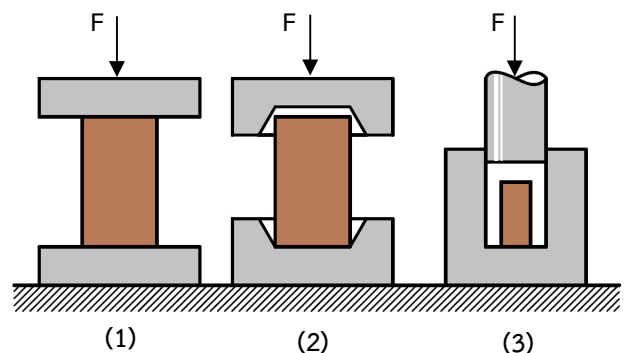
1.2 ชนิดของแม่พิมพ์

ประเภทของแม่พิมพ์ที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังรูปที่ 1

1) แม่พิมพ์แบบ Open die forging ใช้ในการอัดขึ้นรูปกับชิ้นงานที่มีหน้าตัดเป็นทรงกระบอก และมีแรงกระทำตกลงมาตามแนวแกน ซึ่งจากการขึ้นรูปชนิดนี้จะทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานเพิ่มขึ้นแต่ชิ้นงานบางลง

2) แม่พิมพ์แบบ Impression die forging ใช้ในการอัดขึ้นรูปชิ้นงานให้เป็นไปตามแบบที่ต้องการโดยชิ้นงานที่ได้หลังจากการขึ้นรูปจะเกิดครีบ ต้องทำการแต่งชิ้นงานก่อนนำไปใช้งานจริง ซึ่งในการศึกษาจะศึกษาการขึ้นรูปชนิดนี้เป็นหลัก

3) แม่พิมพ์แบบ Flashless forging ในการอัดขึ้นรูปแบบนี้จะต้องมีการกำหนดขนาดของวัสดุที่จะนำมาอัดขึ้นรูป ให้พอดีกับขนาดของแม่พิมพ์



รูปที่ 1 แม่พิมพ์แบบต่างๆ (1) แบบ Open die forging

(2) แบบ Impression die forging

(3) แบบ Flashless forging

AMM-2028

1.3 ชิ้นงานและโปรแกรมวิเคราะห์

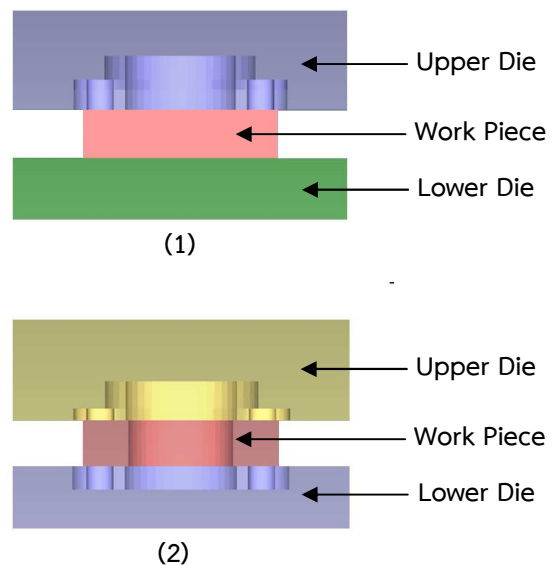
การเลือกชิ้นงานต้นแบบในการวิเคราะห์นี้ เลือกชิ้นงานต้นแบบเป็นเบ้าลูกปืนชนิด UCF ขนาด 1 นิ้ว เนื่องจากลักษณะของเบ้าลูกปืนนี้มีลักษณะรูปร่างประกอบหลายทรง เช่น สี่เหลี่ยม วงกลม และส่วนเว้าส่วนโค้ง ทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนขณะทำการอัดขึ้นรูป รวมถึงเบ้าลูกปืนชนิดนี้มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย ทั้งในเครื่องจักรภายในโรงงานอุตสาหกรรม รวมไปถึงส่วนประกอบของชิ้นส่วนยานยนต์ขนาดใหญ่

การเลือกโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ เนื่องจากโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์หะเบียนการทางไฟไนท์เอลิเมนต์นั้นมีมากมาย ซึ่งหากนำมาใช้วิเคราะห์การตีขึ้นรูปจะต้องใส่ข้อมูลแก่โปรแกรมมากและยุ่งยากในการใช้ และใช้เวลามากในการหาคำตอบของผลวิเคราะห์ จำเป็นต้องใช้โปรแกรมเฉพาะทางที่เน้นวิเคราะห์เรื่องการขึ้นรูปโดยเฉพาะ นั่นคือโปรแกรม Simufact forming โดยสามารถเรียนรู้และใช้ได้อย่างง่ายและรวดเร็วในการวิเคราะห์ ผู้วิจัยจึงได้เลือกโปรแกรมหาดังกล่าว [3]

การเลือกวัสดุอ้างอิงภายในโปรแกรม เนื่องจากในโปรแกรมไม่มีวัสดุที่เราจะนำมาทดสอบ จึงจำเป็นต้องทำการอ้างอิงวัสดุที่มีอยู่ในโปรแกรม ให้ความใกล้เคียงกับวัสดุที่นำมาทดสอบให้มากที่สุด ซึ่งในการทดลองทางคณะผู้จัดทำได้เลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมแก่การนำมาจำลองการอัดขึ้นรูป และง่ายต่อการหาซื้อทั่วไปตามท้องตลาด ซึ่งได้เลือกใช้ดินน้ำมันเป็นวัสดุที่ใช้ในการจำลองการอัดขึ้นรูป

โดยวิธีการอ้างอิงคุณสมบัติวัสดุทำได้โดยการเปรียบเทียบขนาดหน้าตัดของดินน้ำมันที่ทำการกดจริง และเปรียบเทียบหน้าตัดที่ได้จากโปรแกรม แล้วทำการปรับค่าตัวแปรประกอบการขึ้นรูปต่างๆ เช่น อุณหภูมิการกดขึ้นรูป ประเภทการขึ้นรูป แรงเสียดทานที่เกิดขึ้น และประเภทวัสดุในการขึ้นรูปในโปรแกรมให้มีขนาด และรูปร่างเหมือนกับการทดสอบกดจริง โดยใช้ดินน้ำมันในการทดสอบ 2 รูปแบบ คือแบบสี่เหลี่ยมลูกบาศก์และแบบวงแหวน

การกำหนดลำดับขั้นในการทำการทดสอบครั้งนี้ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษา และทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ครีปที่เกิดขึ้นหลังจากการอัดขึ้นรูป ขนาดของแรงที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป ความสมบูรณ์หลังการอัดขึ้นรูป รวมถึงการไหลของเนื้อวัสดุขณะทำการอัดขึ้นรูป จึงได้ทำการออกแบบแม่พิมพ์มา 2 ชนิด คือ แม่พิมพ์แบบกดด้านเดียว และแม่พิมพ์แบบกดสองด้าน ดังรูปที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบผลของการอัดขึ้นรูปว่าแม่พิมพ์แบบใดใช้แรงกดน้อยกว่า



รูปที่ 2 การออกแบบแม่พิมพ์

(1) แม่พิมพ์แบบกดด้านเดียว

(2) แม่พิมพ์แบบกดสองด้าน

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 อุปกรณ์

- 1) เครื่อง UTM (Universal testing machine)
- 2) ดินน้ำมัน
- 3) แผ่นไม้เนื้อแข็ง ขนาด 20X20X5 เซนติเมตร
- 4) เครื่องกัด CNC [4],[5]
- 5) แผ่นอะคริลิกใส
- 6) เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล แบบทศนิยม 3 ตำแหน่ง
- 7) โปรแกรม Simufact Forming

AMM-2028

2.2 วิธีการ

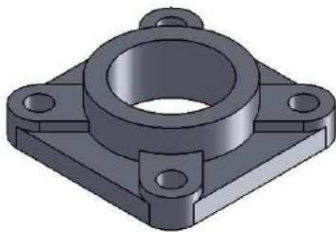
2.2.1 วิธีการอ้างอิงวัสดุเพื่อนำมาใช้ในโปรแกรม

เป็นขั้นตอนในการหาค่าคุณสมบัติวัสดุที่เหมาะสมเพื่อทำการอัดขึ้นรูปในโปรแกรกดังนี้

- 1) ติดตั้งอุปกรณ์ของเครื่อง UTM ให้พร้อมใช้งาน
- 2) ปั่นดินน้ำมันตามรูปแบบที่จะนำมาทดสอบ
- 3) กดวัสดุที่จะนำมาทดสอบลงบนระหว่างแผ่นอะคริลิกทั้งสองแผ่นให้เหลือระยะที่กำหนด แล้วบันทึกผลการออกแรง
- 4) นำชิ้นงานที่อัดขึ้นรูปเรียบร้อยแล้วมาวัดขนาดเพื่อเปรียบเทียบรูปร่างและขนาดที่ได้กับการจำลองการกดด้วยโปรแกรม และทำการปรับค่าตัวแปรสำคัญต่างๆ ภายในโปรแกรม เพื่อให้รูปร่างและขนาดหลังการกดมีค่าเท่ากับวัสดุในการทดสอบมากที่สุด
- 5) นำค่าคุณสมบัติในการกดของวัสดุนั้น ไปใช้ทดสอบจริงในการจำลองขึ้นรูปแป้ลูกปืน UCF

2.2.2 วิธีการออกแบบและจำลองในโปรแกรม

จากต้นแบบขนาดแป้ลูกปืน UCF เป็นแป้ลูกปืน



ขนาด 1 นิ้ว ดังรูปที่ 3 แล้วมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้
รูปที่ 3 แบบแป้ลูกปืน UCF ขนาด 1 นิ้ว

- 1) ออกแบบแม่พิมพ์ด้วยโปรแกรม Solid works สร้างแม่พิมพ์จำนวน 2 ชุด โดยชุดแรกเป็นแม่พิมพ์แบบด้านเดียวดังรูปที่ 4 และชุดที่สองเป็นแม่พิมพ์แบบสองด้านดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 แม่พิมพ์แบบด้านเดียว (1) แม่พิมพ์ด้านบน

(2) แม่พิมพ์ด้านล่าง



รูปที่ 5 แม่พิมพ์แบบสองด้าน (1) แม่พิมพ์ด้านบน

(2) แม่พิมพ์ด้านล่าง

- 2) การออกแบบชิ้นงาน (Work Piece) กำหนดขนาดของชิ้นงานที่จะนำมาเป็นชิ้นงานเริ่มต้น เพื่อหาระยะความกว้าง ความยาว และความสูง รวมไปถึงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะที่ทำให้เกิดครีบกาวขอบเขตคือ 10%
- 3) การทดลองทำการอัดขึ้นรูปโดยจำลองและวิเคราะห์การอัดขึ้นรูปด้วยกำหนดรูปแบบการขึ้นรูปชิ้นงานชนิดวัสดุจากการทดสอบเพื่อการอ้างอิงวัสดุ และใส่ค่าอุณหภูมิในการขึ้นรูป ในโปรแกรม Simufact โดยเงื่อนไขก็ต้องเติมแม่พิมพ์

2.2.3 วิธีการทดลองขึ้นรูปจริง

- 1) ใช้เครื่อง CNC และ G-Code เพื่อกัดชิ้นงานแม่พิมพ์ทั้ง 2 ชุด และ Work piece
- 2) การทดลองทำการอัดขึ้นรูปจริงโดยกดชิ้นงานด้วยเครื่อง UTM
- 3) นำชิ้นงานหลังทดสอบหา % ครีบกาวเพื่อทดสอบกับค่าที่จำลองใน Simufact
- 4) บันทึกค่าแรงที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปชิ้นงานจากโปรแกรม รวมถึงวิเคราะห์และบันทึกภาพจุดที่เกิดความเค้นสูงสุดระหว่างการอัด การสัมผัสระหว่างชิ้นงานหลังจากการอัดขึ้นรูป และทิศทางการไหลของเนื้อวัสดุขณะทำการอัดขึ้นรูปจากการจำลองการกดผ่านโปรแกรม
- 5) วิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นขณะอัดขึ้นรูปจากโปรแกรม
- 6) ทำการวิเคราะห์ผล และสรุปผลการทดลอง

AMM-2028

3.ผลการทดลอง

3.1 ผลการทดลองของการอ้างอิงวัสดุในโปรแกรม

จากการทดลองที่ 2.2.1 ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการอ้างอิงในการเลือกวัสดุในโปรแกรม มีผลการทดลองที่ได้จากการกดดินน้ำมัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดลองจากการอ้างอิงวัสดุ

การทดสอบ	สี่เหลี่ยมลูกบาศก์		วงแหวน
	กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	
ครั้งที่ 1	8.3	8.4	2.2
ครั้งที่ 2	8.5	8.6	2.0
ครั้งที่ 3	8.7	8.6	2.1
เฉลี่ย	8.5	8.53	2.1

และจากตารางที่ 1 นี้ เราสามารถเปรียบเทียบขนาดที่เปลี่ยนไปของชิ้นงานหลังจากการกด และนำไปเปรียบเทียบชิ้นงานที่กดจากโปรแกรม และตรวจสอบดูว่าขนาดที่ได้มีความใกล้เคียงกันหรือไม่ และเลือกใช้วัสดุชนิดนั้น เพื่อทำการทดสอบกดเบ้าลูกปืนจริง

ซึ่งเกณฑ์ในการเลือกวัสดุเพื่อมาทำการกดจริงนั้น จะเลือกจากขนาดของผลการทดลองกดในโปรแกรมที่มีขนาดเท่ากับการกดชิ้นงานจริง หากวัสดุชนิดใดไหนเป็นไปตามเกณฑ์นั้น ก็จะเลือกวัสดุชิ้นนั้นมาทำการกดจริงสำหรับการกดเบ้าลูกปืนต่อไป

โดยการเลือกวัสดุนั้น จะเลือกตั้งค่าการอัดขึ้นรูปเป็นการอัดขึ้นรูปแบบร้อน เพราะสามารถเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขณะทำการอัดขึ้นรูปได้ เนื่องจากค่าอุณหภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงไปขณะทำการอัดขึ้นรูป และเลือกป้อนขนาดของแรงเสียดทานที่ 0.3 N/m โดยจะปรับเฉพาะชนิดของวัสดุ และค่าอุณหภูมิขณะทำการอัดขึ้นรูปเพื่อให้ได้ขนาดที่ตามที่ต้องการ

ในการเลือกคุณสมบัติวัสดุสำหรับใช้กับโปรแกรม simufact forming นี้ได้นำผลจากตารางที่ 1 เปรียบ

เทียบกับตารางคุณสมบัติของวัสดุชนิดต่าง ๆ ซึ่งสามารถเทียบค่าคุณสมบัติวัสดุที่สามารถนำมาใช้ได้ คือ AISI 1018 ซึ่งเป็น carbon steel ชนิดหนึ่ง

3.2 ผลจากการออกแบบและจำลองในโปรแกรม

จากการทดลองที่ 2.2.2 ได้ผลดังนี้

- 1) แรงที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป สำหรับแม่พิมพ์แบบกดด้านเดียว ซึ่งใช้แรงในการอัดขึ้นรูปของแม่พิมพ์กดด้านเดียวมีแรงเท่ากับ 3.942×10^7 N
- 2) แรงที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป สำหรับแม่พิมพ์แบบกดสองด้าน ซึ่งใช้แรงในการอัดขึ้นรูปแม่พิมพ์แบบกดสองด้านมีค่าเท่ากับ 3.923×10^7 N
- 3) เปอร์เซนต์ครีปที่เกิดขึ้นหลังจากการอัดขึ้นรูป สำหรับแม่พิมพ์แบบกดด้านเดียวเป็นดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปอร์เซนต์ครีปที่เกิดขึ้นของการอัดขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบกดด้านเดียว

ครั้งที่	น้ำหนักรวม (g)	น้ำหนักเบ้าลูกปืน (g)	น้ำหนักครีป (g)	% ครีปที่เกิดขึ้น
1	238.093	215.813	22.278	9.35
2	239.223	216.969	22.251	9.30
3	243.461	220.662	22.798	9.36
เฉลี่ย	240.259	217.814	22.442	9.34

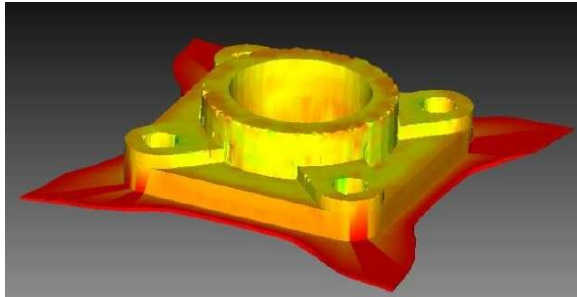
- 4) เปอร์เซนต์ครีปที่เกิดขึ้นหลังจากการอัดขึ้นรูป สำหรับแม่พิมพ์แบบกดสองด้านเป็นดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปอร์เซนต์ครีปที่เกิดขึ้นของการอัดขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบกดสองด้าน

ครั้งที่	น้ำหนักรวม (g)	น้ำหนักเบ้าลูกปืน (g)	น้ำหนักครีป (g)	% ครีปที่เกิดขึ้น
1	249.386	225.803	23.581	9.45
2	235.186	218.114	17.071	7.25
3	262.546	233.775	28.766	10.95
เฉลี่ย	249.039	225.897	23.139	9.29

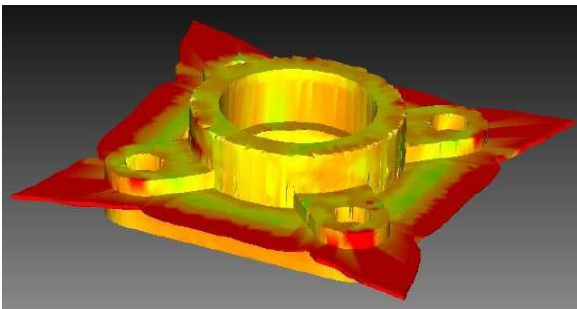
AMM-2028

5) ความเค้นที่เกิดขึ้นระหว่างการกดชิ้นงาน สำหรับแม่พิมพ์แบบกดด้านเดียวสูงสุดเท่ากับ 1.744×10^8 Pa ที่ปลายครีบริบดังรูปที่ 6



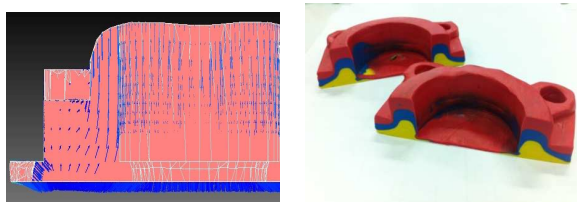
รูปที่ 6 ผลวิเคราะห์ความเค้นของแม่พิมพ์ด้านเดียว

6) ความเค้นที่เกิดขึ้นระหว่างการกดชิ้นงาน สำหรับแม่พิมพ์แบบกดสองด้านสูงสุดเท่ากับ 1.742×10^8 Pa ที่ปลายครีบริบดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ผลวิเคราะห์ความเค้นของแม่พิมพ์สองด้าน

7) ทิศทางการไหลของเนื้อวัสดุขณะทำการอัดขึ้นรูปสำหรับแม่พิมพ์แบบกดด้านเดียว ดังรูปที่ 8

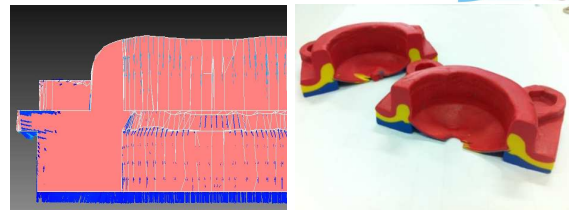


(1)

(2)

รูปที่ 8 แสดงการไหลของเนื้อวัสดุระหว่างทำการขึ้นรูปของแม่พิมพ์กดด้านเดียว (1) การกดจากโปรแกรม (2) ผลการกดจริง

8) ทิศทางการไหลของเนื้อวัสดุขณะทำการอัดขึ้นรูปสำหรับแม่พิมพ์แบบกดสองด้าน ดังรูปที่ 9



(1)

(2)

รูปที่ 9 แสดงการไหลของเนื้อวัสดุระหว่างทำการขึ้นรูปของแม่พิมพ์กดสองด้าน (1) การกดจากโปรแกรม (2) ผลการกดจริง

การใช้ดินน้ำมันหลายสี เพื่อเห็นทิศทางการไหลของเนื้อวัสดุ และแนวโน้มการเกิดช่องว่างระหว่างแม่พิมพ์และชิ้นงาน เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขแบบในชิ้นงานต่อไปได้

4.สรุปผลการทดลอง

จากตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1 สรุปได้ว่า ได้ทำการเลือกใช้วัสดุชนิด AISI 1018 และทำการขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิ 1000°C เนื่องจากมีขนาดเท่ากันกับการทดสอบกดวัสดุรูปร่างสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ และวงแหวน ทำให้เลือกใช้วัสดุข้างต้น มาใช้ในการทดสอบกดจริงต่อไป

แม่พิมพ์แบบกดสองด้านจะใช้แรงที่ทำการอัดขึ้นรูปน้อยกว่าแม่พิมพ์แบบกดด้านเดียว โดยแม่พิมพ์แบบกดสองด้านใช้แรงกด 3.923×10^7 N และแม่พิมพ์แบบกดด้านเดียวใช้แรง 3.942×10^7 N

จากรูปที่ 6 และ 7 พบว่า บริเวณที่เกิดความเค้นมากที่สุด จะอยู่ที่บริเวณครีบริบของชิ้นงาน โดยค่าความเค้นที่เกิดขึ้นของชิ้นงานที่กดด้วยแม่พิมพ์ด้านเดียวมีค่า 1.744×10^8 Pa และความเค้นที่เกิดขึ้นของชิ้นงานที่กดด้วยแม่พิมพ์แบบสองด้านมีค่า 1.742×10^8 Pa

จากการทดสอบการอัดขึ้นรูปแล้วถูกป็นจริงผลของการทดสอบการอัดขึ้นรูปจริงพบว่าแม่พิมพ์แบบกดสองด้านมีเปอร์เซ็นต์ครีบริบที่เกิดขึ้นจากการกดชิ้นงานมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าการอัดขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์กดด้านเดียว ปริมาณครีบริบไม่เกิน 10% ซึ่งการอัดขึ้นรูปทั้งสองอยู่ในขอบเขตนี้ และจากการจำลองการอัดขึ้นรูปด้วยโปรแกรมพบว่า การอัดขึ้นรูปของแม่

AMM-2028

พิมพ์สองด้านมีเปอร์เซ็นต์การเกิดครีบที่น้อยกว่าแบบ
การอัดขึ้นรูปแบบด้านเดียว ซึ่งตรงกับผลการอัดขึ้นรูป
จริงที่ทำการทดสอบ

จากผลการทดลองพบว่า บริเวณที่เกิดความ
เค้นมากที่สุด จะอยู่ที่บริเวณครีบของชิ้นงาน โดยค่า
ความเค้นที่เกิดขึ้นของชิ้นงานที่กดด้วยแม่พิมพ์ด้าน
เดียวมีค่า 1.744×10^8 Pa และความเค้นที่เกิดขึ้นของ
ชิ้นงานที่กดด้วยแม่พิมพ์แบบสองด้านมีค่า 1.742×10^8
Pa เพราะฉะนั้นการใช้แม่พิมพ์แบบสองด้านจะทำให้
เกิดความเค้นน้อยกว่า ใช้กำลังกดที่น้อยกว่า

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มวิจัยนิสิต อาจารย์ที่ปรึกษา และ
เจ้าหน้าที่ของคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน ที่ให้การ
สนับสนุนงานวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] M. Zadshakoyan, H. Jafarzadeh & E. Abdi Sobbouhi.
(2010). Injection Forging of Splines Using
Numerical and Experimental Study. Manufacturing
engineering department, University of Tabriz,
Tabriz, Iran.

<http://www.waset.org/journals/ijame/v4/v4-4-31.pdf>

[2] W.S. Werosaki, A. Gontarz*, Z. Pater. (2006).
Research of upsetting ratio in forming processes
on a three – slides forging press. The Lublin
University of Technology, Lublin, Poland.
http://157.158.19.167/papers_amme06/125.pdf

[3] การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์. ที่มา:
[http://203.158.253.140/Research/Research.../6_บทที่%20\(7-64\).doc](http://203.158.253.140/Research/Research.../6_บทที่%20(7-64).doc)

[4] Dr. Adel Fathy. (2009). Forging Process.
Department of Mechanical design and production
Zagazig, Egypt.

<http://www.staff.zu.edu.eg/efmeselehy/userdownloads/My%20Courses/Secand%20Year/Fundamentals%20of%20Metal%20Forming%202011.ppt>

[5] อำนาจ ทองแสง. (2001). ทฤษฎีและการเขียน
โปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วย
คอมพิวเตอร์. ซีเอ็ดเอ็ดดูเคชั่น, กทม.