

บทที่ 4

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการขึ้นรูปลึกชิ้นงานที่มีรูปทรงไม่สมมาตรต่อสมบัติการขึ้นรูปโดยใช้เหล็กแผ่น SPCC หนา 1.0 มม. เพื่อศึกษาชนิดของแผ่นตัดเปล่า (Blank geometry) แรงกดของแผ่นแบลด์กโฮลเดอร์ (Blank holder force) สารหล่อลื่น (Lubricant) และชนิดของดรอว์บีด (Draw bead) ทดสอบตามลำดับ โดยการขึ้นรูปกรีดวงกลมบนแผ่นแบลด์กทดสอบโดยวิธีกัดกรดด้วยไฟฟ้า ขึ้นรูปบนเครื่องเพรสไฮดรอลิกขนาด 80 ตัน ด้วยแม่พิมพ์รูปที่มีรูปทรงไม่สมมาตรภายใต้สภาวะต่างๆ แล้ววัดขนาดการเปลี่ยนรูปของกรีดวงกลมเป็นเปอร์เซ็นต์ ความเครียดหลักความเครียดรองจะให้ความเครียดความหนาและการเปรียบเทียบซึ่งได้จากสมการความเทียบเท่าจากความเครียด ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

4.1 สรุปผลการทดลอง

4.1.1 เปรียบเทียบชนิดของแผ่นตัดเปล่า (Blank geometry) 1.) แผ่นตัดเปล่าไม่บากมุม 2.) แผ่นตัดเปล่าบากมุม 3.) แผ่นตัดเปล่าโดยการประมาณค่า ขนาดพื้นที่การกดขึ้นงานของแบลด์กโฮลเดอร์มีอิทธิพลโดยตรงกับความสามารถไหลตัวของโลหะด้วยความเสียดทานของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ SPCC เกิดการเสียดสีของผิวคู่สัมผัส

ก. แผ่นตัดเปล่าไม่บากมุมมีพื้นที่เพื่อกดมากความสามารถการไหลตัวจะลดลง เมื่อกดขึ้นรูปจะเกิดการกดอัดทำให้วัสดุห่อตัวมีรอยย่นตามปีกโดยรอบชิ้นงาน แรงกดเพื่อขึ้นรูปสูงขึ้นที่สุดเท่ากับ 124.79 kN สูงจากการคำนวณเท่ากับ 20.9 %

ข. แผ่นตัดเปล่าชนิดบากมุมทั้งสี่ด้านต่างจากแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าสามารถลดแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกที่ระดับ 118.88 kN สูงจากการคำนวณเท่ากับ 14.7 %

ค. แผ่นตัดเปล่าที่คำนวณโดยการประมาณค่าต่างจากแผ่นตัดเปล่าบากมุมสามารถลดแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกที่ระดับ 115.44 kN สูงจากการคำนวณเท่ากับ 11.2 %

ง. แผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่า การไหลตัวเข้าสู่ช่องคายของชิ้นงานมีความราบเรียบ และการกระจายของความเครียด (Equivalent strain) มีความแตกต่างต่ำที่สุด

4.1.2 เปรียบเทียบแรงกดขึ้นงาน (Blank holder force) แรงกดขึ้นงานทดสอบที่ 10 30 50 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ของแรงที่ใช้ขึ้นรูปลึกชิ้นงาน เมื่อแรงกดขึ้นงานมากจะทำให้แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปสูงและความเครียดสูงตามไปด้วย

ก. ที่ขนาดของแรงกดขึ้นงาน 10 % แรงใช้เพื่อกดขึ้นรูปจะต่ำอยู่ที่ระดับ 107.0 kN ขึ้นงานสำเร็จจะเกิดรอยย่นโดยรอบปีกของขึ้นงาน

ข. ที่ขนาดของแรงกดขึ้นงาน 30 % แรงกดใช้เพื่อขึ้นรูปขึ้นงานจะสูงขึ้นจากที่คำนวณเท่ากับ 4.6 % ใช้แรงในการขึ้นรูปที่ระดับ 109.3 kN

ค. ที่ขนาดของแรงกดขึ้นงาน 50 % แรงกดใช้เพื่อขึ้นรูปขึ้นงานจะสูงขึ้นจากที่คำนวณเท่ากับ 16.6 % ใช้แรงในการขึ้นรูปที่ระดับ 120.7 kN

ง. ที่ขนาดของแรงกดขึ้นงาน 70 % แรงกดใช้เพื่อขึ้นรูปขึ้นงานจะสูงขึ้นจากที่คำนวณเท่ากับ 63.3 % ใช้แรงในการขึ้นรูปที่ระดับ 165.2 kN

จ. แรงกดขึ้นงานมีอิทธิพลกับขึ้นงานสำเร็จที่ขึ้นรูปลึก จะทำให้แผ่นงานเกิดการเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวรในขนาดแรงกด 10 % ขึ้นงานเกิดการย่นบริเวณปีกแสดงว่าขนาดของแรงกดไม่เพียงพอ ความเครียดหลังการขึ้นรูปต่ำ

ฉ. แรงกดขึ้นงานขนาด 30 % ความสามารถไหลตัวได้ดีมีความสม่ำเสมอของปีกขึ้นงาน และความเครียดเกิดการกระจายตัวของความรุนแรง

ช. แรงกดขึ้นงาน 50 และ 70 % ขนาดแรงกดที่สูงมากในบางบริเวณที่ไม่ต้องการเกิดการไหลตัวไม่สม่ำเสมอและมีความรุนแรงของความเครียดสูงขึ้น

4.1.3 สารหล่อลื่นที่ดีสามารถลดแรงใช้ในการขึ้นรูปและช่วยลดความเครียด (Strain) ลงได้จึงทำการเปรียบเทียบชนิดของสารหล่อลื่นจำพวกสารสังเคราะห์เป็นพวก EP (Extreme pressure Oil) ชนิดแข็งแผ่นพลาสติกโพลีเอทิลีน PE (Polyethylene) ที่มีความหนา 0.10 มม. ชนิดน้ำมันมะพร้าว และไม่ใช้สารหล่อลื่น

ก. ไม่ใช้สารหล่อลื่นปริมาณของแรงกดเพื่อขึ้นรูปขึ้นงานจะสูงสุดที่ระดับ 126.84 kN จะสูงจากการคำนวณเท่ากับ 23.0 %

ข. สารหล่อลื่นชนิดน้ำมันมะพร้าวปริมาณของแรงกดเพื่อขึ้นรูปลึกจะสูงจากการคำนวณเท่ากับ 13.9 % แรงกดเพื่อขึ้นรูปขึ้นงานที่ระดับ 118.12 kN

ค. สารหล่อลื่นชนิดสังเคราะห์ แรงปริมาณของแรงกดเพื่อขึ้นรูปลึกจะสูงจากการคำนวณเท่ากับ 13.6 % แรงกดขึ้นรูปที่ระดับ 117.86 kN

ง. สารหล่อลื่นชนิดแผ่นพลาสติกโพลีเอทิลีนปริมาณของแรงกดเพื่อขึ้นรูปลึกจะสูงจากการคำนวณเท่ากับ 11.7 % แรงกดขึ้นรูปขึ้นงานที่ระดับ 116.02 kN

จ. แผ่นพลาสติกโพลีเอทิลีนมีขนาดของแรงใช้ขึ้นรูปต่ำที่สุดและปริมาณความรุนแรงของความเครียดทุกบริเวณของจุดตรวจสอบอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าทุกประเภท ด้วยสาเหตุของผิวโลหะไม่สัมผัสกันโดยตรงสามารถการเลื่อนไหลได้ดีเป็นไปอย่างเหมาะสม

4.1.4 ดรอว์บีด (Draw bead) ที่มีความสูงจะทำให้ความสามารถของการไหลตัวได้ดีและความรุนแรงของความเครียดสูง จึงทำการเปรียบเทียบดรอว์บีดชนิดเดี่ยว (Single draw bead) ชนิดที่ไม่ใช้

ดรอว์ปิด ชนิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.0 มม. สูงเท่ากับ 4 มม. และชนิดรูปสามเหลี่ยม หรือตัววีที่ทำมุม 60 องศา สูงเท่ากับ 4.0 มม.

ก. ไม่ใช้ดรอว์ปิดปรับแรงกดขึ้นงานที่ระดับ 31.54 kN แรงกดเพื่อขึ้นรูปขึ้นงานที่ระดับ 126.02 kN เพิ่มขึ้นจากที่คำนวณเท่ากับ 22.2 %

ข. ชนิดดรอว์ปิดรูปสามเหลี่ยมปริมาณแรงกดขึ้นงานที่ใช้ลดลงจากการคำนวณเท่ากับ 1.2 % ที่ระดับ 47.32 kN ทำให้ความสามารถไหลตัวลดลง แรงใช้เพื่อการขึ้นรูปขึ้นงานสูงขึ้นจากการคำนวณเท่ากับ 52.6 % ที่ระดับ 155.06 kN

ค. ดรอว์ปิดชนิดครึ่งวงกลมขนาดของแรงกดขึ้นงานที่ใช้สูงขึ้นจากการคำนวณเท่ากับ 0.80 % ที่ระดับ 51.3 kN แรงกดใช้ในการขึ้นรูปลึกขึ้นงานเพิ่มขึ้นเท่ากับ 66.0 % ที่ระดับ 167.84 kN

ง. ดรอว์ปิดชนิดครึ่งวงกลมสามารถควบคุมการไหลตัวของโลหะแผ่นได้อย่างเหมาะสมได้ขึ้นงานสำเร็จลดปัญหาการโป่งสันด้านบนขึ้นงาน ปริมาณความเครียดจะมีความรุนแรงที่ลดลงและมีการกระจายของความเครียด(Equivalent strain) มีความแตกต่างต่ำที่สุด

4.2 ข้อเสนอแนะ

4.2.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. การขึ้นรูปขึ้นงานครั้งหนึ่งเพื่อตรวจสอบความเครียดสามารถสร้างแผนภาพขีดจำกัดการขึ้นรูปสามารถวิเคราะห์การขึ้นรูปขึ้นงานของวัสดุแต่ละชนิดได้
2. ควรมีการเปรียบเทียบชนิดของวัสดุของพื้นที่และคายต่อการเลื่อนไหลของขึ้นงานด้วยการปรับปรุงคุณภาพผิวของพื้นที่และคายด้วยวิธีต่างๆ
3. ควรคำนึงกรรมวิธีการเหล็กล้ำคาร์บอนต่ำแบบรีดเย็นและทิศทางของการตัดแผ่นเปล่า

4.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

1. ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการขึ้นรูปเปรียบเทียบกับวัสดุหลายชนิดเช่น SPCC, SP45, SP48 และรวมถึงโลหะนอกกลุ่มเหล็ก
2. ศึกษาและเปรียบเทียบชนิดของสารหล่อลื่นสำหรับการวิเคราะห์ขึ้นงานจริงกับวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
3. ศึกษาและเปรียบเทียบรูปร่างของแผ่นตัดเปล่าสำหรับการวิเคราะห์ขึ้นงานจริงกับวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
4. ศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณแรงกดยึดขึ้นงานของเบรลด์ไฮดรอลิคสำหรับการวิเคราะห์ขึ้นงานจริงกับวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
5. ศึกษาและเปรียบเทียบชนิดชนิดกับความสูงของดรอว์ปิดสำหรับการวิเคราะห์ขึ้นงานจริงกับวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชัญชัย ทรัพย์ากร (2537). การออกแบบแม่พิมพ์. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [2] กิตติภักดิ์ รัตนจันทร์. (2542). ผลกระทบจากครอว์บีตในการขึ้นรูปโลหะแผ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมการผลิต). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [3] เชษฐ อุทัยยัง. (2546). การศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการลากขึ้นรูปลึกโดยใช้สารหล่อลื่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการขึ้นรูปโลหะ). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [4] Sivakorn Angthong, Submitted as partial fulfillment for the degree of master of Engineering in Advanced Manufacturing Technology. (1994). “ **A Critical Analysis of the Non-Symmetrical Deep Drawing Process.**” (46) :14-71.
- [5] วารุณี เปรมานนท์และคณะ (2544) “ การศึกษาอิทธิพลของรัศมีตายในการลากขึ้นรูปกล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัส” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [6] นฤทธิ์ คชฤทธิ์ (2539). การวิเคราะห์การขึ้นรูปลึกตีปดรอว์เปลือกทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสภายใต้แรงกดอัดขึ้นชิ้นงานที่เป็นสัดส่วนกับแรงใช้ในการพับ. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [7] Suwat Jirathearanat.; Thanasan Intarakumthornchai.; & Wiroch Limtrakarn. (2004). Finite Element Simulation Study of Hemispherical Dome Forming-Construction of Forming Limit Diagram(FLD) for Sheet Metal Forming Process. MSAT. pp. 79-81. Thailand: National Metal and Materials Technology Center.
- [8] สวัสดิ์ โสตามุข. (2550). การทำนายความสามารถในการขึ้นรูปขึ้นส่วนยานยนต์ด้วยแผนภาพขีดจำกัดการขึ้นรูป. วิทยานิพนธ์ วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [9] วีระศักดิ์ กรีวิเชียร, 2544, น้ำมันหล่อลื่น, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 1-7
- [10] Yoshida, K. and Miyauchi, K., “ **Experimental Studies of Martial Behavior as Related to SheetMetal Forming**” ,Mechanics of Sheet Metal Forming: Material Behavior and Deformation Analysis, Pelenum Press, New York, 1971, p. 19-49.
- [11] Kurt, L., 1985, **Handbook of Metal forming**, McGraw-Hill, New York, pp.20.1-20.56.
- [12] ชานู ถนัดงาน. (2547). เทคโนโลยีการขึ้นรูปโลหะ. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

- [13] Donald f.early.,Edward a.reed., “**Techniques of Pressworking Sheet Metal**”, Prentice-Hall,Inc.,Englewood Cliffs., New Jersey., 1974,1958,p.173-185.
- [14] ณัฐพล ศิริสว่าง. (2541). **การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบวิธีการตรวจสอบความสามารถในการขึ้นรูปโลหะแผ่น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมการผลิต)กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.
- [15] Aghaie-Khafri, M.; & Mahmudi, R. (2004). **Predicting of Plastic Instability and Forming Limit Diagrams**. International Journal of Mechanical Sciences. (46) : 1289-1306.
- [16] GranZow, W.G.; Armco.; & Inc. (1990). **Sheet Formability of Steel**. In Metal Handbook. Volume 1 Properties and Selection: Iron, Steel, and High-Performance Alloys. 10th ed. Ohio 44073: ASM International Handbook Committee.
- [17] Hecker, S.S. (1975). **Simple Technique for Determining Forming Limit Curves**. Sheet **Metal Industries**. pp. 671-676 : Los Alamos University.
- [18] Hosford, William F.; & Caddell, Robert M. (1993). **Metal Forming : Mechanics and Metallurgy**. 2nd ed. USA: PTR Prentice, Englewood Cliffs, N.J. 07632.
- [19] Standard Test Method for Determining Forming Limit Diagram. (2005). **In Annual Book of ASTM Standards, Section 3, volume 03.01**. pp. 1252-1266. Philadelphia: ASTM International.
- [20] Taylor, B. (1988). Formability Testing of Sheet Metals. **In Metal Handbook. Volume 14 Forming and Forging**. 9th ed. Ohio 44073: ASM International Handbook Committee.