

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

กิจกรรมที่ 1

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการขึ้นรูปลึกชิ้นงานที่มีรูปทรงไม่สมมาตรต่อสมบัติการขึ้นรูปโดยการใช้เหล็กแผ่น SPCC หนา 1.0 มม. เพื่อศึกษาชนิดของแผ่นตัดเปล่า (Blank geometry) แรงกดของแผ่นแบล็กโฮลเดอร์ (Blank holder force) สารหล่อลื่น (Lubricant) และชนิดของครอว์บีด (Draw bead) ทดสอบตามลำดับ โดยการขึ้นรูปกรีดวงกลมบนแผ่นแบล็กโฮลเดอร์ทดสอบโดยวิธีกัดกรวดด้วยไฟฟ้า ขึ้นรูปบนเครื่องเพรสไฮดรอลิกขนาด 80 ตัน ด้วยแม่พิมพ์รูปที่มีรูปทรงไม่สมมาตรภายใต้สภาวะต่างๆ แล้ววัดขนาดการเปลี่ยนรูปของกรีดวงกลมเป็นเปอร์เซ็นต์ความเครียดหลักความเครียดรองจะได้ความเครียดความหนาและทำการเปรียบเทียบซึ่งได้จากสมการความเทียบเท่าจากความเครียด ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 เปรียบเทียบชนิดของแผ่นตัดเปล่า (Blank geometry) 1.) แผ่นตัดเปล่าไม่บากมุม 2.) แผ่นตัดเปล่าบากมุม 3.) แผ่นตัดเปล่าโดยการประมาณค่า ขนาดพื้นที่การกดขึ้นงานของแบล็กโฮลเดอร์มีอิทธิพลโดยตรงกับความสามารถไหลตัวของโลหะด้วยความเสียดทานของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ SPCCเกิดการเสียดสีของผิวคู่สัมผัส

ก. แผ่นตัดเปล่าไม่บากมุมมีพื้นที่เพื่อกดมากความสามารถการไหลตัวจะลดลง เมื่อกดขึ้นรูปจะเกิดการกดอัดทำให้วัสดุห่อตัวมีรอยยับตามปีกโดยรอบขึ้นงาน 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 การไหลตัวเข้าสู่ช่องคายของขึ้นงานมีความราบเรียบ และการกระจายของความเครียด (Equivalent strain) มีความแตกต่างต่ำที่สุด

5.1.2 เปรียบเทียบแรงกดขึ้นงาน (Blank holder force) แรงกดขึ้นงานทดสอบที่ 10 30 50 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ของแรงที่ใช้ขึ้นรูปลึกขึ้นงาน เมื่อแรงกดขึ้นงานมากจะทำให้แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปสูงและความเครียดสูงตามไปด้วย

ก. ที่ขนาดของแรงกดขึ้นงาน 10% แรงใช้เพื่อกดขึ้นรูปจะต่ำอยู่ที่ระดับ 107.0 kN ขึ้นงานสำเร็จจะเกิดรอยยับโดยรอบปีกของขึ้นงาน

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 จะทำให้แผ่นงานเกิดการเปลี่ยนรูปอย่างถาวรในขนาดแรงกด 10% ขึ้นงานเกิดการยับบริเวณปีกแสดงว่าขนาดของแรงกดไม่เพียงพอ ความเครียดหลังการขึ้นรูปต่ำ

ฉ. แรงกดขึ้นงานขนาด 30% ความสามารถไหลตัวได้ดีมีความสม่ำเสมอของปีกขึ้นงาน และความเครียดเกิดการกระจายตัวของความรุนแรง

ช. แรงกดขึ้นงาน 50 และ 70% ขนาดแรงกดที่สูงมากในบางบริเวณที่ไม่ต้องการเกิดการไหลตัวไม่สม่ำเสมอและมีความรุนแรงของความเครียดสูงขึ้น

5.1.3 สารหล่อลื่นที่ดีสามารถลดแรงใช้ในการขึ้นรูปและช่วยลดความเครียด (Strain) ลงได้ จึงทำการเปรียบเทียบชนิดของสารหล่อลื่นจำพวกสารสังเคราะห์เป็นพวก EP (Extreme pressure Oil) ชนิดแข็งแผ่นพลาสติกโพลีเอทิลีน PE (Polyethylene) ที่มีความหนา 0.10 มม. ชนิดน้ำมันมะพร้าว และไม่ใช่สารหล่อลื่น

ก. ไม่ใช่สารหล่อลื่นปริมาณของแรงกดเพื่อขึ้นรูปขึ้นงานจะสูงสุดที่ระดับ 126.84 kN จะสูงจากการคำนวณเท่ากับ 23.0%

ข. สารหล่อลื่นชนิดน้ำมันมะพร้าวปริมาณของแรงกดเพื่อขึ้นรูปลึกจะสูงจากการคำนวณเท่ากับ 13.9% แรงกดเพื่อขึ้นรูปขึ้นงานที่ระดับ 118.12 kN

ค. สารหล่อลื่นชนิดสังเคราะห์ แรงปริมาณของแรงกดเพื่อขึ้นรูปลึกจะสูงจากการคำนวณเท่ากับ 13.6% แรงกดขึ้นรูปที่ระดับ 117.86 kN

ง. สารหล่อลื่นชนิดแผ่นพลาสติกโพลีเอทิลีนปริมาณของแรงกดเพื่อขึ้นรูปลึกลงสูงจากการคำนวณเท่ากับ 11.7% แรงกดขึ้นรูปขึ้นงานที่ระดับ 116.02 kN

จ. แผ่นพลาสติกโพลีเอทิลีนมีขนาดของแรงใช้ขึ้นรูปต่ำที่สุดและปริมาณความรุนแรงของความเครียดทุกบริเวณของจุดตรวจสอบอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าทุกประเภท ด้วยสาเหตุของผิวโลหะไม่สัมผัสกันโดยตรงสามารถการเลื่อนไถลได้ดีเป็นไปอย่างเหมาะสม

5.1.4 ครอว์บีด (Draw bead) ที่มีความสูงจะทำให้ความสามารถของการไหลตัวได้ต่ำและความรุนแรงของความเครียดสูง จึงทำการเปรียบเทียบครอว์บีดชนิดเดี่ยว (Single draw bead) ชนิดที่ไม่ใช้ครอว์บีด ชนิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.0 มม. สูงเท่ากับ 4 มม. และชนิดรูปสามเหลี่ยมหรือตัววีที่ทำมุม 60 องศา สูงเท่ากับ 4.0 มม.

ก. ไม่ใช้ครอว์บีดปรับแรงกดขึ้นงานที่ระดับ 31.54 kN แรงกดเพื่อขึ้นรูปขึ้นงานที่ระดับ 126.02 kN เพิ่มขึ้นจากที่คำนวณเท่ากับ 22.2%

ข. ชนิดครอว์บีดรูปสามเหลี่ยมปริมาณแรงกดขึ้นงานที่ใช้ลดลงจากการคำนวณเท่ากับ 1.2% ที่ระดับ 47.32 kN ทำให้ความสามารถการไหลตัวลดลง แรงใช้เพื่อการขึ้นรูปขึ้นงานสูงขึ้นจากการคำนวณเท่ากับ 52.6 % ที่ระดับ 155.06 kN

ค. ครอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมขนาดของแรงกดขึ้นงานที่ใช้สูงขึ้นจากการคำนวณเท่ากับ 0.80% ที่ระดับ 51.3 kN แรงกดใช้ในการขึ้นรูปลึกลงเพิ่มขึ้นเท่ากับ 66.0% ที่ระดับ 167.84 kN

ง. ครอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมสามารถควบคุมการไหลตัวของโลหะแผ่นได้อย่างเหมาะสมได้ขึ้นงานสำเร็จลดปัญหาการโป่งสันด้านบนขึ้นงาน ปริมาณความเครียดจะมีความรุนแรงที่ลดลงและมีการกระจายของความเครียด(Equivalent strain) มีความแตกต่างต่ำที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. การขึ้นรูปขึ้นงานครั้งหนึ่งเพื่อตรวจสอบความเครียดสามารถสร้างแผนภาพขีดจำกัดการขึ้นรูปสามารถวิเคราะห์การขึ้นรูปขึ้นงานของวัสดุแต่ละชนิดได้
2. ควรมีการเปรียบเทียบชนิดของวัสดุของพื้นที่และคายต่อการเลื่อนไถลของขึ้นงานด้วยการปรับปรุงคุณภาพผิวของพื้นที่และคายด้วยวิธีต่างๆ
3. ควรคำนึงกรรมวิธีการเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำแบบรีดเย็นและทิศทางของการตัดแผ่นเปล่า

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

1. ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการขึ้นรูปเปรียบเทียบกับวัสดุหลายชนิดเช่น SPCC, SPCCD, SPCE และรวมถึงโลหะนอกกลุ่มเหล็ก
2. ศึกษาและเปรียบเทียบชนิดของสารหล่อลื่นสำหรับการวิเคราะห์ชิ้นงานจริงกับวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
3. ศึกษาและเปรียบเทียบรูปร่างของแผ่นตัดเปล่าสำหรับการวิเคราะห์ชิ้นงานจริงกับวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
4. ศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณแรงกดยึดชิ้นงานของแบลนค์โฮลเดอร์สำหรับการวิเคราะห์ชิ้นงานจริงกับวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
5. ศึกษาและเปรียบเทียบชนิดชนิดกับความสูงของครอว์บีดสำหรับการวิเคราะห์ชิ้นงานจริงกับวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

กิจกรรมที่ 2

จากการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการขึ้นรูปลึกชิ้นงานที่มีรูปทรงไม่สมมาตร ต่อความหนาของผนังชิ้นงาน โดยใช้เหล็กแผ่น SPCC-SD หนา 1.0 มม. ระยะกดลึกของพื้นที่ 52 มม. เพื่อศึกษาอิทธิพลของแผ่นตัดเปล่า (Blank Geometry) แรงกดของแผ่นตัดเปล่า (Blank Holder Force) และครอว์บีด (DrawBead) ด้วยเครื่องทดสอบการกดขึ้นรูปแบบไฮดรอลิก ขนาด 80 ตัน ด้วยแม่พิมพ์รูปทรงที่ไม่สมมาตร โดยการขึ้นทดสอบการรูปแต่ละครั้งจะใช้ตัวแปรที่มีขนาดต่างๆ กันทำการขึ้นรูปชิ้นงาน โดยจะทำการบันทึกขนาดของแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปแต่ละครั้งตั้งแต่เริ่มต้นจนจบการทำงาน แล้วนำขึ้นทดสอบมาผ่าออกเพื่อวัดขนาดความหนาของผนังในบริเวณที่เป็นจุดสนใจ หลังจากนั้นจึงนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

5.3 สรุปผลการทดลอง

5.3.1 เปรียบเทียบชนิดของแผ่นตัดเปล่า (Blank Geometry) ได้แก่ แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยม, แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าปากมุม และแผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่า ซึ่งขนาดของแผ่นตัดเปล่าทั้ง 3 ชนิด มีผลต่อแรงที่ใช้ในการขึ้นรูป โดยใช้แรงกดขึ้นรูปเท่ากับ 49.69 kN

- 1) แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีพื้นที่กดมาก มีความสามารถในการไหลตัวลดลง เมื่อกดขึ้นรูปที่แรงกดที่น้อยจะเกิดการอัดตัว ทำให้วัสดุห่อตัวมีรอยย่นตามปีกโดยรอบชิ้นงาน แรงกดเพื่อขึ้นรูปสูงขึ้นเท่ากับ 128.78 kN

2) แผ่นตัดเปล่าชนิดบากมุมทั้งสี่ด้าน ต่างจากแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าไม่บากมุม สามารถลดครอย่นและการห่อตัวตามปีกโดยรอบชิ้นงานได้ดีขึ้น แรงกดเพื่อขึ้นรูปสูงขึ้นที่สุดเท่ากับ 118.88 kN

3) แผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่า การไหลตัวเข้าสู่ช่องคายของชิ้นงานมีความราบเรียบและสม่ำเสมอชิ้นงานที่ได้มีความสมบูรณ์ แรงกดเพื่อขึ้นรูปสูงขึ้นที่สุดเท่ากับ 115.44 kN และได้ค่าความหนาของผนังชิ้นงานจากขึ้นรูป เหล็กมากที่สุดเมื่อเทียบกับสองชนิด ซึ่งแสดงถึงการไหลตัวของวัสดุ SPCC – SD ได้ดีที่สุดในการทดลอง ที่แรงกดชิ้นงานเท่ากับ 49.69 kN

5.3.2 เปรียบเทียบชนิดแผ่นตัดเปล่ากับ แรงกดชิ้นงานทดสอบที่ 20%, 40%, 60% และ 80% ของแรงที่ใช้ขึ้นรูปลึกชิ้นงาน เมื่อแรงกดชิ้นงานมากจะทำให้แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปสูงขึ้น

1) ที่ขนาดของแรงกดชิ้นงาน 20% แรงใช้ในการกดขึ้นรูปทั้งสามตัวแปร ชิ้นงานสำเร็จจะเกิดรอย่นบริเวณรอบปีกชิ้นงาน ค่าที่ใช้แรงกดต่ำสุดอยู่ที่ระดับ 107.27 kN ของแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้า แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนาโดยเฉลี่ยของตัวแปรทั้งสามแล้ว พบว่าค่าความหนาของผนังชิ้นงานของแผ่นตัดเปล่าโดยการประมาณค่าได้ค่าความหนามากกว่าตัวแปรอื่น

2) ที่ขนาดของแรงกดชิ้นงาน 40% ชิ้นงานสำเร็จจะเกิดรอย่นบริเวณรอบปีกชิ้นงานน้อยลง แรงที่ใช้ในการกดขึ้นรูปอยู่ที่ระดับ 119.25 kN ของแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้า เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนาโดยเฉลี่ยของตัวแปรทั้งสามแล้ว พบว่าค่าความหนาของผนังชิ้นงานของแผ่นตัดเปล่าโดยการประมาณค่าได้ค่าความหนามากกว่าตัวแปรอื่น และได้ความสมบูรณ์ของชิ้นงานทดสอบดีที่สุด

3) ที่ขนาดแรงกดชิ้นงาน 60% ชิ้นงานสำเร็จไม่พบรอย่นบริเวณรอบปีกชิ้นงานแรงใช้ในการกดขึ้นรูปอยู่ที่ระดับ 161.65 kN ของแผ่นตัดเปล่าโดยการประมาณค่า แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนาโดยเฉลี่ยของตัวแปรทั้งสามแล้ว พบว่าค่าความหนาของผนังชิ้นงานของแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าได้ค่าความหนามากกว่าตัวแปรอื่น

4) ที่ขนาดแรงกดชิ้นงาน 80% ชิ้นงานสำเร็จไม่พบรอย่นบริเวณรอบปีกชิ้นงาน แต่พบว่าการไหลตัวของวัสดุไม่สม่ำเสมอ แรงใช้ในการกดขึ้นรูปอยู่ที่ระดับ 178.23 kN ของแผ่นตัดเปล่าโดยการประมาณค่า แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนาโดยเฉลี่ยของตัวแปรทั้งสามแล้ว พบว่าค่าความหนาของผนังชิ้นงานของแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าได้ค่าความหนามากกว่าตัวแปรอื่น ซึ่งแสดงว่าแรงกดชิ้นงานมากเกินไปทำให้เกิดผลเสียหยาต่อชิ้นงานในการขึ้นรูป

5.3.3 เปรียบเทียบชนิดครอว์บีค (Draw Bead) ที่มีความสูงจะทำให้ความสามารถของการไหลตัวได้ดี จึงทำการเปรียบเทียบครอว์บีคชนิดเดี่ยว (Single Draw Bead) ชนิดที่ไม่ใช่ครอว์บีค,

ดรอว์ปิดชนิดวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.0 มม. สูงเท่ากับ 4.0 มม. แรงกดขึ้นงานทดสอบที่ 20%, 40%, 60% และ 80% ของแรงที่ใช้ขึ้นรูปลึก

1) ชนิดที่ไม่ใช้ดรอว์ปิด จะใช้ค่าเดียวกันกับการเปรียบเทียบชนิดแผ่นตัดเปล่ากับแรงกดขึ้นงาน (BlankHolder Force) แรงกดขึ้นงานทดสอบที่ 20%, 40%, 60% และ 80% ของแรงที่ใช้ขึ้นรูปลึกขึ้นงานในการตัดสินใจเลือกใช้เปอร์เซ็นต์ของแรงกดขึ้นงานที่เหมาะสม

2) ชนิดดรอว์ปิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.0 มม. สูงเท่ากับ 4.0 มม. แรงกดขึ้นงานทดสอบที่ 20%, 40%, 60% และ 80% ของแรงที่ใช้ขึ้นรูปลึกขึ้นงาน ในการทดสอบตามชนิดของแผ่นเปล่าพบว่า

3) ที่ขนาดของแรงกดขึ้นงาน 20% แรงใช้ในการกดขึ้นรูปทั้งสามตัวแปร ค่าที่ใช้แรงกดต่ำสุดอยู่ที่ระดับ 124.53 kN ของแผ่นตัดเปล่าโดยการประมาณค่า แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนาโดยเฉลี่ยของตัวแปรทั้งสามแล้ว พบว่าค่าความหนาของผนังขึ้นงานของแผ่นตัดเปล่าสีเหลืองพื้นฟ้า ได้ค่าความหนามากกว่าตัวแปรอื่น ขึ้นงานสำเร็จจะเกิดรอยยับบริเวณรอบปีก

4) ที่ขนาดของแรงกดขึ้นงาน 40% ขึ้นงานสำเร็จจะเกิดรอยยับบริเวณรอบปีกขึ้นงานน้อยลง แรงที่ใช้ในการกดขึ้นรูปอยู่ที่ระดับ 140.83 kN ของแผ่นตัดเปล่าโดยการประมาณค่า เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนาโดยเฉลี่ยของตัวแปรทั้งสามแล้ว พบว่าค่าความหนาของผนังขึ้นงานของแผ่นตัดเปล่าสีเหลืองพื้นฟ้าได้ค่าความหนามากกว่าตัวแปรอื่น

5) ที่ขนาดแรงกดขึ้นงาน 60% ขึ้นงานสำเร็จไม่พบรอยยับบริเวณรอบปีกขึ้นงานแรงใช้ในการกดขึ้นรูปอยู่ที่ระดับ 162.68 kN ของแผ่นตัดเปล่าโดยการประมาณค่า แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนาโดยเฉลี่ยของตัวแปรทั้งสามแล้ว พบว่าค่าความหนาของผนังขึ้นงานของแผ่นตัดเปล่าสีเหลืองพื้นฟ้าได้ค่าความหนามากกว่าตัวแปรอื่นของวัสดุในการทดลอง

6) ที่ขนาดแรงกดขึ้นงาน 80% ขึ้นงานสำเร็จไม่พบรอยยับบริเวณรอบปีกขึ้นงาน แต่พบว่าการไหลตัวของวัสดุไม่สม่ำเสมอ แรงใช้ในการกดขึ้นรูปอยู่ที่ระดับ 176.71 kN ของแผ่นตัดเปล่าโดยการประมาณค่า แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าความหนาโดยเฉลี่ยของตัวแปรทั้งสามแล้ว พบว่าค่าความหนาของผนังขึ้นงานของแผ่นตัดเปล่าสีเหลืองพื้นฟ้าได้ค่าความหนามากกว่าตัวแปรอื่น

สรุป : การทดลองการขึ้นรูปขึ้นงานที่มีรูปทรงไม่สมมาตร ต่อความหนาของผนังขึ้นงานในการทดลองใช้วัสดุเหล็กเกรด SPCC-SD ขนาดความหนา 1 มม. ที่ระยะการขึ้นรูปลึกสูงสุด 52 มม. ของแผ่นตัดเปล่า Blank Geometry (แผ่นตัดเปล่าสีเหลืองพื้นฟ้า, แผ่นตัดเปล่าสีเหลืองพื้นฟ้าบากมุมและแผ่นตัดเปล่าโดยการประมาณค่า) โดยแรงกดขึ้นงานที่เหมาะสมจะอยู่ที่ 40- 60% ของแรงกดขึ้นงานในการขึ้นรูปลึก จะทำให้ได้ขึ้นงานมีความสมบูรณ์มีความหนาของผนังขึ้นงานที่ใกล้เคียงกัน การไหลตัวของวัสดุสามารถไหลตัวได้ดีและพบจุดบกพร่องของขึ้นงานสำเร็จน้อย

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

- 1) ควรมีการกำหนดความเร็วที่ใช้ในการขึ้นรูปลิกซ์ขึ้นงานให้มีค่าความละเอียดมากขึ้น
- 2) ควรทำการทดลองชนิดของครอว์บีคที่มีค่าความสูงที่แตกต่างกันเพื่อหาค่าที่เหมาะสมในการใช้งาน

5.4.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

- 1) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการขึ้นรูปเปรียบเทียบวัสดุหลายชนิดเช่น SPCC, SPCCD, SPCE และรวมถึงโลหะนอกกลุ่มเหล็ก
 - 2) ศึกษาสมบัติการขึ้นรูปลิกซ์กับขึ้นงานรูปทรงอื่นๆ และงานประเภทอื่นๆ
 - 3) ศึกษาสมบัติการขึ้นรูปลิกซ์กับตัวแปรชนิดอื่นๆ เช่น ความเร็วในการขึ้นรูป, อุณหภูมิที่ใช้ในขณะขึ้นรูป และทิศทางในการรีดของวัสดุที่นำมาใช้
- ศึกษาสมบัติการขึ้นรูปลิกซ์ โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์อื่นๆ

กิจกรรมที่ 3

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา อิทธิพลของครอว์บีคในกระบวนการขึ้นรูปลิกซ์ ขึ้นงานที่มีรูปทรงไม่สมมาตรต่อคุณภาพของขึ้นงาน เพื่อนำเสนอแนวทางในการเลือกใช้ชนิดและขนาดความสูงของครอว์บีคมาช่วยในการขึ้นรูปลิกซ์โลหะแผ่นที่มีรูปทรงไม่สมมาตรได้อย่างมีประสิทธิภาพทดสอบโดยการทดลองขึ้นรูปขึ้นงานจริงโดยใช้ครอว์บีคชนิดสามเหลี่ยม ครอว์บีคชนิดครึ่งวงกลม และ ครอว์บีคชนิดสามเหลี่ยมเอียง ที่ระดับความสูง 3 4 5 6 7 และ 8 มม. ช่วยในการขึ้นรูป แล้ววัดขนาดการเปลี่ยนรูปของกริดวงกลมเป็นเปอร์เซ็นต์ ความเครียดหลัก ความเครียดรอง และค่าความหนาของขึ้นงานที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อหาค่าความเครียด ณ จุดต่างๆ บนขึ้นงานจากการดำเนินโครงการสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.5 สรุปผลการทดลอง

5.5.1 เปรียบเทียบชนิดของครอว์บีคสามชนิดคือ ครอว์บีคชนิดสามเหลี่ยม ครอว์บีคชนิดครึ่งวงกลม และครอว์บีคชนิดสามเหลี่ยมเอียง ที่ระดับความสูง 3 4 5 6 7 และ 8 มม. ที่ชนิดและความสูงของครอว์บีคจะใช้แรงกดและแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปแตกต่างกันซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของขึ้นงาน พอที่จะสรุปได้ดังนี้

- ความสูง 4 มม. ปริมาณของแรงกดที่ใช้เพิ่มขึ้นจากการคำนวณเท่ากับ 2.2% ที่ระดับ 54.12 kN แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปเพิ่มขึ้นเท่ากับ 64% ที่ระดับ 165.83 kN
- ความสูง 5 มม. ปริมาณของแรงกดที่ใช้เพิ่มขึ้นจากการคำนวณเท่ากับ 2.4% ที่ระดับ 54.46 kN แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปเพิ่มขึ้นเท่ากับ 70% ที่ระดับ 171.34 kN
- ความสูง 6 มม. ปริมาณของแรงกดที่ใช้เพิ่มขึ้นจากการคำนวณเท่ากับ 1.9% ที่ระดับ 53.42 kN แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปเพิ่มขึ้นเท่ากับ 71% ที่ระดับ 172.45 kN
- ความสูง 7 มม. ปริมาณของแรงกดที่ใช้เพิ่มขึ้นจากการคำนวณเท่ากับ 2% ที่ระดับ 53.67 kN แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปเพิ่มขึ้นเท่ากับ 72% ที่ระดับ 173.01 kN
- ความสูง 8 มม. ปริมาณของแรงกดที่ใช้เพิ่มขึ้นจากการคำนวณเท่ากับ 2.2% ที่ระดับ 54.18 kN แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปเพิ่มขึ้นเท่ากับ 73% ที่ระดับ 174.67 kN

4) ครอว์ปิดจะทำหน้าที่ชะลอการไหลตัวของวัสดุให้ช้าลง เพื่อให้การไหลตัวของวัสดุที่เท่ากันตลอดจากครอว์ปิดทั้งสามชนิดความสูงของครอว์ปิดมีอิทธิพลต่อแรงที่ใช้ในการขึ้นรูป กล่าวคือ เมื่อเพิ่มขนาดครอว์ปิดให้สูงขึ้น แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปก็จะสูงตามไปด้วย ที่ความสูงของครอว์ปิด 5 6 7 และ 8 มม. จะพบรอยย่นเกิดขึ้นที่บริเวณปีกของชิ้นงาน โดยจะเริ่มย่นมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเปรียบเทียบที่ความสูงของครอว์ปิดทั้งสามชนิด พบว่าครอว์ปิดชนิดสามเหลี่ยมเอียงใช้แรงในการขึ้นรูปสูงสุด รองลงมาคือครอว์ปิดชนิดสามเหลี่ยม และครอว์ปิดชนิดครึ่งวงกลม ตามลำดับ ครอว์ปิดชนิดครึ่งวงกลมมีการกระจายตัวของแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปแตกต่างต่ำที่สุด

5.5.2 ความเครียดเทียบเท่า ชนิดและความสูงของครอว์ปิดที่มีความเหมาะสมกับการขึ้นรูป ลึกชิ้นงานที่มีรูปทรงไม่สมมาตร คือครอว์ปิดที่เมื่อขึ้นรูปชิ้นงานแล้ว ชิ้นงานที่ได้จะต้องมีค่าความเครียดเทียบเท่าต่ำ และค่าความเครียดเทียบเท่าต้องมีการกระจายตัวใกล้เคียงกันทุกจุดบนแผ่นความหนาของวัสดุหลังการเปลี่ยนรูปอย่างถาวร ในบริเวณจุดวิกฤตความหนาของชิ้นงานจะลดลงเนื่องจากเป็นจุดที่ได้รับแรงกด ดึง และยึดแผ่นโลหะ ดังนั้นบริเวณที่ชิ้นงานมีความหนาต่ำคือบริเวณที่ได้รับความเครียดสูงหรือบริเวณวิกฤต

1) ความเครียดเทียบเท่าของครอว์ปิดชนิดสามเหลี่ยม พบว่าจุด A6 เป็นจุดที่มีค่าความเครียดเทียบเท่าสูงสุด และที่ความสูง 8 มม. เป็นระดับความสูงที่มีค่าความเครียดเทียบเท่าสูงที่สุดในทุกระดับความสูง เท่ากับ 0.736 และที่ความสูง 3 มม. ค่าความเครียดเทียบเท่ามีค่าใกล้เคียงกันทุกจุดบนแผ่นชิ้นงานความหนาของชิ้นงานที่จุดตรวจวัด A2 มีขนาดความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานมากที่สุด และที่จุดตรวจวัด A6 มีขนาดความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานน้อยที่สุด

2) ความเครียดเทียบเท่าของครอว์ปิดชนิดครึ่งวงกลม พบว่าจุด A6 เป็นจุดที่มีค่าความเครียดเทียบเท่าสูงสุด และที่ความสูง 8 มม. เป็นระดับความสูงที่มีค่าความเครียดเทียบเท่าสูง

ที่สุดในทุกระดับความสูง เท่ากับ 0.706 และที่ความสูง 3 มม. ค่าความเครียดเทียบเท่าที่มีค่าใกล้เคียงกันทุกจุดบนแผ่นชิ้นงานความหนาของชิ้นงานที่จุดตรวจวัด A4 มีขนาดความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานมากที่สุด และที่จุดตรวจวัด A6 มีขนาดความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานน้อยที่สุด

3) ความเครียดเทียบเท่าของดรอว์พีดชนิดสามเหลี่ยมเอียง พบว่าจุด A6 เป็นจุดที่มีค่าความเครียดเทียบเท่าสูงสุด และที่ความสูง 8 มม. เป็นระดับความสูงที่มีค่าความเครียดเทียบเท่าสูงสุดในทุกระดับความสูง เท่ากับ 0.756 และที่ความสูง 3 มม. ค่าความเครียดเทียบเท่าที่มีค่าใกล้เคียงกันทุกจุดบนแผ่นชิ้นงานความหนาของชิ้นงานที่จุดตรวจวัด A2 มีขนาดความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานมากที่สุด และที่จุดตรวจวัด A6 มีขนาดความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานน้อยที่สุด

4) ดรอว์พีดทั้งสามชนิดมีค่าความเครียดเทียบเท่าสูงสุดที่จุด A6 และดรอว์พีดชนิดครึ่งวงกลมค่าของความหนาที่มีการกระจายตัวใกล้เคียงกันทุกจุด ดังนั้นความเครียดจึงกระจายตัวใกล้เคียงกันทั้งชิ้นงาน ระดับความแตกต่างของค่าความเครียดสูงสุดและต่ำสุดของชิ้นงานคือ 0.489 ดังนั้นดรอว์พีดชนิดครึ่งวงกลมจึงมีการกระจายตัวของความเครียดแตกต่างต่ำที่สุด

5.6 ข้อเสนอแนะ

5.6.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

1) เพิ่มวิธีการทดสอบเพื่อจะได้นำผลการทดลองมาทำการเปรียบเทียบกันและเพื่อแสดงให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือของผลการทดลอง

2) ควรมีการเปรียบเทียบผลการทดลองสำหรับวิเคราะห์ชิ้นงานจริงและวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

5.6.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

- 1) ศึกษาปัจจัยที่มีผลเปรียบเทียบกับวัสดุหลายชนิด เช่น SPCC, SPCD และ SPCE
- 2) ศึกษาแรงดันการไหลของแผ่นแบดงก์ที่เกิดจากการใช้ดรอว์พีดรูปร่างต่างๆ
- 3) ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของชิ้นงานกับขนาดของดรอว์พีด