บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

กิจกรรมที่ 1

4.1 ผลของการทดสอบด้วยชนิดรูปร่างของแผ่นตัดเปล่า

ก. <u>ปัจจัยควบคุม</u>

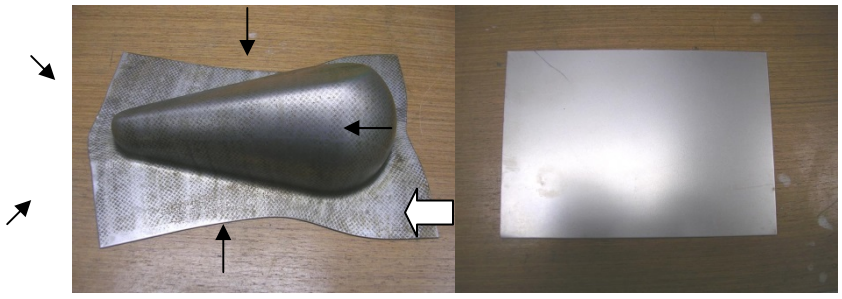
- สารหล่อลื่นแผ่นพลาสติกโพลีเอทธีลีน PE (Polyethylene)
- แรงกดขึ้นรูป (Punch force) เท่ากับ 104.49 kN(ภาคผนวก)
- แรงกดชิ้นงาน (Blank holding force) เท่ากับ 49.69 kN(ภาคผนวก)
- ระยะกดลึกของพั้นซ์ เท่ากับ 52 มม.

ข. <u>ปัจจัยทดสอบ</u>

- แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าไม่บากมุม
- แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม
- แผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่า

- **แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าไม่บากมุม**

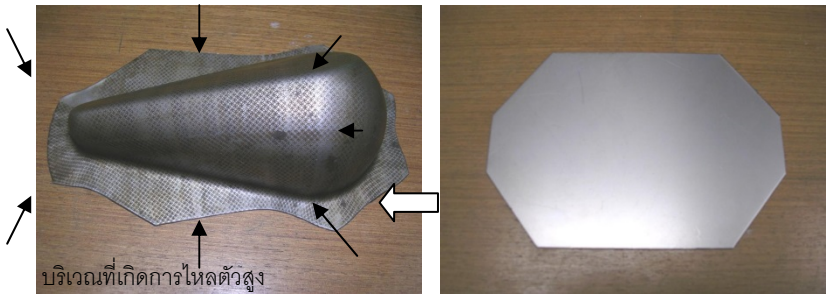
ขนาด 200x140 มม. โดยใช้เครื่องตัดโลหะแผ่น (Power shear) ซึ่งแผ่นงานจะตัดตามทิศทางของแนวรีดโลหะแผ่นผ่านกระบวนการผลิตด้วยกรรมวิธีการรีด ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แผ่นตัดเปล่าบากบากมุมกับชิ้นงานสำเร็จหลังขึ้นรูปลึก

- **แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม**

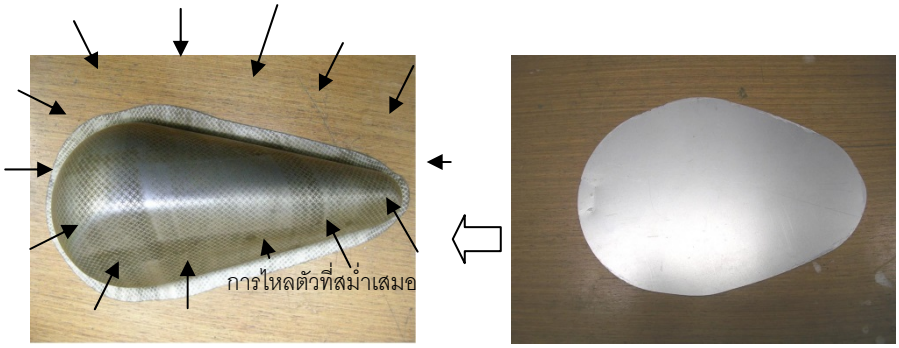
แผ่นขนาด 200x140 มม. บากมุมทุกด้านมีขนาด 35 มม. ตัดด้วยเครื่องตัดโลหะแผ่นซึ่งแผ่นงานจะตัดตามทิศทางของแนวรีดของกระบวนการผลิตเหมือนกันทุกชิ้นงานทดสอบ



ภาพที่ 4.2 แผ่นตัดเปล่าบากบากมุมกับชิ้นงานสำเร็จหลังขึ้นรูปลึก

- **แผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่า**

ซึ่งแผ่นงานจะตัดตามทิศทางของแนวรีดในกระบวนการผลิตและตัดแผ่นงานด้วยเครื่องจักรกลอัตโนมัติที่ควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ (ภาคผนวก ก) จำนวน 5 แผ่นต่อสภาวะ

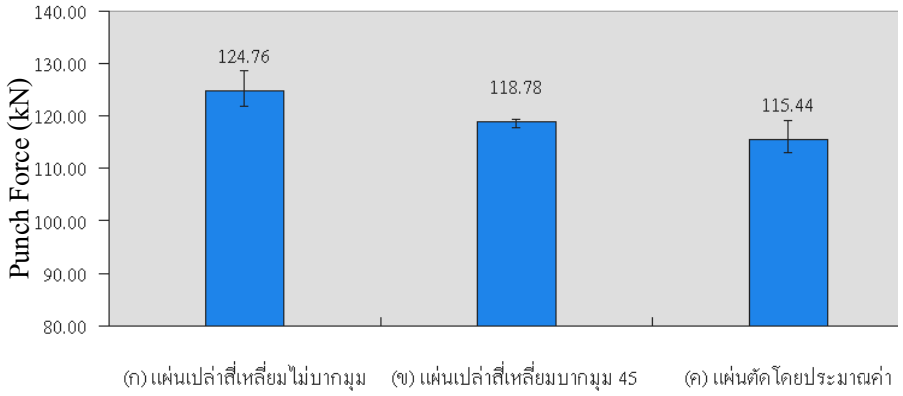


ภาพที่ 4.3 แผ่นตัดเปล่าโดยประมาณค่ากับชิ้นงานสำเร็จหลังขึ้นรูปลึก

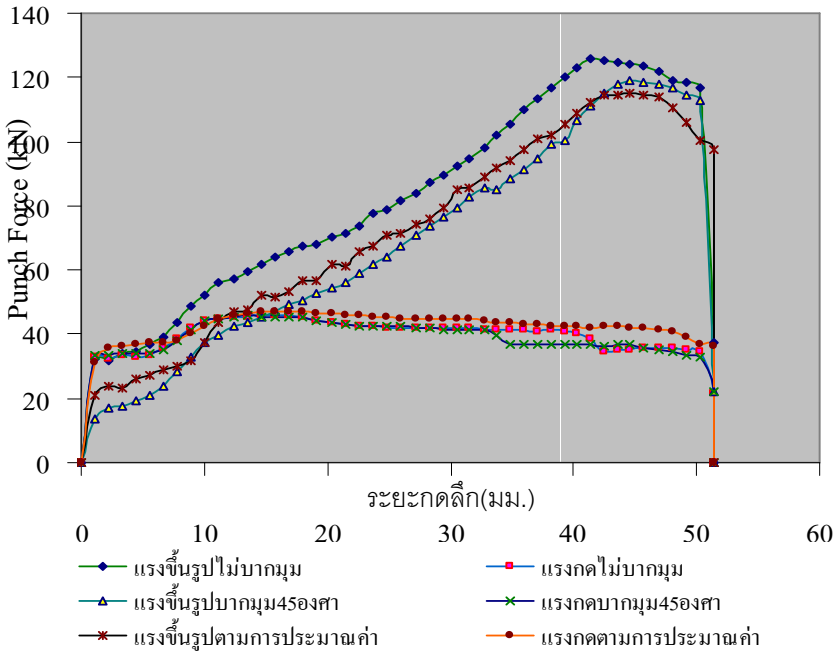
4.1.1 แรงเปรียบเทียบตามชนิดของแผ่นตัวเปล่า

ชิ้นงานที่ทำการทดสอบตัวแปรในแต่ละรอบของการทดสอบใช้จำนวนชิ้นงาน 5 ชิ้นในการทดสอบและได้ผลของแรงในการขึ้นรูป เมื่อทำการบันทึกผลได้ค่าต่างๆดังกราฟแสดงแรงกด ในภาพที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบแรงขึ้นรูปตามชนิดรูปร่างของชิ้นงาน ของแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าไม่บากมุมใช้แรงขึ้นรูปที่ระดับ 124.76 kN ของแผ่นชิ้นงานสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุมใช้แรงขึ้นรูปที่ระดับ 118.78 kN และแผ่นงานคำนวณโดยการประมาณค่าแรงที่ใช้ขึ้นรูปอยู่ที่ระดับ

115.44 kN ซึ่งเป็นแรงของการขึ้นรูปต่ำที่สุดของชนิดของแผ่นชิ้นงาน (Blank geometry) โดยแผ่นตัดเปล่าได้จากการประมาณค่าซึ่งสามารถลดความบกพร่องของการขึ้นรูปทั้งแรงใช้เพื่อการขึ้นรูปลึกจะต่ำกว่าอีกสองแบบ



ภาพที่ 4.4 การเปรียบเทียบแรงขึ้นรูปตามชนิดรูปร่างชิ้นงาน

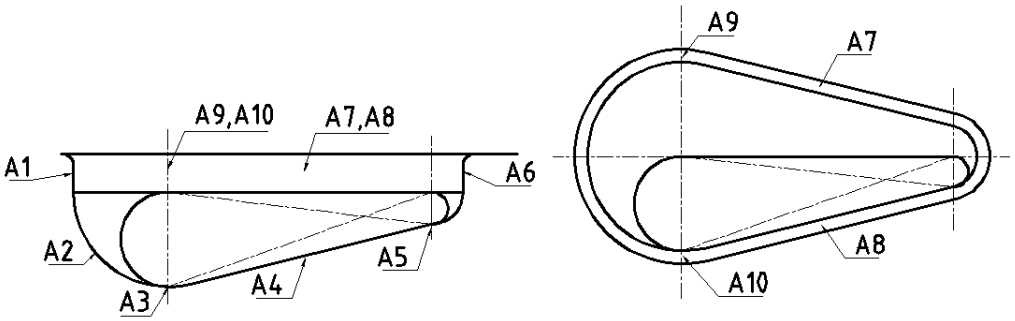


ภาพที่ 4.5 แรงกดขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานต่อระยะกดลึก

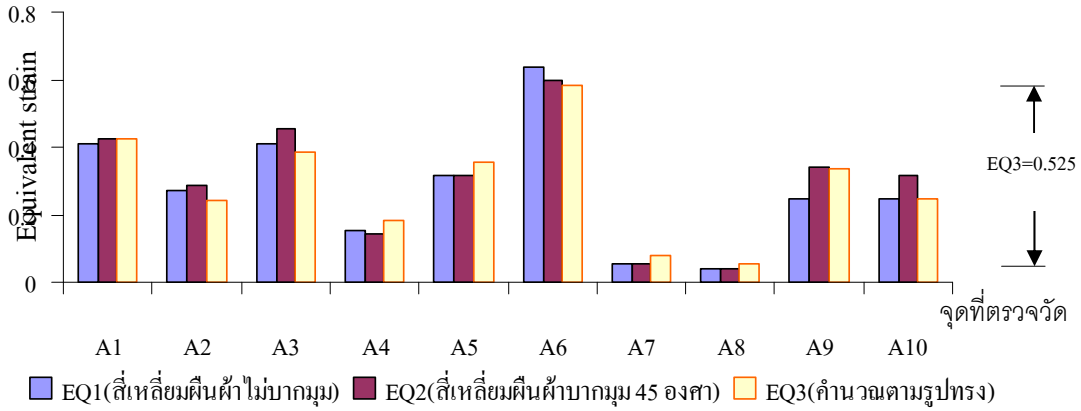
จากภาพที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ของแรงกดของแผ่นกดชิ้นงาน (Blank holder) จากการคำนวณโดยการประมาณค่าได้เท่ากับ 49.69 kN จะเห็นได้ว่าแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปในแผ่นงานสี่เหลี่ยมผืนผ้าชนิดไม่บากมุม จะใช้แรงในการขึ้นรูปสูงที่สุดเท่ากับ 124.79 kN แต่เมื่อพิจารณาเทียบกับค่าที่คำนวณได้เท่ากับ 104.84 kN มีค่าความแตกต่างมากเนื่องจากรูปทรงของการขึ้นรูปกับ

รูปร่างของแผ่นตัดเปล่า ซึ่งการเปลี่ยนรูปบริเวณหน้าตัดพื้นซ์ที่ไม่สมมาตรส่งผลทำให้การไหลตัวของแผ่นงานเข้าสู่ช่องดายเป็นไปได้อย่างลำบากจะต้องใช้แรงในการขึ้นรูปสูงขึ้นมีแนวโน้มทำให้แผ่นงานเกิดการฉีกขาดตามขอบรัศมีของดายและตามจุดวิกฤตต่างๆ เป็นไปได้สูงด้วยสาเหตุของความเค้นดึงในแนวแกนการยืดตัววัสดุมากกว่าขีดความสามารถของวัสดุ

4.1.2 ค่าความเครียดเทียบเท่า (Equivalent strain) ตามชนิดแผ่นตัดเปล่า



ภาพที่ 4.6 บริเวณจุดที่ตรวจสอบวัดความเครียด



ภาพที่ 4.7 จุดที่ตรวจวัดกับความเครียดเทียบเท่า (Equivalent strain) ของชนิดแผ่นตัดเปล่า

ความเครียดเทียบเท่า (Equivalent strain) ดังแสดงในรูปที่ 4.7 จุดของการเทียบจาก A1 ถึง A10 จะมีความรุนแรงที่แตกต่างกันเป็นไปตามเงื่อนไขของการขึ้นรูปลึกชิ้นงาน บริเวณจุด A6 ที่วิกฤตจะมีความรุนแรงของความเครียดสูงที่สุดความรุนแรงของ EQ1 EQ2 และ EQ3 จะมีความรุนแรงของความเครียดลดลงตามลำดับ โดยชนิดของแผ่นตัดเปล่าได้จากการประมาณค่าตามรูปทรงจะมีความรุนแรงที่ต่ำกว่าอีก 2 แบบ มีค่าเท่ากับ 0.581 (ณ จุด วิกฤติ A6) ในพื้นที่ของจุด A1 และ A3 จะมีความรุนแรงเทียบเท่าของความเครียดมีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยพื้นที่จุด A2 A9 และ A10 ในระดับความรุนแรงจะลดลงอีก โดยภาพรวมแล้วชนิดแผ่นตัดเปล่าจากการประมาณค่าจะมีการ

กระจายของความเครียดจึงต่ำกว่าทุกแบบ และค่าของพื้นที่ต่ำที่สุดของจุด A7 และ A8 เป็นการเปลี่ยนแปลงของวัสดุมีค่าที่ต่ำมาก จะทำให้ชิ้นงานเกิดการโป่งที่สันด้านบน แสดงว่าวัสดุมีการไหลตัวที่สูงเกินไปซึ่งมากกว่าพื้นที่อื่น

4.2 ผลของการทดสอบด้วยแรงกดที่ชิ้นงาน

ในการทดลองสิ่งที่เกี่ยวข้องที่มีอิทธิพลต่อการขึ้นรูปลึกโดยพื้นที่ของชิ้นงานที่อยู่ภายใต้การกดของ Blank holder นั้นมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ส่วนที่ถูกกดโดยพั้นซ์ (Punch) พื้นที่ของโลหะที่จะไหลตัวก็จะมีมากขึ้นเท่านั้น ในขณะเดียวกันแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปก็สูงตามไปด้วย

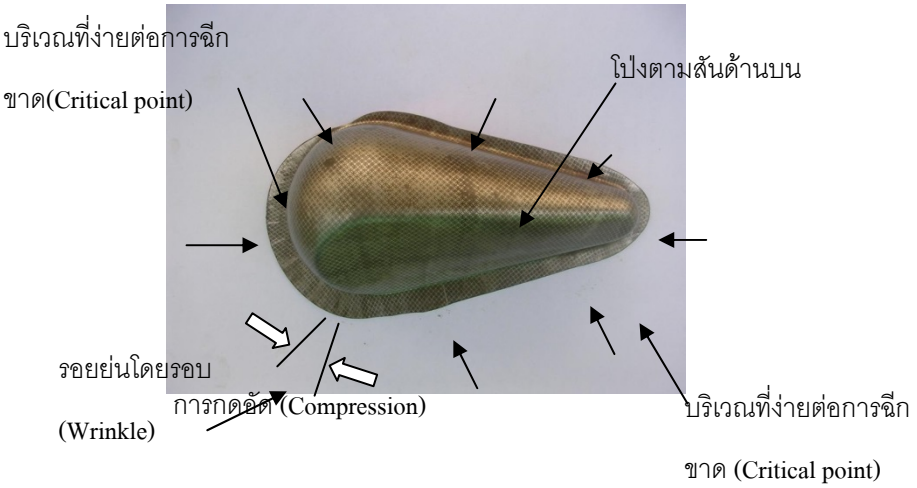
ก. <u>ปัจจัยควบคุม</u>

- แผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่า
- สารหล่อลื่นแผ่นพลาสติกโพลีเอทธีลีน PE (Polyethylene)
- แรงกดขึ้นรูป (Punch force) เท่ากับ 104.49 kN
- ระยะกดลึกของพั้นซ์ เท่ากับ 52 มม.

ข. <u>ปัจจัยทดสอบ</u>

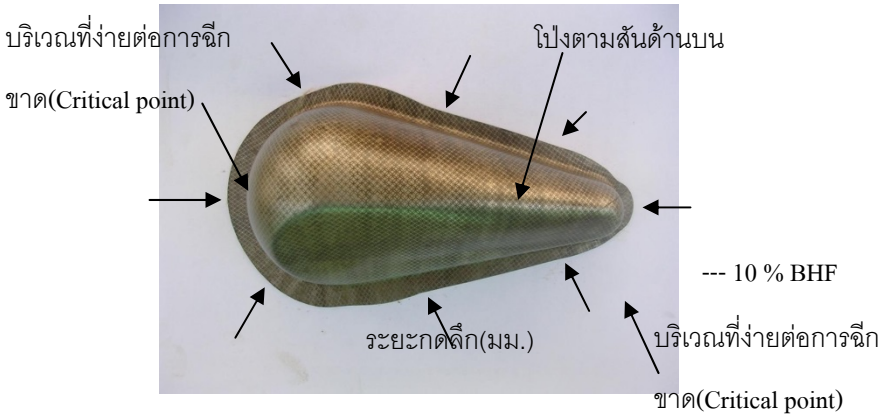
- 10 % ของแรงกดขึ้นรูป เท่ากับ 10.48 kN
- 30 % ของแรงกดขึ้นรูป เท่ากับ 31.45 kN
- 50 % ของแรงกดขึ้นรูป เท่ากับ 52.42 kN
- 70 % ของแรงกดขึ้นรูป เท่ากับ 73.39 kN

- **แรงกดชิ้นงาน 10%**



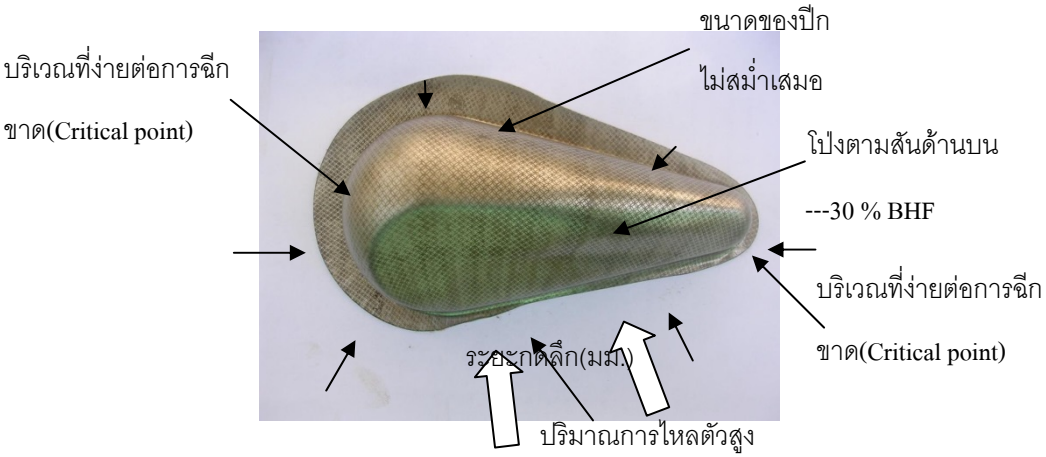
ภาพที่ 4.8 ชิ้นงานสำเร็จด้วยแรงกด 10%

- **แรงกดชิ้นงาน 30%**



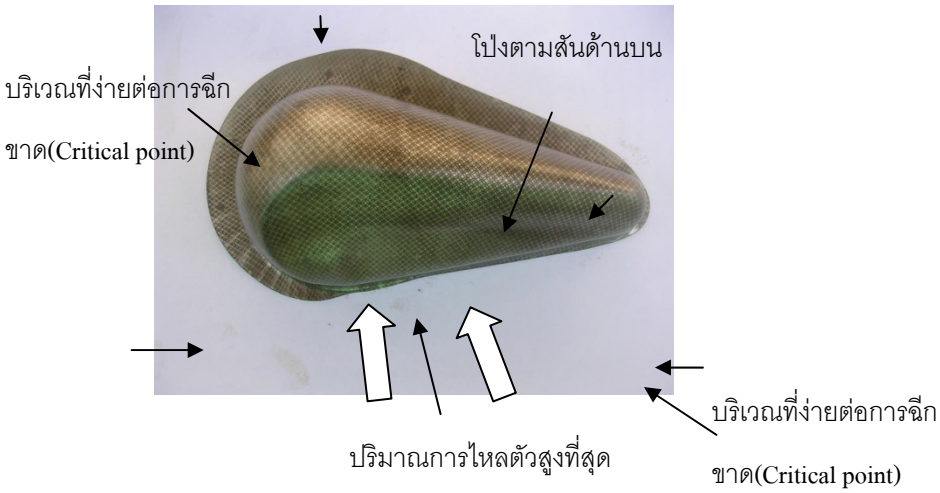
ภาพที่ 4.9 ชิ้นงานสำเร็จด้วยแรงกด 30%

- **แรงกดชิ้นงาน 50%**



ภาพที่ 4.10 ชิ้นงานสำเร็จด้วยแรงกด 50%

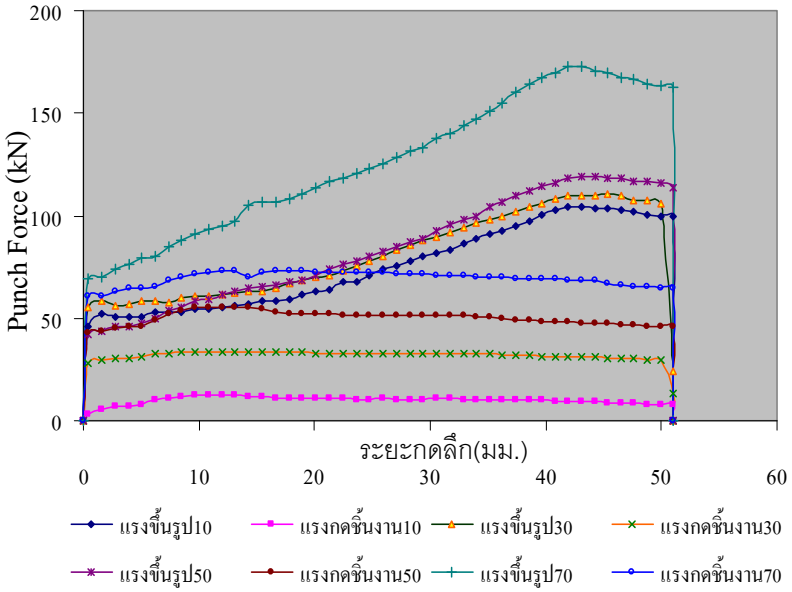
- **แรงกดชิ้นงาน 70** %



ภาพที่ 4.11 ชิ้นงานสำเร็จด้วยแรงกด 70%

4.2.1 การเปรียบเทียบของแรงกดชิ้นงาน 10%, 30%, 50%, และ 70%

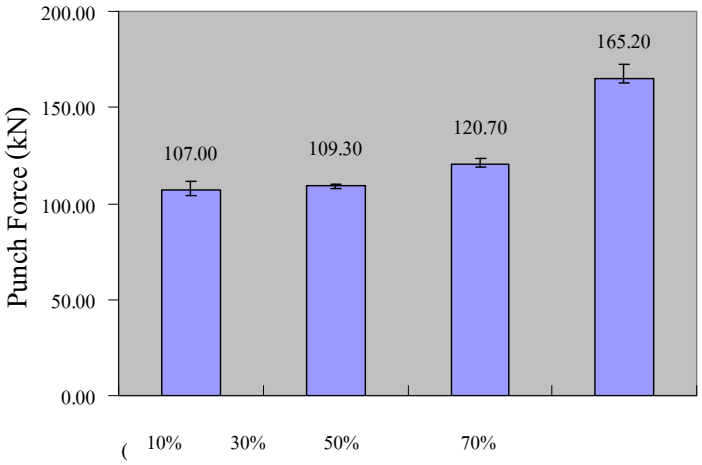
จากภาพที่ 4.12 เป็นการนำแรงกดชิ้นงานกับแรงใช้เพื่อทำการขึ้นรูปลึกชิ้นงาน พบว่าแรงของการขึ้นรูปจะมีขนาดแรงในระดับที่แตกต่างกัน เมื่อใช้แรงกดที่ต่ำแรงของการขึ้นรูปจะลดลง ดังแรงที่ 10% มีระดับของแรงที่ต่ำที่สุด เนื่องจากแรงกดที่ต่ำจะลดความเสียดทานผิวชิ้นงานที่สัมผัสกับแผ่นกด (Blank holder) กับดาย (Die) ได้แต่จะทำให้ชิ้นงานเกิดรอยย่น (Wrinkle) บริเวณปีก อย่างไรก็ตามแรงกดชิ้นงานที่กดลงที่แผ่นงาน (Blank) ณ สภาพปกติแล้วแรงจะต้องคงที่มีความราบเรียบสม่ำเสมอของแรงกดชิ้นงาน



ภาพที่ 4.12 แรงกดชิ้นงานกับแรงขึ้นรูป 10% 30% 50% และ70% ต่อระยะกดลึก

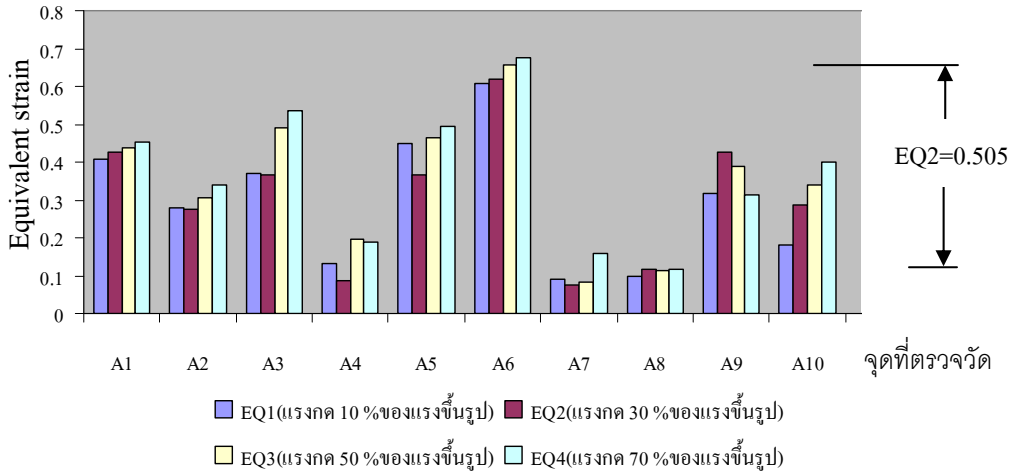
เมื่อใช้แรงกดชิ้นงานขนาด 50% และ70% ในขณะที่แรงกดสูงเกินไปจะทำให้โลหะแผ่นมีความเสียดทานที่สูงขึ้น ความสามารถการไหลตัวจะลดลงจึงเกิดความไม่สม่ำเสมอของแรงกดขึ้นรูปลึก และทำให้ปริมาณแรงกดขึ้นรูปสูงขึ้นเป็นสัดส่วนตามไปด้วย

และแรงกดชิ้นงานขนาด 30% จะพบความราบเรียบของแรงกดชิ้นงานจากแผ่นงานเริ่มเปลี่ยนรูปอย่างถาวรไปถึงความลึก 52 มม. จะมีความสม่ำเสมอของแรงกดมากที่สุด แสดงว่าแรงกดชิ้นงานที่ขนาด 30 % มีความเหมาะสมที่สุดและใช้แรงสูงสุดของการขึ้นรูปอยู่ที่ระดับ 109.3 kN และดังแสดงในภาพที่ 4.13 เป็นการเปรียบเทียบขนาดแรงกดชินงานต่อปริมาณของแรงกดขึ้นรูป



ภาพที่ 4.13 แรงกดชิ้นงานต่อแรงขึ้นรูปสูงสุด

4.2.3 ค่าความเครียดเทียบเท่า (Equivalent strain) ต่อปริมาณแรงกด



รูปที่ 4.14 ความเครียดเทียบเท่า (Equivalent strain) กับปริมาณของแรงกดชิ้นงาน

4.3 ผลของการทดสอบด้วยชนิดสารหล่อลื่น

ก. <u>ปัจจัยควบคุม</u>

- แผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่า
- แรงกดชิ้นงาน 30% เท่ากับ 31.45 kN
- แรงกดขึ้นรูป (Punch force) เท่ากับ 104.49 kN
- ระยะกดลึกของพั้นซ์ เท่ากับ 52 มม.

ข. ปัจจัยทดสอบ

- น้ำมันมะพร้าว
- น้ำมันสังเคราะห์
- แผ่นพลาสติกโพลีเอทธีลีน
- ไม่ใช้สารหล่อลื่น

4.3.1 น้ำมันมะพร้าว

- แรงกดชิ้นงานในช่วงระยะกดลึกของพั้นซ์ (Punch) ที่ 10 มม. โลหะเริ่มเปลี่ยนรูป มีการเลื่อนไถลของแผ่นงานเมื่อมีแรงกดของแผ่น (Blank holder) ด้วยแรงกด 31.45 kN ระดับของแรงกดขึ้นรูปจะเริ่มสูงขึ้น เกิดจากความเสียดทานที่ผิวของชิ้นงานแรงกดจะเริ่มคงที่ราบเรียบไปถึงระยะ กดลึกสุดท้าย

- แรงของการขึ้นรูปขณะที่พั้นซ์ (Punch) เริ่มกดแผ่นงานผ่านช่องดาย (Die) ถึงความลึก 10 มม. เป็นช่วงแผ่นงานเริ่มเปลี่ยนรูปแรงที่เริ่มสูงขึ้นแปรผันไปตามระยะกดลึก ปรากฏความแตกต่างของปริมาณของแรงกดขึ้นรูปลึกชิ้นงานจะมีความชันมาก จากการลดความเสียดทานด้วยน้ำมันมะพร้าวจากระยะลึก 40 มม.ใช้แรงเพื่อการขึ้นรูปสูงสุดที่ระดับ 118.12 kN และในช่วงสุดท้ายแรงกดของพั้นซ์จะเริ่มลดลงถึงความลึกที่กำหนด

4.3.2 น้ำมันสังเคราะห์

- แรงกดแผ่นงาน (Blank holder force) เมื่อแผ่นตัดเปล่า (Blank) ถูกกดด้วยแผ่นกดชิ้นงาน (Blank holder) ผิวของชิ้นงานที่ไม่ได้สัมผัสกับโลหะโดยตรงมีสารหล่อลื่นที่ได้จากการสังเคราะห์จะมีความเสถียรของสารน้อย จนทำให้ความราบเรียบของแรงกดชิ้นงาน จากเริ่มต้นไปถึงท้ายสุดขึ้นและลดลงจะไม่เกิดความราบเรียบ

- แรงกดขึ้นรูปลึกของสารหล่อลื่นชนิดนี้ แรงจะเพิ่มสูงขึ้นโดยเป็นสัดส่วนกับระยะกดลึกไปจนถึงความลึกประมาณ 40 มม. เป็นระยะที่แรงสูงสุดเท่ากับ 117.86 kN และจะเริ่มลดลงทีละน้อยไปจนถึงความลึก 52 มม. แรงจะกลับเริ่มต้นที่ศูนย์

4.3.3 แผ่นพลาสติกโพลีเอทธีลีน

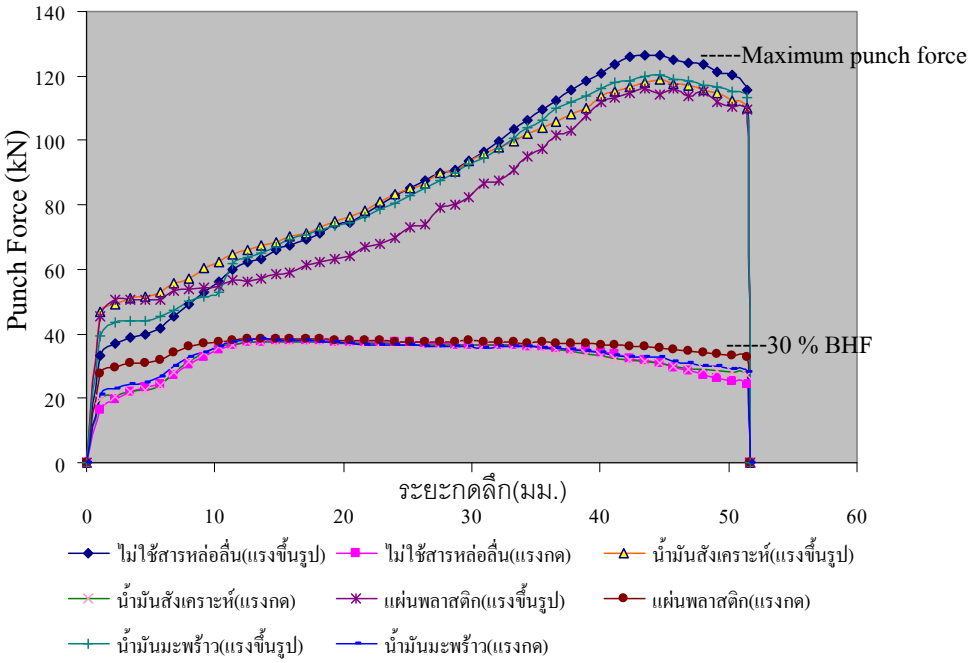
- แรงกดชิ้นงาน (Blank holder force) สัดส่วนเพิ่มของแรงต่อระยะการทางมีความแตกต่างกันไม่มากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับสารหล่อลื่นทุกชนิดแล้วแรงใช้กดชิ้นงานจะมีความราบเรียบมาก แสดงว่าการเลื่อนไกลของแผ่นงานเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ และในช่วงสุดท้าย จะพบการลดลงของแรงกดชิ้นงานมีระดับที่ลดลงเพียงเล็กน้อย

- แรงกดขึ้นรูปลึก (Deep drawing force) หรือแรงกดพั้นช์ (Punch force) ในช่วงแรก ของระยะลึก พบการเปลี่ยนแปลงของแรงต่อระยะลึกที่เป็นไปตามสัดส่วน มีความชันของแรงที่กดขึ้นรูปลึกตลอดในช่วงที่ระยะลึก 40 มม. เป็นจุดสูงสุดของแรงกดขึ้นรูปที่ระดับ 116.02 kN และในช่วงสุดท้ายระดับแรงกดขึ้นรูปจะลดลงจะได้ชิ้นงานสำเร็จ

4.3.4 ไม่ใช้สารหล่อลื่น

- แรงกดชิ้นงาน (Black holder force) เมื่อแผ่นกดชิ้นงานเลื่อนกดลงบนชิ้นงานด้วยขนาด 30%ของแรงกดขึ้นรูปลึก จะทำให้เกิดการสัมผัสกันของผิวโลหะโดยตรงความเสียดทาน (Friction) สูง ในช่วงที่มีความเปลี่ยนแปลงระดับที่แตกต่างกันของแรงกดชิ้นงานมีระดับขึ้นลงไม่สม่ำเสมอ แสดงว่าความสามารถในการไหลตัวของแผ่นงานเข้าสู่ช่องดาย (Die) ได้ไม่ดีนัก

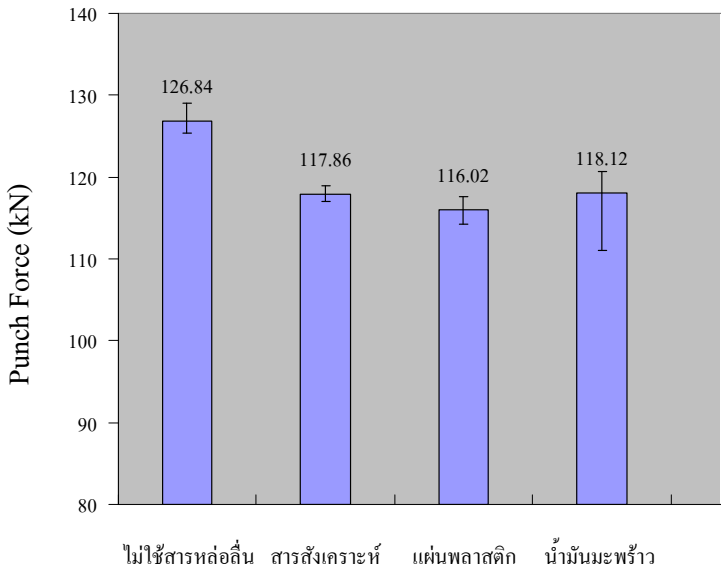
- แรงกดขึ้นรูปลึกด้วยความเสียดทานที่สูงจึงทำให้ความสามรถเลื่อนไถลตัวของแผ่นงานลดลง จึงต้องใช้แรงกดขึ้นรูปสูงขึ้นที่ระดับ 126.84 kN ซึ่งมีความสำเร็จของการขึ้นรูปที่ลดลงเพราะจะทำให้เกิดการฉีกขาดบริเวณจุดวิกฤติของชิ้นงาน



ภาพที่ 4.15 แรงกดขึ้นรูปลึกและแรงกดชิ้นงานกับชนิดของสารหล่อลื่น

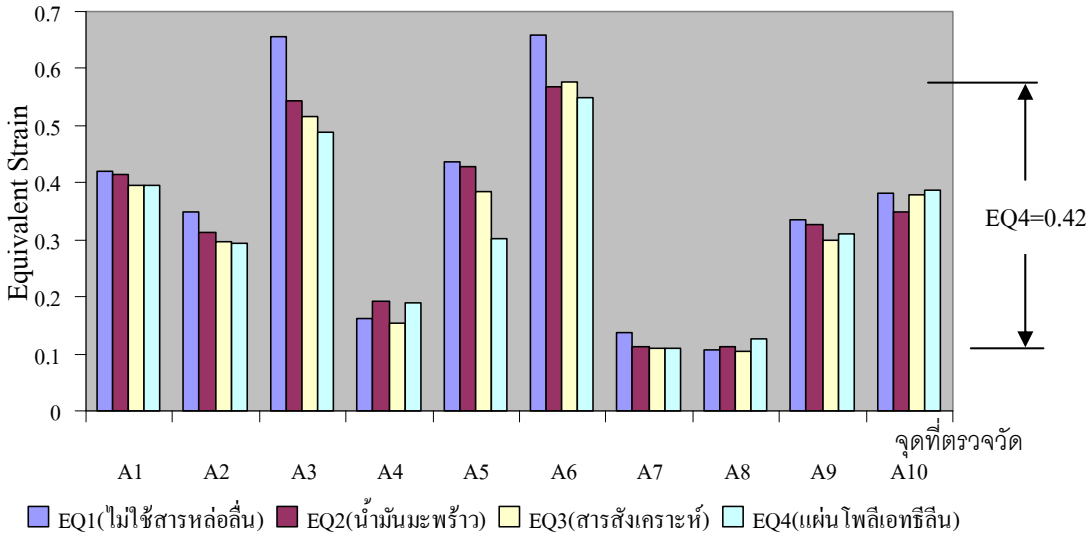
ได้ทำการเปรียบเทียบผลของแรงกดชิ้นงานกับแรงกดขึ้นรูปลึก ตามชนิดของสารหล่อลื่นที่ทดสอบ ดังแสดงในภาพที่ 4.15 จะเห็นได้ว่าแผ่นพลาสติกโพลิเอทธีลีนมีความราบเรียบของแรงกดชิ้นงานแสดงว่าการไหลตัวของแผ่นงานเข้าสู่ช่องดาย (Die) เป็นไปอย่างราบเรียบจนถึง

ความลึก 52 มม. และเป็นแรงกดขึ้นรูปลึกที่มีค่าต่ำสุดที่ระดับ 116.02 kN ดังในภาพที่ 4.15 แต่คุณภาพของผิวงานจะด้อยกว่าสารสังเคราะห์และน้ำมันมะพร้าว



ภาพที่ 4.16 แรงกดชิ้นงานต่อแรงขึ้นรูปสูงสุดตามชนิดของสารหล่อลื่น

จุดของการตรวจสอบ ดังภาพที่ 4.16 ได้ข้อมูลของความเครียดเทียบเท่า (Equivalent strain) แสดงในตาราง (ภาคผนวก ข) ผลจากการความเครียดเทียบเท่า พบว่าความเครียดที่มีความรุนแรงสูงสุด A6 และ A3 สารหล่อลื่นชนิด EQ1 จะมีความรุนแรงสูงที่สุด เมื่อเทียบที่ชนิดของสารหล่อลื่น EQ2 EQ3 และ EQ4 ลดลงตามลำดับ สารหล่อลื่น EQ4 จะมีความรุนแรงของความเครียดต่ำที่สุด เมื่อสังเกตในจุด A5 A9 A10 A1 และ A2 จะมีความรุนแรงของความเครียดลดลงตามลำดับ สารหล่อลื่นชนิด EQ1 EQ2 EQ3 และ EQ4 มีความรุนแรงมากไปน้อยตามลำดับ และในจุด A4 A8 และ A7 มีความเครียดที่ยังต่ำตามลำดับ ณ จุดตรวจสอบนี้ความรุนแรงอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับมีความแตกต่างเล็กน้อย แสดงว่าวัสดุ ณ จุดตรวจสอบไม่เกิดการเปลี่ยนรูปเลยหรือเกิดการเปลี่ยนรูปเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 4.17 ความเครียดเทียบเท่า (Equivalent strain) กับชนิดสารหล่อลื่น

จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบความเครียด ในแต่ละชนิดของสารหล่อลื่นได้ดังนี้

EQ1 (ไม่ใช้สารหล่อลื่น) ความเสียดทานของผิวงานมีค่าเท่ากับผิวโลหะในการขึ้นรูป จึงทำให้วัสดุเสียหายในขณะขึ้นรูปลึก แรงกดขึ้นรูปลึกเท่ากับ 126.84 kN และปริมาณของความเครียดมีความรุนแรง A6 ของพื้นที่วิกฤติ (Equivalent strain เท่ากับ 0.659)

EQ2 (น้ำมันมะพร้าว) สามารถลดความเสียดทานได้คุณภาพของผิวงานที่ดีแรงในการขึ้นรูปลึกเท่ากับ 118.12 kN และปริมาณของความเครียดมีความรุนแรงของพื้นที่วิกฤติ A6 (Equivalent strain เท่ากับ 0.568)

EQ3 (สารสังเคราะห์ EP (Extreme pressure Oil) เป็นชนิดที่ใช้ลดความเสียดทานของผิวงานได้คุณภาพของผิวงานดี แรงในการขึ้นรูป 117.86kN และปริมาณของความเครียดมีความรุนแรงของพื้นที่วิกฤติ A6 (Equivalent strain เท่ากับ 0.576)

EQ4 (แผ่นพลาสติกโพลีเอทธีลีน) สามารถควบคุมการไหลตัวเลื่อนไถลของผิวสัมผัสได้ดี ด้วยสมบัติของค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ต่ำกว่าทุกชนิดที่ทดสอบ ในขณะขึ้นรูปลึกชิ้นงานผิวของดาย (Die) กับแผ่นตัดเปล่า (Blank) และแผ่นกดชิ้นงาน (Blank holder) ที่ไม่ได้มีการสัมผัสกันโดยตรง ด้วยสมบัติที่สามารถยืดหยุ่นทำให้ขึ้นรูปได้ดีมีความสำเร็จ แต่คุณภาพผิวจะไม่ค่อยดีนัก ด้วยสาเหตุขณะพั้นซ์กดลงแผ่นตัดเปล่าจะทำให้พลาสติกโพลีเอทธีลีนเกิดการห่อตัวในบางพื้นที่ที่เกิดการกดอัด (Compress) และเกิดการฉีกขาดของพลาสติกก่อนที่จะขึ้นรูปสำเร็จแล้วแทรกตัวเข้าสู่ช่องดาย (Die) ทำให้คุณภาพของผิวชิ้นงานด้อยลง แรงกดขึ้นรูปลึกเท่ากับ 116.2kN

และปริมาณของความเครียดมีความรุนแรง ณ A6 ของพื้นที่วิกฤติ (Equivalent strain เท่ากับ 0.549) และความแตกต่างพื้นที่ A6 – A8 เท่ากับ 0.424

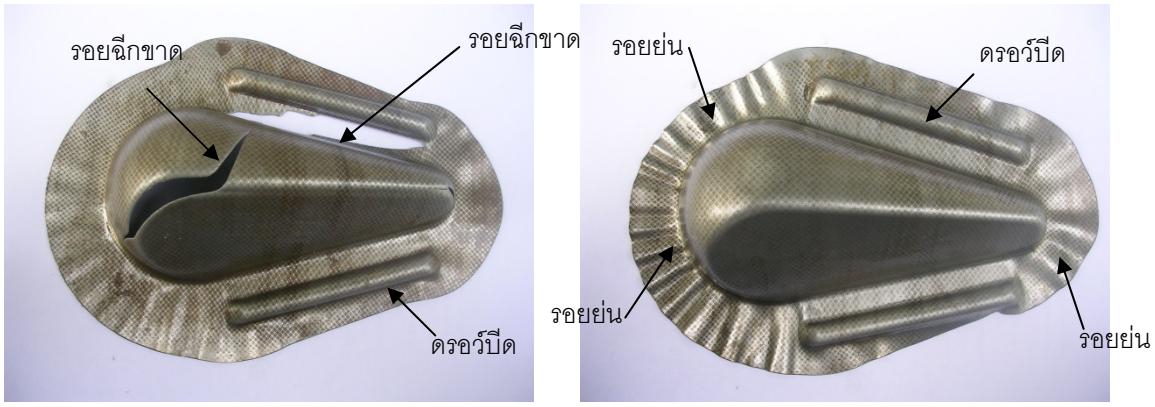
4.4 ผลของการทดสอบด้วยชนิดของดรอว์บีด

ก. <u>ปัจจัยควบคุม</u>

- แผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่าขยาย 10 มม.
- แรงกดชิ้นงาน 30% เท่ากับ 31.45 kN
- แรงกดขึ้นรูปลึก (Punch force) เท่ากับ 104.49 kN
- สารหล่อลื่นแผ่นพลาสติกโพลีเอทธีลีน
- ระยะกดลึกของพั้นซ์ เท่ากับ 52 มม.

ข. <u>ปัจจัยทดสอบ</u>

- ไม่ใช้ดรอว์บีด (Non draw bead)
- ดรอว์บีดรูปสามเหลี่ยม (Three Angle Bead)
- ดรอว์บีดปรายโค้งมน (Round Bead)



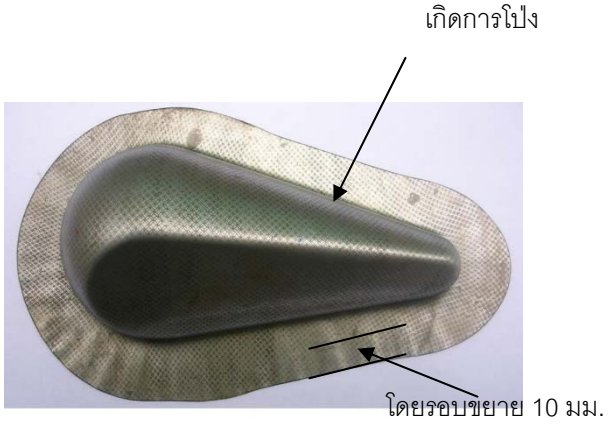
(ก) แรงกดชิ้นงาน 30%ของแรงขึ้นรูป (ข) แรงกดชิ้นงานต่ำกว่า 30%ของแรงขึ้นรูป

ภาพที่ 4.18 จุดบกพร่องชิ้นงานหลังการขึ้นรูปของดรอว์บีดความสูงเท่ากับ 8 มม.

ขณะทดสอบขึ้นรูปชิ้นงาน โดยเริ่มต้นความสูงของดรอว์บีดเท่ากับ 8 มม. ดังแสดงในภาพที่ 4.18 ความสูงของดรอว์บีดมีผลต่อแรงกดชิ้นงานจะทำให้เกิดการดึงขึงให้เป็นเส้นตรง (Straightening) จะไม่สามารถไหลตัวได้ จึงเป็นสาเหตุให้ชิ้นงานเกิดการฉีกขาดบริเวณขอบรัศมีของปีกชิ้นงาน และเกิดการแตกบริเวณสันด้านบนตลอดแนว ดังแสดงในภาพที่ 4.18 (ก) จึงทดลอง

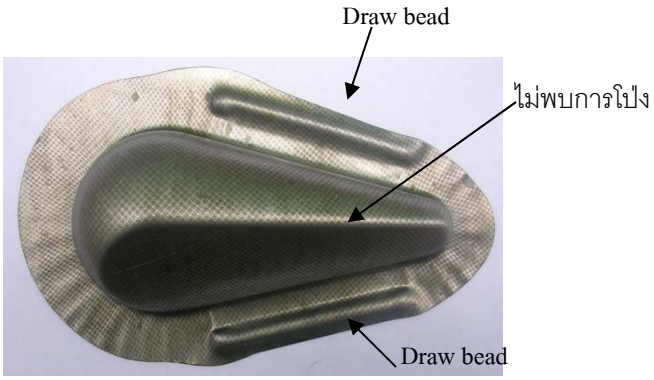
ลดแรงกดชิ้นงาน (Blank holding force) พบว่าชิ้นงานเกิดรอยย่นบริเวณปีกไปจนถึงผนังโดยรอบ ดังแสดงในภาพที่ 4.18(ข)

4.4.1 ไม่ใช้ดรอว์บีด (Non draw bead)



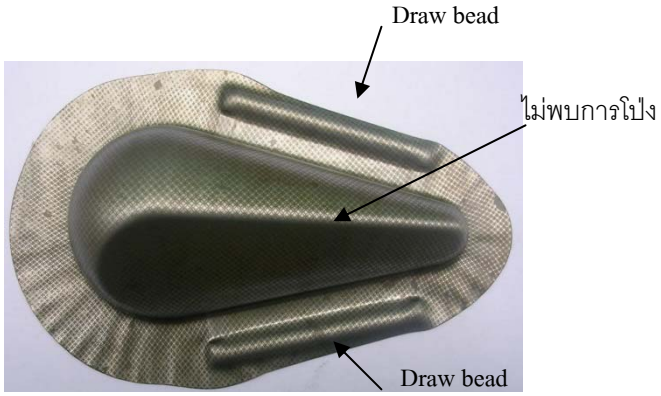
ภาพที่ 4.19 ชิ้นงานสำเร็จที่ไม่ใช้ดรอว์บีด

4.4.2 ดรอว์บีดรูปสามเหลี่ยม (Three angle bead)

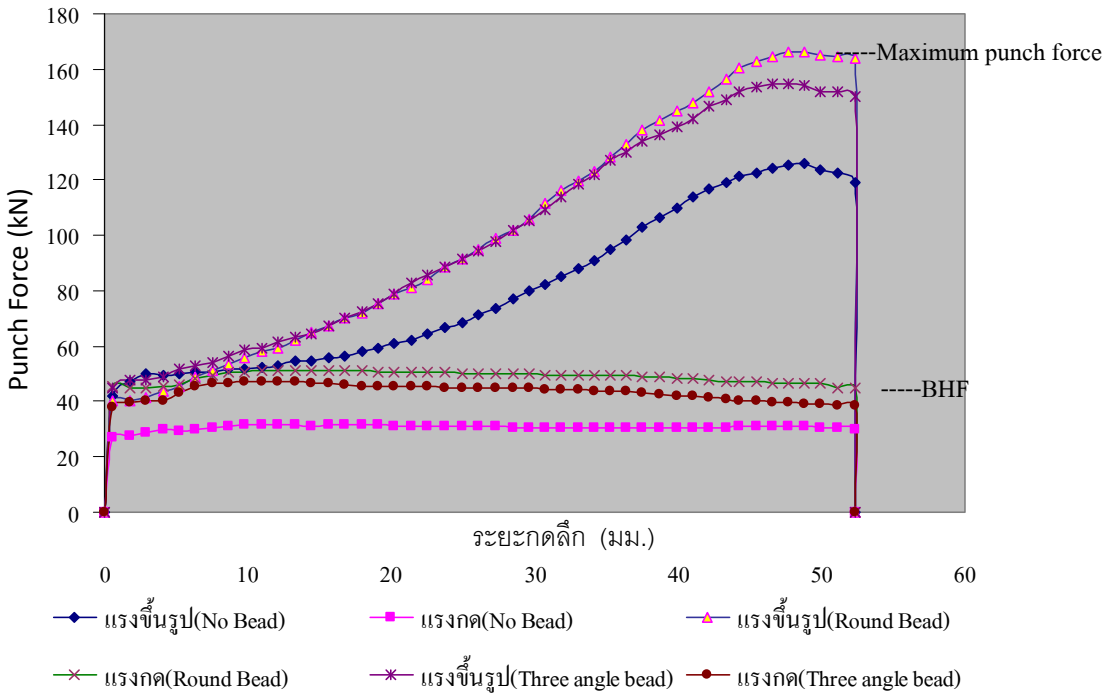


ภาพที่ 4.20 ชิ้นงานใช้ดรอว์บีด (Draw bead) รูปสามเหลี่ยม

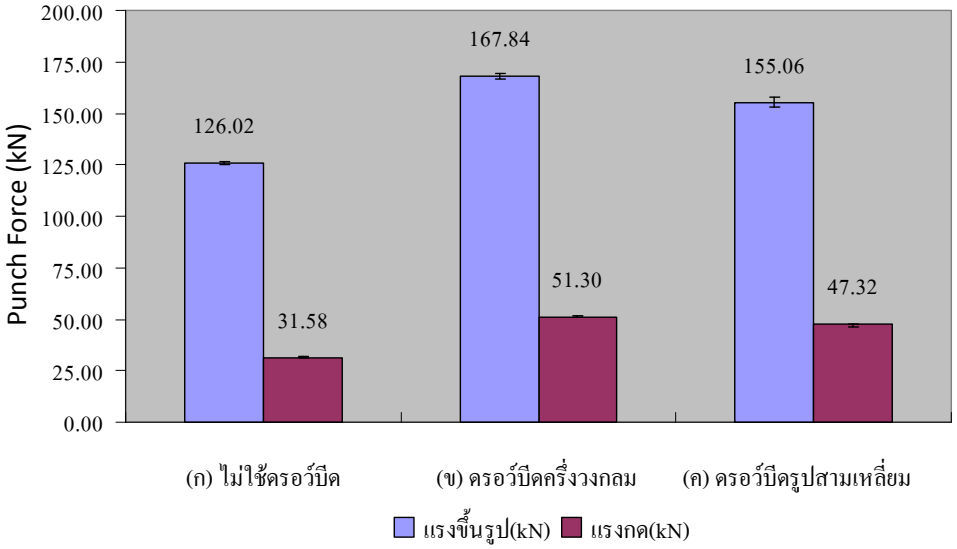
4.4.3 ดรอว์บีดปรายโค้งมน (Round bead)



ภาพที่ 4.21 ชิ้นงานใช้ดรอว์บีด (Draw bead) รูปปลายมนโค้ง

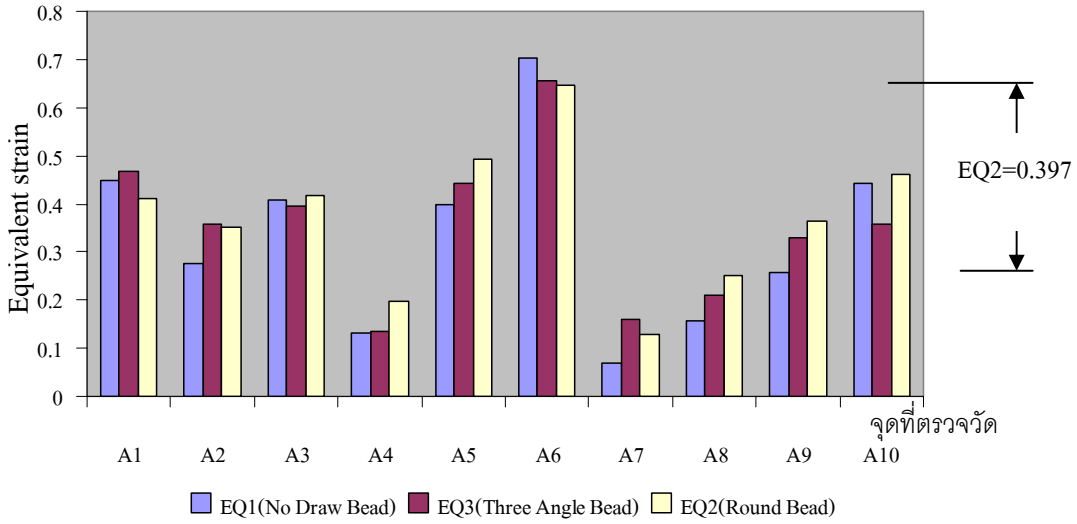


ภาพที่ 4.22 แรงขึ้นรูปกับแรงกดชิ้นงานของดรอว์บีดชนิดต่างๆ



ภาพที่ 4.23 แรงกดขึ้นรูปลึกกับแรงกดชิ้นงานตามชนิดของดรอว์บิด

จากภาพที่ 4.22 และภาพที่ 4.23 แสดงกราฟการเปรียบเทียบของแรงกดชิ้นงานและแรงใช้เพื่อขึ้นรูปลึกในชนิดของดรอว์บีดแบบครึ่งวงกลมมีระดับของแรงกดชิ้นงานสูงสุดที่ระดับ 51.3 kN จะสูงกว่าดรอว์บีดทุกชนิด เมื่อเพิ่มพื้นที่ของปีกชิ้นงานแรงกดและระดับของแรงกดสูงขึ้นจะทำให้ปริมาณของแรงใช้เพื่อการขึ้นรูปสูงขึ้นตามไปด้วยที่ระดับ 167.48 kN



ภาพที่ 4.24 ความเครียดเทียบเท่า (Equivalent strain) กับชนิดของดรอว์บีด

ชิ้นงานสำเร็จทดสอบภายใต้สภาวะ ไม่ใช้ดรอว์บีด(EQ1) ดรอว์บีดรูปครึ่งวงกลม (EQ2) ดรอว์บีดรูปสามเหลี่ยม (EQ3) ดังภาพที่ 4.24 ความเครียดเทียบเท่าและวัดความเปลี่ยนแปลงของความเครียด ณ บริเวณตรวจวัด พบว่าระดับความเครียดณ จุดตรวจวัดมีระดับของความเครียดมีความรุนแรงเพิ่มสูงขึ้นในทุกระดับของจุดวิกฤติที่จุด A6 ระดับความรุนแรงสูงสุด ดรอว์บีดชนิด EQ1 EQ3 และ EQ2 จากมากไปน้อยตามลำดับแต่ผลที่กลับกันที่จุด A1 A2 A3 A4 A5 A7 A8 A9 และจุด A10 ระดับความรุนแรงของความเครียดกลับเป็น EQ2 EQ3 และ EQ1 ที่มีระดับความรุนแรงจากมากไปน้อยตามลำดับ ด้วยสาเหตุจาก EQ2 ใช้แรงกดชิ้นงานที่สูงขึ้นทำให้ความสามารถการไหลตัวของชิ้นงานลดลง เพราะเกิดการขึ้นรูปแบบดึงยืด (Stretching) ที่ผนังของชิ้นงานจะทำความหนาของชิ้นงานลดลงด้วย

จากผลการทดลองความเครียดเทียบเท่า (Equivalent strain) ในแต่ละชนิดของดรอว์บีดได้ดังนี้

EQ1 (Non draw bead) แรงในการขึ้นรูปลึก 126.02 kN แรงกดชิ้นงานเท่ากับ 31.58 kN และปริมาณของความเครียดมีความรุนแรง A6 ของพื้นที่วิกฤติ (Equivalent strain เท่ากับ 0.703)

EQ2 (Three angle draw bead) แรงกดขึ้นรูปลึก 155.06 kN แรงกดชิ้นงานเท่ากับ 47.32 kNและปริมาณของความเครียดมีความรุนแรง A6 ของพื้นที่วิกฤติ (Equivalent Strain เท่ากับ 0.656)

EQ3 (Round draw bead) แรงกดขึ้นรูปลึก 167.84 kN แรงกดชิ้นงานเท่ากับ 51.30 kN ปริมาณของความเครียดมีความรุนแรง A6 ของพื้นที่วิกฤติ (Equivalent strain เท่ากับ 0.646) และความแตกต่างพื้นที่ A6 – A8 เท่ากับ 0.397

<u>กิจกรรมที่ 2</u>

4.5 ผลการทดสอบอิทธิผลของรูปร่างแผ่นตัดเปล่า

ในการทดสอบของการขึ้นรูปชิ้นงานที่มีรูปทรงไม่สมมาตร เริ่มจากการเตรียมวัสดุเหล็กแผ่นรีดเย็น SPCC – SD ความหนา 1 มม. ตัดตามขนาดที่กำหนดของแต่ละปัจจัยทดสอบ ดังภาพที่ 4.1, 4.4 และ 4.7 เมื่อได้ชิ้นงานแล้วนำแผ่นเปล่ามาทำความสะอาดก่อนจะวางบนแม่พิมพ์ บนเครื่องปั๊มไฮดรอลิกขนาดแรงดันสูงสุด 80 ตัน ซึ่งประกอบด้วย พั้นซ์ ดาย และแบลงก์โฮลเดอร์ แล้วนำแผ่นพลาสติก (Polyethylene) ความหนา 1 มม. ตัดขนาด 200 x 140 มม. วางบนแผ่นตัดเปล่าก่อนทำการปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน ซึ่งใช้เป็นสารหล่อลื่นในการขึ้นรูป เมื่อตั้งค่าระยะกดลึกของพันซ์และค่า

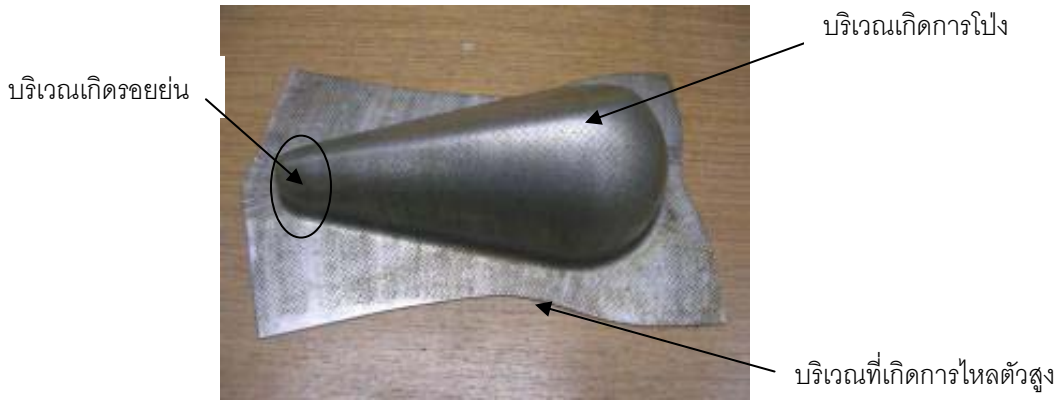
ของแรงกดชิ้นงาน แล้วการปั๊มชิ้นงาน โดยแรงกดชิ้นงาน (Blank Holder Force) เท่ากับ 49.69 kN ได้จากการคำนวณภาคผนวก ก (ก-2) แล้วบันทึกและวิเคราะห์ผลทดสอบ

ตารางที่ 4.1 ปัจจัยที่ใช้ควบคุมการขึ้นรูปชิ้นงานตามชนิดของแผ่นตัดเปล่า

ปัจจัยควบคุม	ปัจจัยทดสอบ
สารหล่อลื่นแผ่นพลาสติกโพลีเอทธีลีน	แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้า
แรงกดชิ้นงาน (Blank Holder Force) = 49.69 kN	แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมชนิดบากมุม
ระยะกดลึกของพันซ์=52 มม.	แผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่า

- แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้า

  นำแผ่นวัสดุ SPCC-SD ตัดขนาด 200 x 140 มม. ชิ้นงานสำเร็จหลังจากการขึ้นรูป

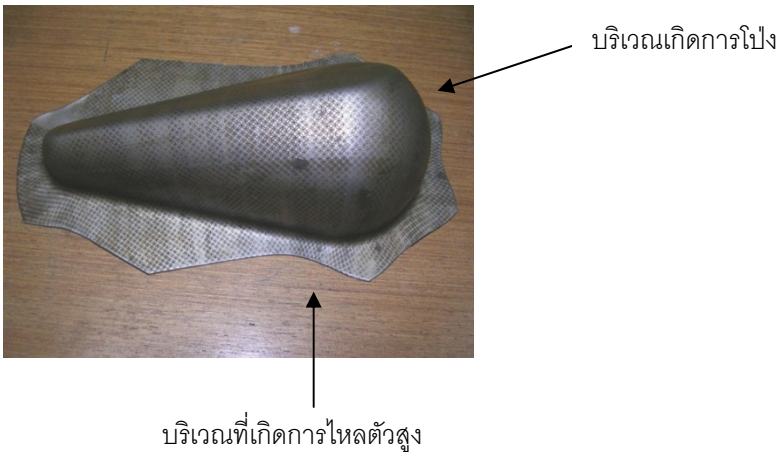


ภาพที่ 4.25 ชิ้นงานสำเร็จจากการขึ้นรูปของแผ่นเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพื่อวิเคราะห์ผล

จากภาพที่ 4.25 จะเห็นได้ว่าแผ่นรูปร่างของชิ้นงาน (Blank Geometry) มีลักษณะแตกต่างทั้งความสูงและขนาดหน้าตัดของพั้นซ์ในการเปลี่ยนรูปบริเวณหน้าตัดพั้นซ์ เมื่อการไหลตัวของแผ่นงานไม่สมมาตรกันความสามารถในการไหลตัวเข้าสู่ช่องดาย (Die) ก็จะแตกต่างกัน เมื่อทำการขึ้นรูปชิ้นงานจะเห็นได้ว่าชิ้นงานจะมีหน้าตัดต่างกันไปบริเวณที่ไหลตัวของชิ้นงานเกิดการโป่งบริเวณสันของชิ้นงานและมีรอยย่นที่บริเวณปลายแหลมอย่างชัดเจน

4.5.1 แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมชนิดบากมุม

นำแผ่นวัสดุ SPCC-SD ตัดแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมชนิดบากมุมทั้งสี่ด้านขนาดเท่ากับแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้า คือ 200 x 140 มม. และบากมุมทุกด้านโดยแต่ละด้านมีขนาด 35 มม. ดังภาพที่ 4.26

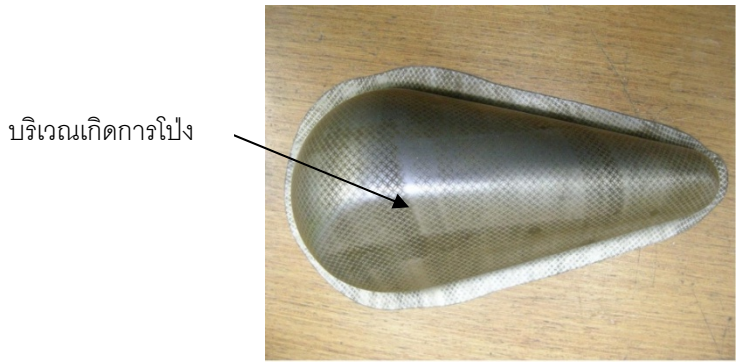


ภาพที่ 4.26 ชิ้นงานสำเร็จจากการขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมชนิดบากมุมเพื่อวิเคราะห์ผล

จากภาพที่ 4.26 แสดงให้เห็นว่าบริเวณที่ไหลตัวของชิ้นงานมีลักษณะที่คล้ายกัน เนื่องจากการบากมุมของชิ้นงานทำให้การไหลตัวของวัสดุมีมากกว่าชิ้นงานแรกแต่พบว่าชิ้นงานที่ได้พบว่าชิ้นงานสำเร็จมีลักษณะโป่งบริเวณสันของชิ้นงานและพบรอยย่นขนาดเล็กที่บริเวณปีกชิ้นงานลดลง

4.5.2 แผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่า

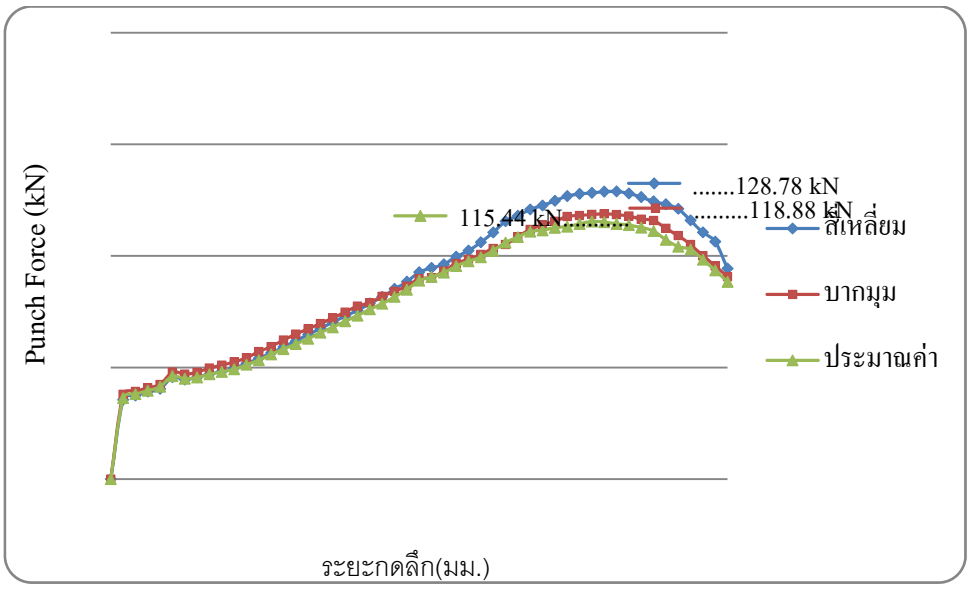
ทำการสร้างแผ่นตัดเปล่าที่ได้จากการคำนวณโดยการประมาณค่าซึ่งดูขนาดของแผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณได้จาก (ภาคผนวก ง) เมื่อสร้างเสร็จจะได้แผ่นตัดเปล่า



ภาพที่ 4.27 ชิ้นงานสำเร็จจากการขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่าคำนวณ
โดยการประมาณค่าเพื่อวิเคราะห์ผล

4.5.3 เปรียบเทียบแรงตามชนิดของแผ่นเปล่า 3 ชนิด

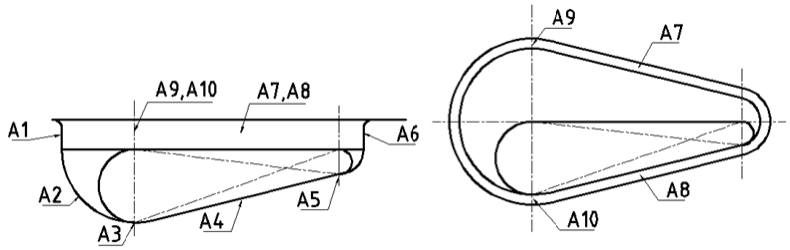
ในการทดลองนั้นพบว่า ลักษณะของแผ่นตัดเปล่าที่นำมาใช้นั้นจะได้ผลที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะแผ่นตัดเปล่าที่ได้จากการคำนวณโดยการประมาณค่านั้นพบว่ามีการไหลตัวของวัสดุเข้าสู่ดายอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งจะสังเกตจากปริมาณของวัสดุที่เหลืออยู่รอบๆ ปีกของชิ้นงาน ผลการทดสอบยังพบว่าการใช้แผ่นตัดเปล่าแบบคำนวณโดยการประมาณค่าจะสามารถลดการฉีกขาดของชิ้นงาน สรุปผลผลการบันทึกค่าแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่า 3 ชนิด แสดงในตารางที่ 4.2 แสดงแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปแต่ละชนิดของแผ่นตัดเปล่า

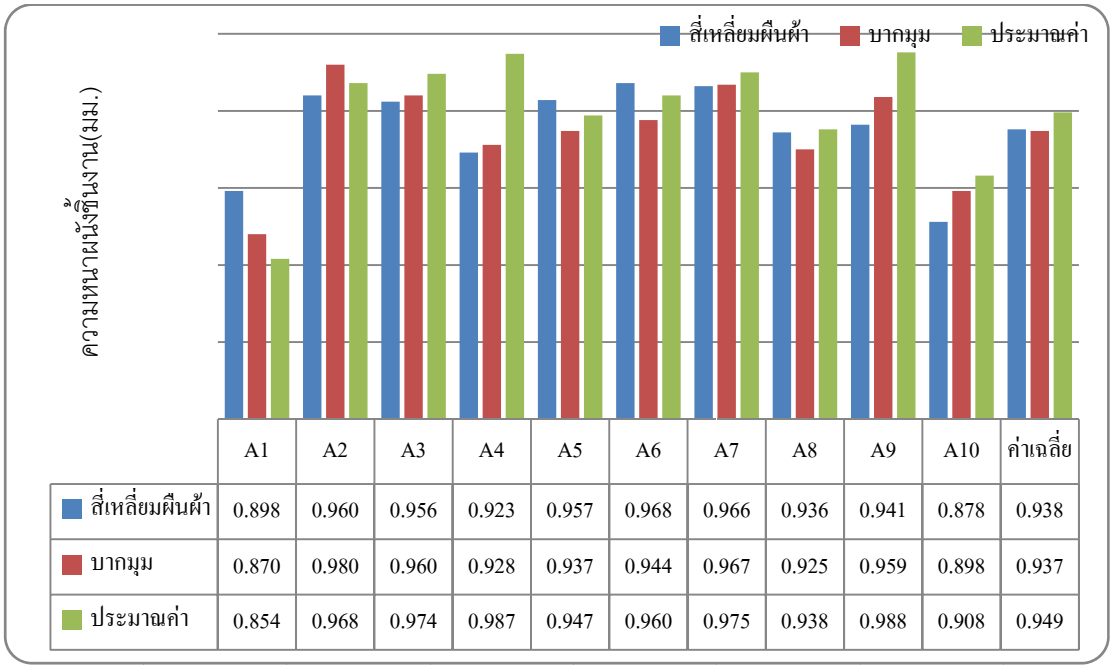


ภาพที่ 4.28 การเปรียบเทียบแรงกดขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่าทั้ง 3 ชนิด

จากภาพที่ 4.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบแรงกดขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่าทั้ง 3 ชนิด จะพบว่าแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานของแผ่นตัดเปล่าทั้ง 3 ชนิด จะสังเกตได้ว่าเมื่อเริ่มให้ค่าแรงกดจะมาทิศทางเดียวกันและเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อถึงระยะกดลึกที่ประมาณ 29 มม. หลังจากนั้นจะได้แรงในการขึ้นรูปที่ต่างกัน ซึ่งจะส่งผลถึงความหนาของผนังชิ้นงาน ตามตำแหน่งวัดความหนาของแต่ละจุดกราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนาของผนังชิ้นงานของแผ่นตัดเปล่าทั้ง 3 ชนิด โดยแผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่าจะใช้แรงในการขึ้นรูปน้อยสุด (115.44 kN.) ซึ่งส่งผลให้ความหนาของผนังชิ้นงานที่จุดวิกฤต A1 มีความหนามากสุด (0.898 มม.) ในขณะที่การขึ้นรูปด้วยแผ่นตัดเปล่าแบบสี่เหลี่ยมจะใช้แรงในการขึ้นรูปมากที่สุด (128.78 kN.) เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นตัดเปล่าแบบอื่นๆ และจากการวัดค่าความหนาของผนังชิ้นงานที่จุด A1 พบว่ามีค่าความ

หนาน้อยที่สุด (0.854มม.) ซึ่งผลการเปรียบเทียบความหนาผนังชิ้นงานที่วัดได้ในบริเวณจุดสนใจต่างๆ จะแสดงไว้ในภาพที่ 4.11Punch Force (kN)





	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	ค่าเฉลี่ย
สี่เหลี่ยมผืนผ้า	0.898	0.960	0.956	0.923	0.957	0.968	0.966	0.936	0.941	0.878	0.938
บากมุม	0.870	0.980	0.960	0.928	0.937	0.944	0.967	0.925	0.959	0.898	0.937
ประมาณค่า	0.854	0.968	0.974	0.987	0.947	0.960	0.975	0.938	0.988	0.908	0.949

ตำแหน่งจุดวัดความหนาของผนังชิ้นงาน

ภาพที่ 4.29 การเปรียบเทียบความหนาของผนังชิ้นงานจากการขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่าที่แรงกดชิ้นงาน (Blank Holder Force) เท่ากับ 49.69 kN.

จากการวิเคราะห์การกระจายตัวของความหนาผนังชิ้นงานจะพบว่าแผนตัดเปล่าแบบจากการคำนวณโดยการประมาณค่ามีค่าความแตกต่างของความหนาผนังชิ้นงานน้อยสุด ที่ค่าเฉลี่ย 0.949 มม.

4.6 ผลการทดสอบอิทธิผลแรงกดชิ้นงาน

ในการทดสอบอิทธิพลของแรงกดชิ้นงานต่อการขึ้นรูปลึก จะทำการทดสอบแรงกดชิ้นงานที่มีขนาดต่างๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 4.2 การทดสอบควบคุมให้ตัวแปรในการขึ้นรูปอื่นๆ เป็นปัจจัยในการควบคุมและให้ขนาดแรงกดแผ่นตัดเปล่าเป็นปัจจัยทดสอบ ที่มีขนาดต่างๆ กันที่ 20%, 40%, 60% และ 80% ของแรงกดขึ้นรูปที่คำนวนได้ตามสมการที่ 2.3

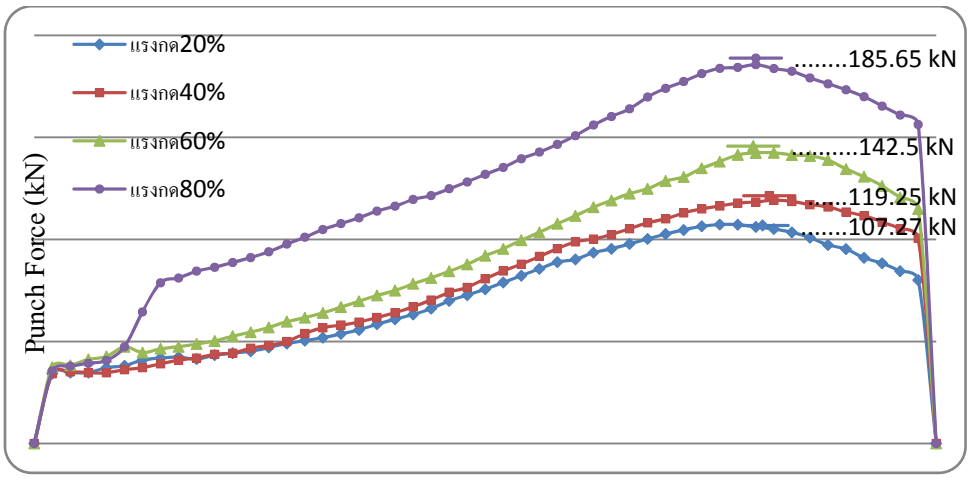
ตารางที่ 4.2 แสดงปัจจัยที่ใช้ควบคุมการขึ้นรูปชิ้นงานตามชนิดของแรงกดชิ้นงาน

ปัจจัยควบคุม	ปัจจัยทดสอบ
สารหล่อลื่นแผ่นพลาสติกโพลีเอทธีลีน	20% แรงกดชิ้นงาน เท่ากับ 20.96 kN
แรงกดขึ้นรูป (Punch Force) = 104.49 kN	40% แรงกดชิ้นงาน เท่ากับ 41.93 kN
แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้า	60% แรงกดชิ้นงาน เท่ากับ 62.90 kN
การใช้ดอรว์บีด	80% แรงกดชิ้นงาน เท่ากับ 83.87 kN

4.6.1 การทดสอบแรงกดแผ่นตัดเปล่า โดยไม่ใช้ดอรว์บีด

1) ใช้แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ผลการวัดแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานโดยใช้ขนาดแรงกดแผ่นตัดเปล่าต่างกันที่ 20%, 40%, 60% และ 80% แสดงในภาพที่ 4.30 จากการทดสอบพบว่าเมื่อใช้แรงกดแผ่นตัดเปล่ามาก จะทำให้แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปสูงขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน โดยที่แรงกดขึ้นรูปจะเริ่มยกระดับสูงขึ้นและเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนเมื่อระยะกดชิ้นงานลึกประมาณ 5 มม. และจะยังคงรักษาระดับที่สูงกว่าไปเรื่อยๆ จนกระทังจบกระบวนการขึ้นรูป



ภาพที่ 4.30 การเปรียบเทียบแรงกดที่ชิ้นงานที่ 20%, 40%, 60% และ 80%
ของแผ่นตัดเปล่า สี่เหลี่ยมผืนผ้า

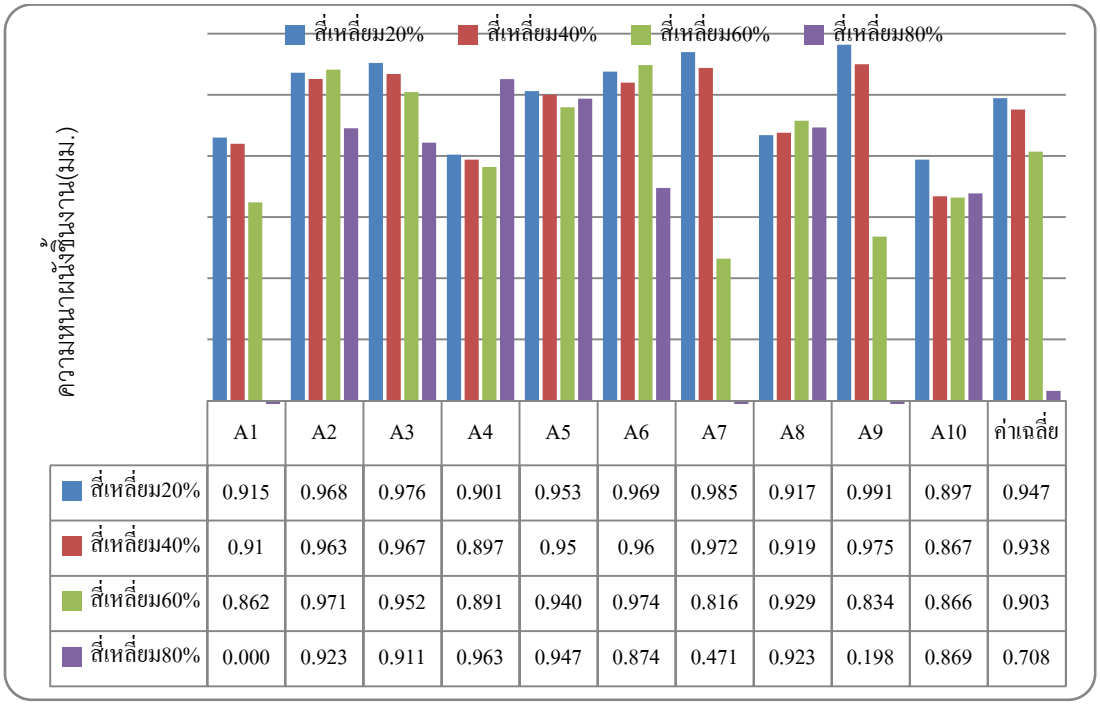
ผลจากการตรวจสอบชิ้นงานภายหลังการขึ้นรูปด้วยสายตา พบว่าการแรงกดที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปชิ้นจากแผ่นตัดเปล่ารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า พบว่าแรงกดขนาด 40% (41.93 kN) จะสามารถลากขึ้นรูปชิ้นงานได้สมบูรณ์ที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแรงกดขนาดอื่นๆ (ดูตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจสอบชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยแรงกดขึ้นรูปต่างๆ

แรงกดชิ้นงาน	ชิ้นงาน	ปัญหาที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานทดสอบ
20% (20.96 kN)	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานมีรอยย่นบริเวณปีกชิ้นงานอย่างชัดเจน
40% (41.93 kN)	ผ่าน	ชิ้นงงานที่ได้มีรอยย่นเล็กน้อย บริเวณปีกชิ้นงาน
60% (62.90 kN)	ผ่าน	ชิ้นงานมีการโป่งของสัน
80% (83.87 kN)	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานมีการโป่งตัว A4 และเกิดการฉีกขาดของชิ้นงาน ณ จุด A1, A7, A9

ผลการวัดความหนาผนังชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากแผ่นตัดเปล่าแบบสี่เหลี่ยม โดยใช้แรงกดชิ้นงานขนาดต่างๆ กัน แสดงไว้ในภาพที่ 4.31 ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดแรงกดแผ่นตัดเปล่าชิ้นงานมีอิทธิพลต่อความหนาของชิ้นงาน ซึ่งเมื่อใช้แรงกดชิ้นงานมากขึ้นผนังของชิ้นงานจะบางลง จนเกิด

การฉีกขาดเมื่อใช้แรงกด 80% และจากการหาค่าเฉลี่ยความหนาผนังชิ้นงานพบว่า แรงกดชิ้นงานที่ 20% มีความหนาของผนังชิ้นงานโดยเฉลี่ยมากที่สุด แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของแรงกดเป็น 40%,60% และ 80% ความหนาของผนังชิ้นงานจะลดลงขึ้นตามลำดับ จุด A10 ได้ค่าความหนาของผนังชิ้นงานอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งความรุนแรงสูงที่สุดของชิ้นงานสำเร็จ ณ A10 ซึ่งเป็นพื้นที่ของจุดวิกฤติ และจุด A6 และ A7 มีความหนาของผนังชิ้นงานสูงกว่าตำแหน่งอื่น



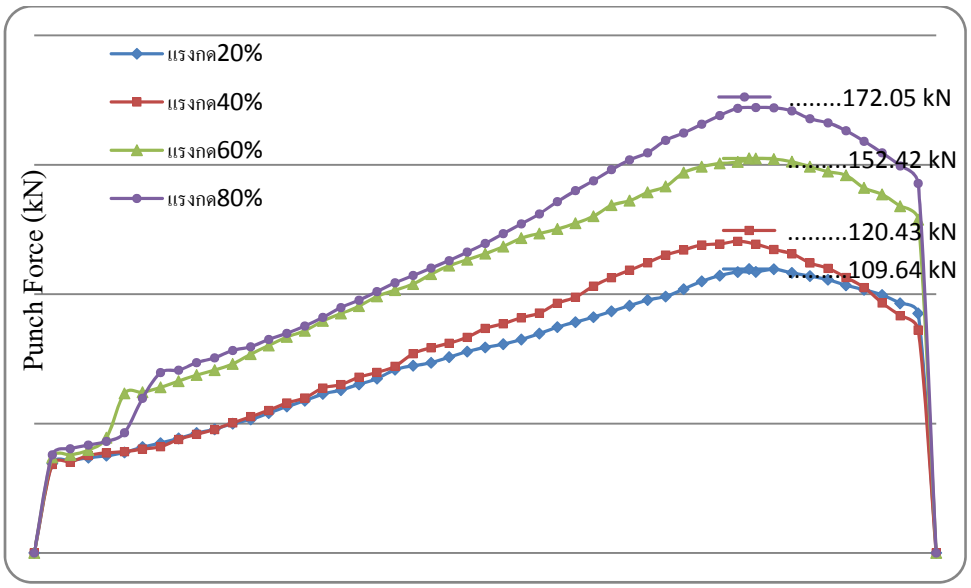
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	ค่าเฉลี่ย
สี่เหลี่ยม20%	0.915	0.968	0.976	0.901	0.953	0.969	0.985	0.917	0.991	0.897	0.947
สี่เหลี่ยม40%	0.91	0.963	0.967	0.897	0.95	0.96	0.972	0.919	0.975	0.867	0.938
สี่เหลี่ยม60%	0.862	0.971	0.952	0.891	0.940	0.974	0.816	0.929	0.834	0.866	0.903
สี่เหลี่ยม80%	0.000	0.923	0.911	0.963	0.947	0.874	0.471	0.923	0.198	0.869	0.708

ตำแหน่งจุดวัดความหนาของผนังชิ้นงาน

ภาพที่ 4.31 การเปรียบเทียบความหนาของผนังชิ้นงานจากการขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่า

2) ใช้แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม

ผลการวัดแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานจากแผ่นตัดเปล่ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม โดยใช้ขนาดแรงกดแผ่นตัดเปล่าต่างกันที่ 20%, 40%, 60% และ 80% แสดงในภาพที่ 4.32 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบกราฟแรงลากขึ้นรูปชิ้นงานเมื่อใช้แรงกดแผ่นตัดเปล่าขนาดต่างๆ กัน และจะเห็นได้ว่าการเพิ่มขนาดแรงกดแผ่นตัดเปล่าจะมีอิทธิพลต่อแรงที่ใช้ในการขึ้นรูป เมื่อใช้แรงกดแผ่นตัดเปล่าสูงขึ้น จะส่งผลทำให้แรงลากขึ้นรูปจะมีขนาดสูงขึ้น



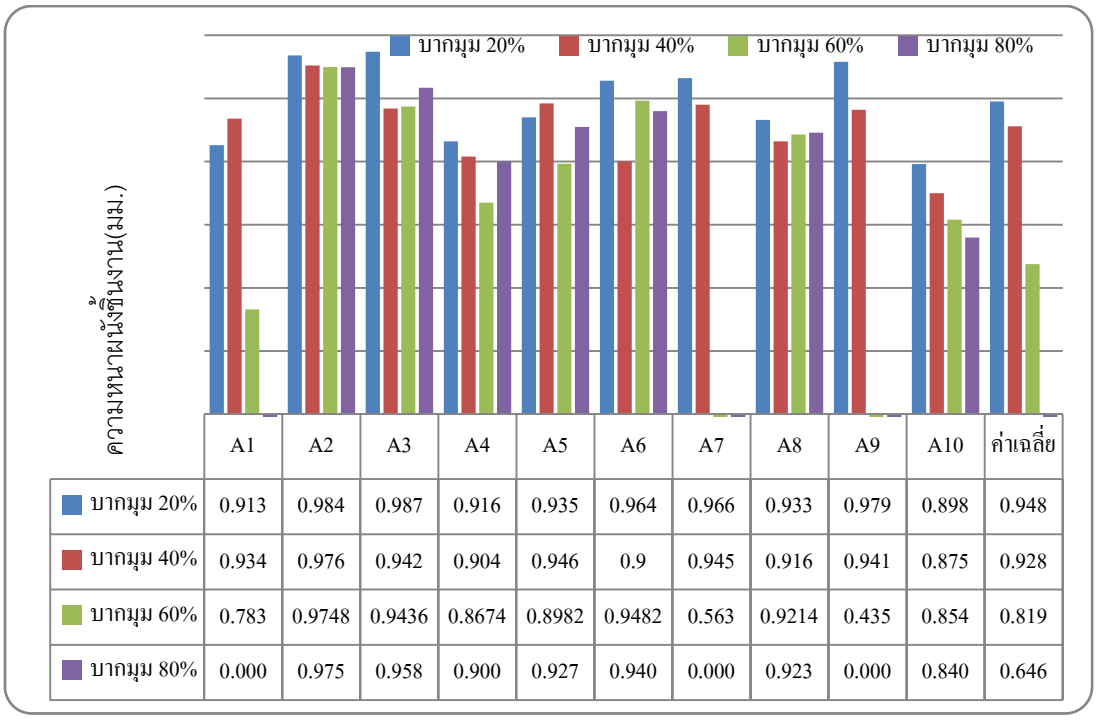
ภาพที่ 4.32 กราฟแสดงการเปรียบเทียบแรงกดที่ชิ้นงานที่ 20%, 40%, 60% และ 80% ของแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม

ผลจากการตรวจสอบชิ้นงานภายหลังการขึ้นรูปด้วยสายตา พบว่าการแรงกดที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปจากแผ่นตัดเปล่ารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม พบว่าแรงกดขนาด 40% (41.93 kN) จะสามารถลากขึ้นรูปชิ้นงานได้สมบูรณ์ที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแรงกดขนาดอื่นๆ (ดูตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการตรวจสอบชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยแรงกดขึ้นรูปต่างๆ

แรงกดขึ้นรูป	ชิ้นงาน	ปัญหาที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานทดสอบ
20% (20.96 kN)	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานมีรอยย่นบริเวณปีกชิ้นงานอย่างชัดเจน
40% (41.93 kN)	ผ่าน	ชิ้นงงานที่ได้มีรอยย่นเล็กน้อย บริเวณปีกชิ้นงาน
60% (62.90 kN)	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานมีการโป่งของสัน ณ จุดวัด A4
80% (83.87 kN)	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานมีการโป่งตัว A4 และเกิดการฉีกขาดของชิ้นงาน ณ จุด A1, A7, A9

ผลการวัดความหนาผนังชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากแผ่นตัดเปล่าแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม โดยใช้แรงกดชิ้นงานขนาดต่างๆ กัน แสดงไว้ในภาพที่ 4.33 ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดความหนาของผนังชิ้นงานจะลดลงเมื่อใช้แรงกดชิ้นงานมากขึ้น จนเกิดการฉีกขาดเมื่อใช้แรงกด 80% และจากการหาค่าเฉลี่ยความหนาผนังชิ้นงานพบว่า แรงกดชิ้นงานที่ 20% มีความหนาของผนังชิ้นงานโดยเฉลี่ยมากที่สุดและมีรอยย่นกับชิ้นงาน แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของแรงกดเป็น 40%, 60% และ 80% ความหนาของผนังชิ้นงานจะลดลงขึ้นตามลำดับ จุด A10 ได้ค่าความหนาของผนังชิ้นงานอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งความรุนแรงสูงที่สุดของชิ้นงานสำเร็จ ณ A10 ซึ่งเป็นพื้นที่ของจุดวิกฤติ และจุด A6 และ A7 มีความหนาของผนังชิ้นงานสูงกว่าตำแหน่งอื่น



	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	ค่าเฉลี่ย
บากมุม 20%	0.913	0.984	0.987	0.916	0.935	0.964	0.966	0.933	0.979	0.898	0.948
บากมุม 40%	0.934	0.976	0.942	0.904	0.946	0.9	0.945	0.916	0.941	0.875	0.928
บากมุม 60%	0.783	0.9748	0.9436	0.8674	0.8982	0.9482	0.563	0.9214	0.435	0.854	0.819
บากมุม 80%	0.000	0.975	0.958	0.900	0.927	0.940	0.000	0.923	0.000	0.840	0.646

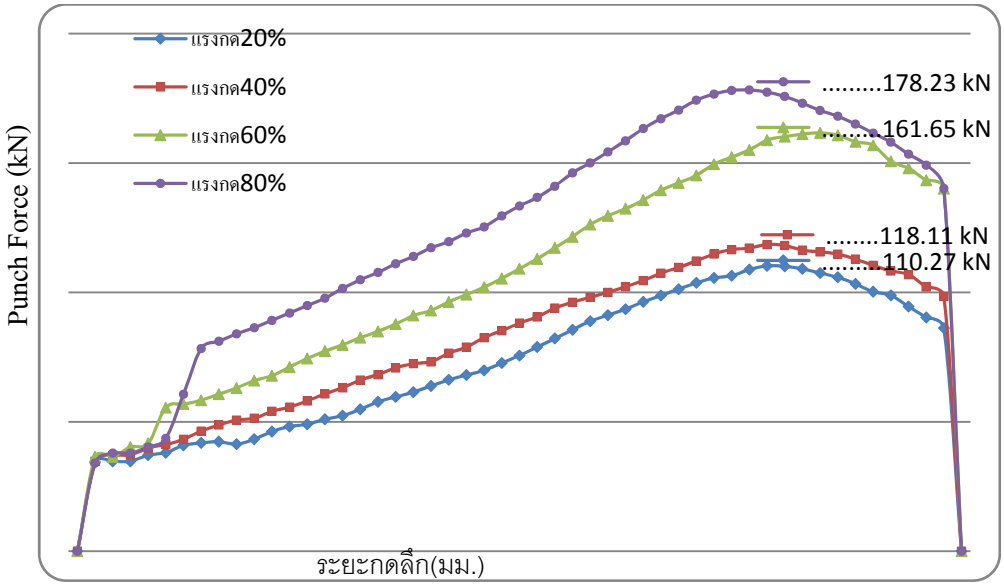
ตำแหน่งจุดวัดความหนาของผนังชิ้นงาน

ภาพที่ 4.33 การเปรียบเทียบความหนาของผนังชิ้นงานจากการขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่า

3) ใช้แผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณ

ผลการวัดแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานจากแผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณ โดยใช้ขนาดแรงกดแผ่นตัดเปล่าต่างกันที่ 20%, 40%, 60% และ 80% แสดงในภาพที่ 4.34 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบกราฟแรงลากขึ้นรูปชิ้นงานเมื่อใช้แรงกดแผ่นตัดเปล่าขนาดต่างๆ กัน และจะเห็นได้ว่า

การเพิ่มขนาดแรงกดแผ่นตัดเปล่าจะมีอิทธิพลต่อแรงที่ใช้ในการขึ้นรูป เมื่อใช้แรงกดแผ่นตัดเปล่าสูงขึ้น จะส่งผลทำให้แรงลากขึ้นรูปจะมีขนาดสูงขึ้น



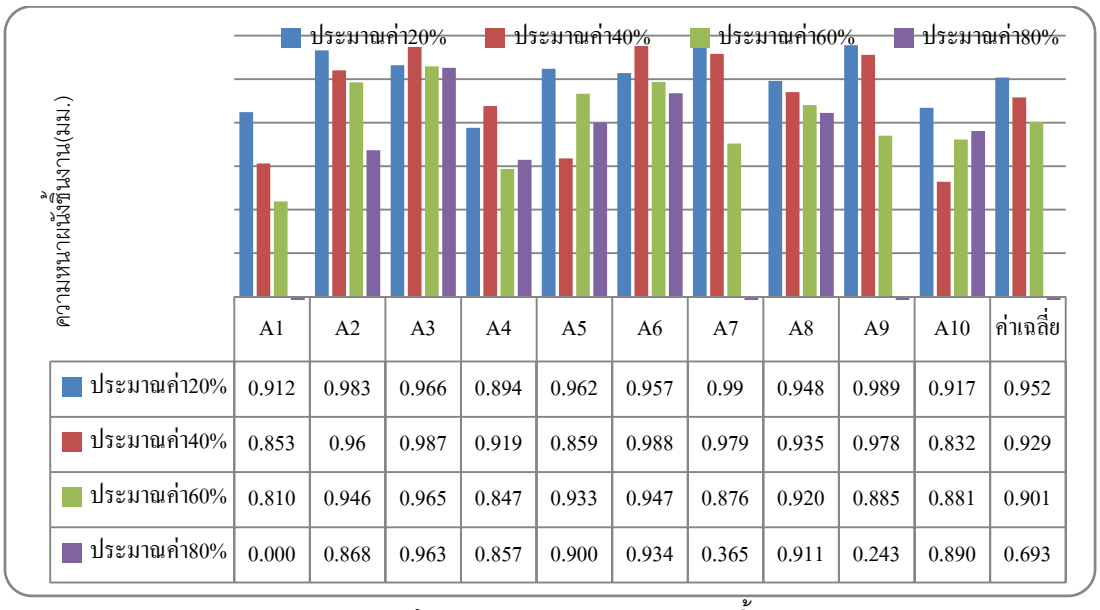
ภาพที่ 4.34 การเปรียบเทียบแรงกดที่ชิ้นงานที่ 20%, 40%, 60% และ 80%
ของแผ่นตัดเปล่า ที่ได้จากการคำนวณโดยการประมาณค่า

ผลจากการตรวจสอบชิ้นงานภายหลังการขึ้นรูปด้วยสายตา พบว่าการแรงกดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการขึ้นรูปชิ้นจากแผ่นตัดเปล่าแบบที่ได้จากการคำนวณโดยการประมาณค่าเป็นแรงกดขนาด 40% (41.93 kN) ซึ่งจะสามารถใช้กดชิ้นงานและลากขึ้นรูปชิ้นงานได้สมบูรณ์ที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแรงกดขนาดอื่นๆ (ดูตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการตรวจสอบชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยแรงกดขึ้นรูปต่างๆ

แรงกดขึ้นรูป	ชิ้นงาน	ปัญหาที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานทดสอบ
20% (20.96 kN)	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานมีรอยย่นบริเวณปีกชิ้นงานอย่างชัดเจน
40% (41.93 kN)	ผ่าน	ชิ้นงานที่ได้มีรอยย่นเล็กน้อย บริเวณปีกชิ้นงาน
60% (62.90 kN)	ผ่าน	ชิ้นงานมีการโป่งของสัน
80% (83.87 kN)	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานมีการโป่งของสัน ณ จุดวัด A4 และเกิดการฉีกขาดของชิ้นงาน ณ จุด A1, A7, A9

ผลการวัดความหนาผนังชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากแผ่นตัดเปล่าแบบที่ได้จากการคำนวณโดยการประมาณค่าโดยใช้แรงกดชิ้นงานขนาดต่างๆ กัน แสดงไว้ในภาพที่ 4.35 ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดความหนาของผนังชิ้นงานจะ ลดลงเมื่อใช้แรงกดชิ้นงานมากขึ้น จนเกิดการฉีกขาดเมื่อใช้แรงกด 80% และจากการหาค่าเฉลี่ยความหนาผนังชิ้นงานพบว่า แรงกดชิ้นงานที่ 20% มีความหนาของผนังชิ้นงานโดยเฉลี่ยมากที่สุด แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของแรงกดเป็น 40%, 60% และ 80% ความหนาของผนังชิ้นงานจะลดลงขึ้นตามลำดับ จุด A1 ได้ค่าความหนาของผนังชิ้นงานอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งความรุนแรงสูงที่สุดของชิ้นงานสำเร็จ ณ A1 ซึ่งเป็นพื้นที่ของจุดวิกฤติ และจุด A6 และ A7 มีความหนาของผนังชิ้นงานสูงกว่าตำแหน่งอื่น

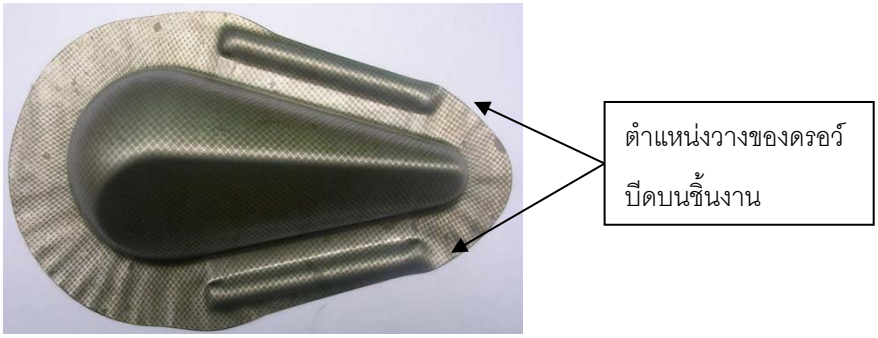


	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	ค่าเฉลี่ย
ประมาณค่า20%	0.912	0.983	0.966	0.894	0.962	0.957	0.99	0.948	0.989	0.917	0.952
ประมาณค่า40%	0.853	0.96	0.987	0.919	0.859	0.988	0.979	0.935	0.978	0.832	0.929
ประมาณค่า60%	0.810	0.946	0.965	0.847	0.933	0.947	0.876	0.920	0.885	0.881	0.901
ประมาณค่า80%	0.000	0.868	0.963	0.857	0.900	0.934	0.365	0.911	0.243	0.890	0.693

ภาพที่ 4.35 การเปรียบเทียบความหนาของผนังชิ้นงานจากการขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่าที่ได้จากการคำนวณโดยการประมาณค่า

4.6.2 ผลการทดสอบแรงกดแผ่นตัดเปล่า โดยใช้ดรอว์บีด

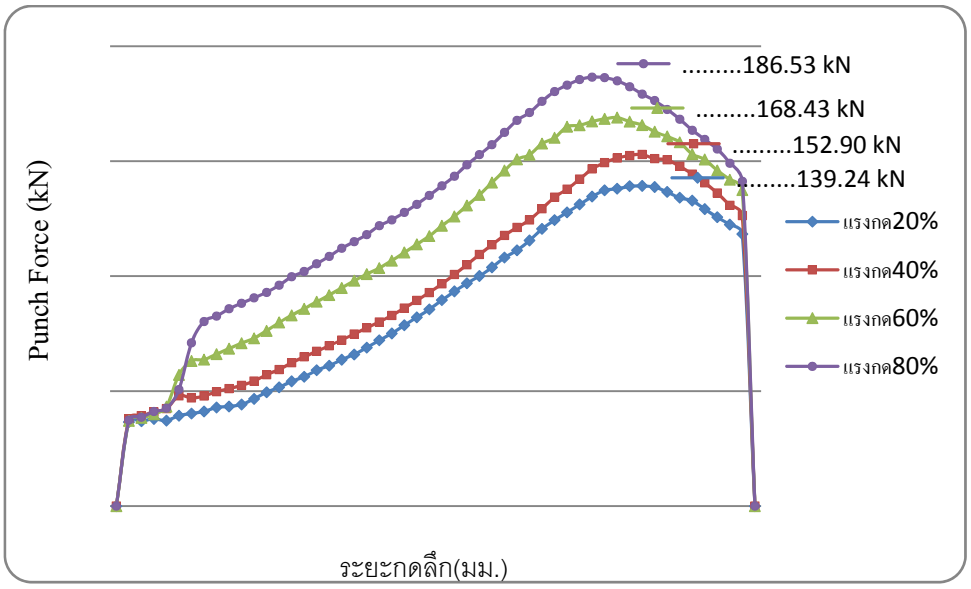
กาทดสอบอิทธิพลของแรงกดแผ่นตัดเปล่า ที่มีการใช้ดอรว์บีดแบบ ครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 8.0 มม. วางในตำแหน่งปีกที่เป็นเส้นตรงทั้งสองข้าง (ดูภาพที่ 4.36) เพื่อควบคุมการไหลตัวของวัสดุในขณะขึ้นรูป



ภาพที่ 4.36 แสดงรูปร่างและตำแหน่งของดอรว์บีดที่ใช้ในการทดสอบ

1) ใช้แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ผลการวัดแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยแผ่นตัดเปล่ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ใช้ดอรว์บีดควบคุมการไหลตัวของวัสดุ โดยทดสอบที่ขนาดแรงกดแผ่นตัดเปล่าต่างๆ กันที่ 20%, 40%, 60% และ80% ตามลำดับ จากภาพที่ 4.35แสดงให้เห็นว่าขนาดของแรงกดแผ่นตัดเปล่ามีอิทธิผลต่อขนาดของแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูป ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมือแรงกดแผ่นตัดเปล่ามีขนาดสูงขึ้น แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปก็จะต้องมีขนาดสูงขึ้นตามไปด้วย



ภาพที่ 4.37 การเปรียบเทียบแรงกดที่ชิ้นงานที่ 20%,40%,60% และ 80% ของแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยใช้ดรอว์บีดชชนิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.0 มม.

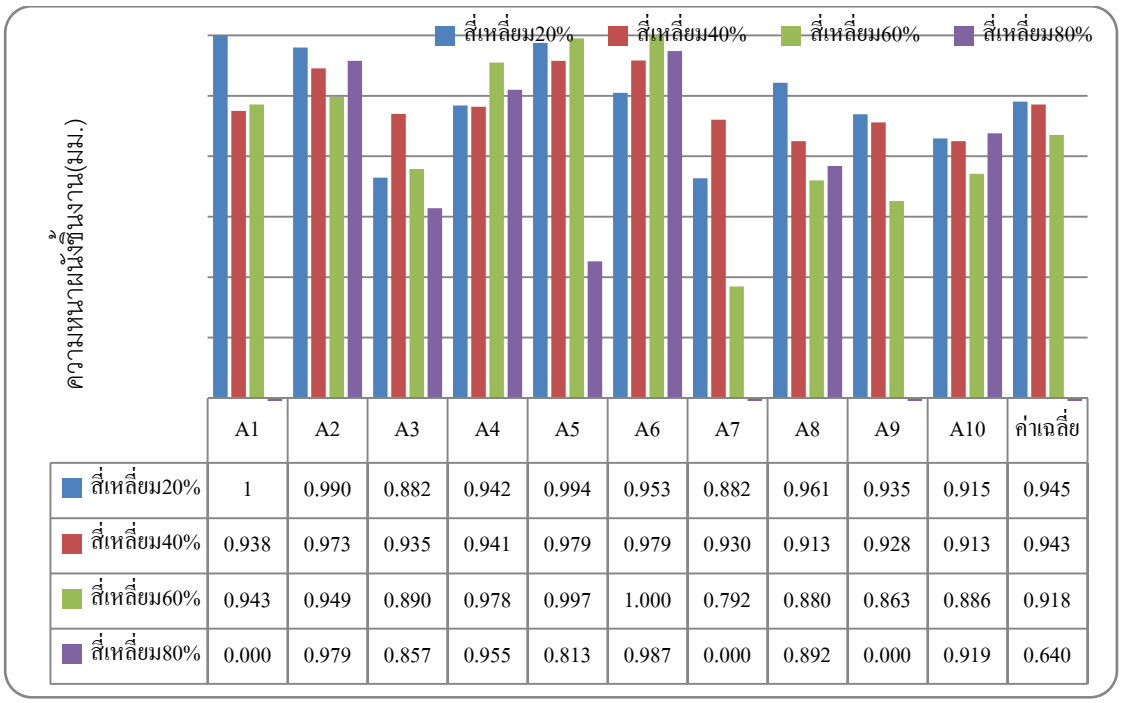
ผลจากการตรวจสอบชิ้นงานภายหลังการขึ้นรูปด้วยสายตา พบว่าการแรงกดที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปจากแผ่นตัดเปล่ารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีการใช้ดรอว์บีดควบคุมการไหล

ตัวของวัสดุ เป็นแรงกดแผ่นตัดเปล่าขนาด 40% (41.93 kN) แรงลากขึ้นชิ้นงานที่ 152.90 kN.ซึ่งสามารถใช้ลากขึ้นรูปชิ้นงานได้สมบูรณ์ที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแรงกดขนาดอื่นๆ (ดูตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 สรุปข้อสังเกตชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยแรงกดขึ้นรูปต่างๆ

แรงกดขึ้นรูป	ชิ้นงาน	ปัญหาที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานทดสอบ
20% (20.96 kN)	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานมีรอยย่นบริเวณปีกชิ้นงานอย่างชัดเจน
40% (41.93 kN)	ผ่าน	ชิ้นงงานที่ได้มีรอยย่นเล็กน้อย บริเวณปีกชิ้นงาน การไหลตัวสม่ำเสมอ
60% (62.90 kN)	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานมีการโป่งของสัน ณ จุดวัด A3
80% (83.87 kN)	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานมีการโป่งตัว A4 และเกิดการฉีกขาด

ผลการวัดความหนาผนังชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยใช้ดรอว์บีด ชนิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.0 มม. โดยใช้แรงกดชิ้นงานขนาดต่างๆ กัน แสดงไว้ในภาพที่ 4.37 ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดความหนาของผนังชิ้นงานจะ ลดลงเมื่อใช้แรงกดชิ้นงานมากขึ้น จนเกิดการฉีกขาดเมื่อใช้แรงกด 60% ขึ้นไป และจากการหาค่าเฉลี่ยความหนาผนังชิ้นงานพบว่า แรงกดชิ้นงานที่ 20% มีความหนาของผนังชิ้นงานโดยเฉลี่ยมากที่สุด แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของแรงกดเป็น 40%, 60% และ 80% ความหนาของผนังชิ้นงานจะลดลงขึ้นตามลำดับ จุด A1, A7 และ A9 ได้ค่าความหนาของผนังชิ้นงานอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งความรุนแรงสูงที่สุดของชิ้นงานสำเร็จ ณ A1, A7, A9 และ A3 ซึ่งเป็นพื้นที่ของจุดวิกฤติ และจุด A2 และ A6 มีความหนาของผนังชิ้นงานสูงกว่าตำแหน่งอื่น



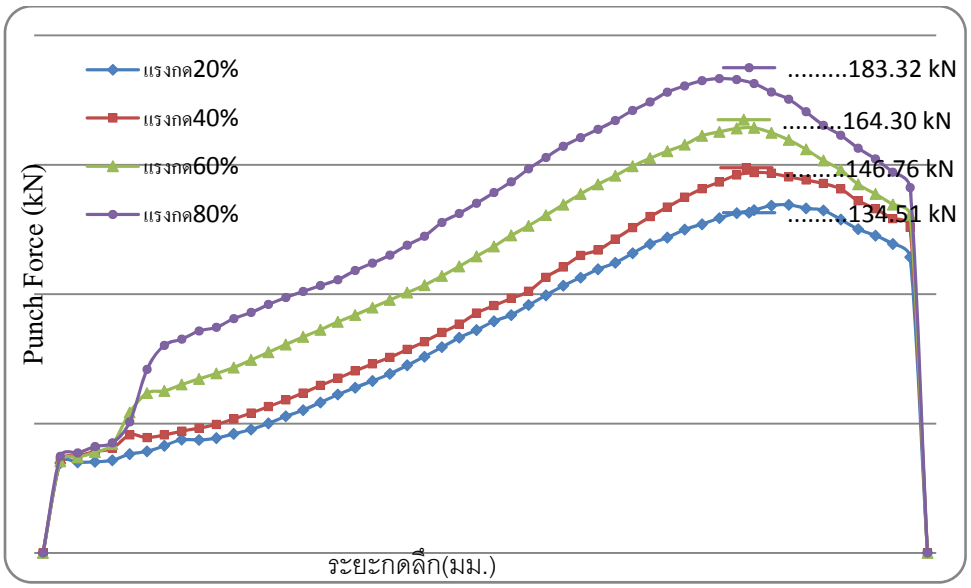
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	ค่าเฉลี่ย
สี่เหลี่ยม20%	1	0.990	0.882	0.942	0.994	0.953	0.882	0.961	0.935	0.915	0.945
สี่เหลี่ยม40%	0.938	0.973	0.935	0.941	0.979	0.979	0.930	0.913	0.928	0.913	0.943
สี่เหลี่ยม60%	0.943	0.949	0.890	0.978	0.997	1.000	0.792	0.880	0.863	0.886	0.918
สี่เหลี่ยม80%	0.000	0.979	0.857	0.955	0.813	0.987	0.000	0.892	0.000	0.919	0.640

ตำแหน่งจุดวัดความหนาของผนังชิ้นงาน

ภาพที่ 4.38 การเปรียบเทียบความหนาของผนังชิ้นงานจากการขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยใช้ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.0 มม.

2) ใช้แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม

ผลการวัดแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยแผ่นตัดเปล่ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุมที่มีดอรว์บีดควบคุมการไหลตัวของวัสดุ โดยทดสอบที่ขนาดแรงกดแผ่นตัดเปล่าต่างๆ กันที่ 20%, 40%, 60% และ 80% ตามลำดับ จากภาพที่ 4.39 แสดงให้เห็นว่าขนาดของแรงกดแผ่นตัดเปล่ามีอิทธิผลต่อขนาดของแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูป ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อแรงกดแผ่นตัดเปล่ามีขนาดสูงขึ้น แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปก็จะต้องมีขนาดสูงขึ้นตามไปด้วย



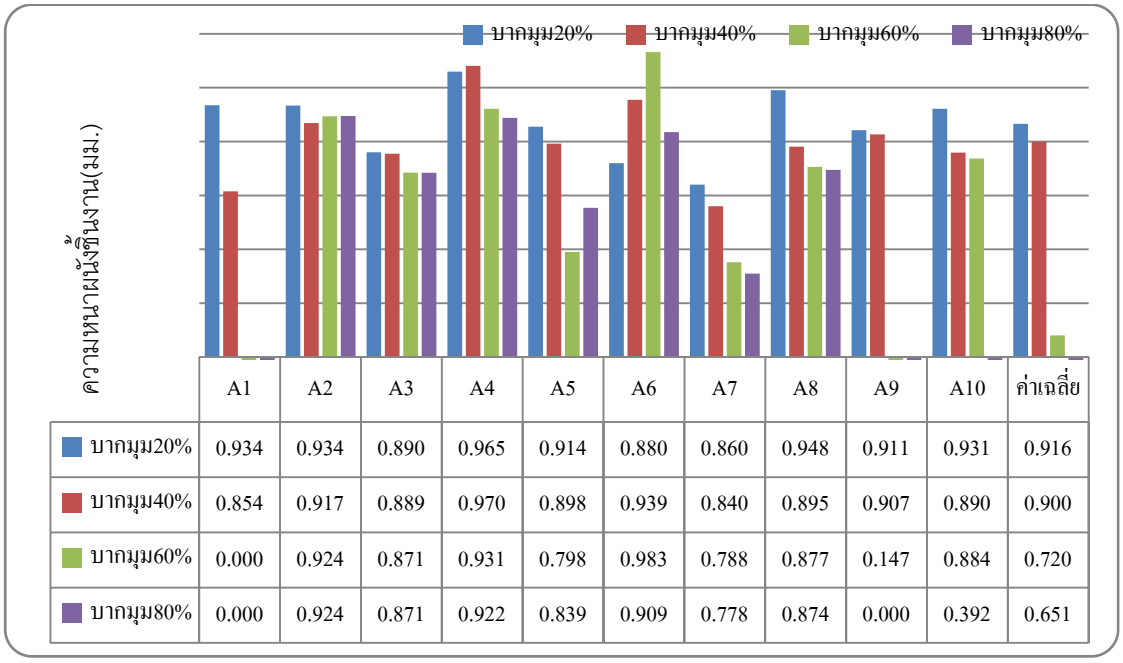
ภาพที่ 4.39 การเปรียบเทียบแรงกดที่ชิ้นงานที่ 20%, 40%, 60% และ 80% ของแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม โดยใช้ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.0 มม.

ผลจากการตรวจสอบชิ้นงานภายหลังการขึ้นรูปด้วยสายตา พบว่าการแรงกดที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปจากแผ่นตัดเปล่ารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม ที่มีการใช้ดรอว์บีดควบคุมการไหลตัวของวัสดุ เป็นแรงกดแผ่นตัดเปล่าขนาด 40% (41.93 kN) ได้ชิ้นงานที่มีจุดบกพร่องของชิ้นงานน้อย ซึ่งสามารถใช้ลากขึ้นรูปชิ้นงานได้สมบูรณ์ที่สุด ที่ 146.76 kN. เมื่อเปรียบเทียบกับแรงกดขนาดอื่นๆ (ดูตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 สรุปข้อสังเกตชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยแรงกดขึ้นรูปต่างๆ

แรงกดขึ้นรูป	ชิ้นงาน	ปัญหาที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานทดสอบ
20% (20.96 kN)	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานมีรอยย่นบริเวณปีกชิ้นงานอย่างชัดเจน
40% (41.93 kN)	ผ่าน	ชิ้นงานที่ได้มีรอยย่นเล็กน้อย บริเวณปีกชิ้นงานการไหลตัวสม่ำเสมอ
60% (62.90 kN)	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานมีการโป่งของสัน ณ จุดวัด A5
80% (83.87 kN)	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานมีการโป่งของชิ้นงาน ณ จุดวัด A4, A7 และเกิดการฉีกขาดของชิ้นงาน ณ จุด A1, A9 และ A10

ผลการวัดความหนาผนังชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม โดยใช้ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.0 มม. ซึ่งใช้แรงกดชิ้นงานขนาดต่างๆ กัน แสดงไว้ในภาพที่ 4.40 ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดความหนาของผนังชิ้นงานจะ ลดลงเมื่อใช้แรงกดชิ้นงานมากขึ้น จนเกิดการฉีกขาดเมื่อใช้แรงกด 60% ขึ้นไป และจากการหาค่าเฉลี่ยความหนาผนังชิ้นงานพบว่า แรงกดชิ้นงานที่ 20% มีความหนาของผนังชิ้นงานโดยเฉลี่ยมากที่สุด แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของแรงกดเป็น 40%, 60% และ 80% ความหนาของผนังชิ้นงานจะลดลงขึ้นตามลำดับ จุด A1, A7, A9 และ A10 ได้ค่าความหนาของผนังชิ้นงานอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งความรุนแรงสูงที่สุดของชิ้นงานสำเร็จ ณ A1, A7, A9, A10 และ A7 ซึ่งเป็นพื้นที่ของจุดวิกฤติ และจุด A2 และ A4 มีความหนาของผนังชิ้นงานสูงกว่าตำแหน่งอื่น



	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	ค่าเฉลี่ย
บากมุม20%	0.934	0.934	0.890	0.965	0.914	0.880	0.860	0.948	0.911	0.931	0.916
บากมุม40%	0.854	0.917	0.889	0.970	0.898	0.939	0.840	0.895	0.907	0.890	0.900
บากมุม60%	0.000	0.924	0.871	0.931	0.798	0.983	0.788	0.877	0.147	0.884	0.720
บากมุม80%	0.000	0.924	0.871	0.922	0.839	0.909	0.778	0.874	0.000	0.392	0.651

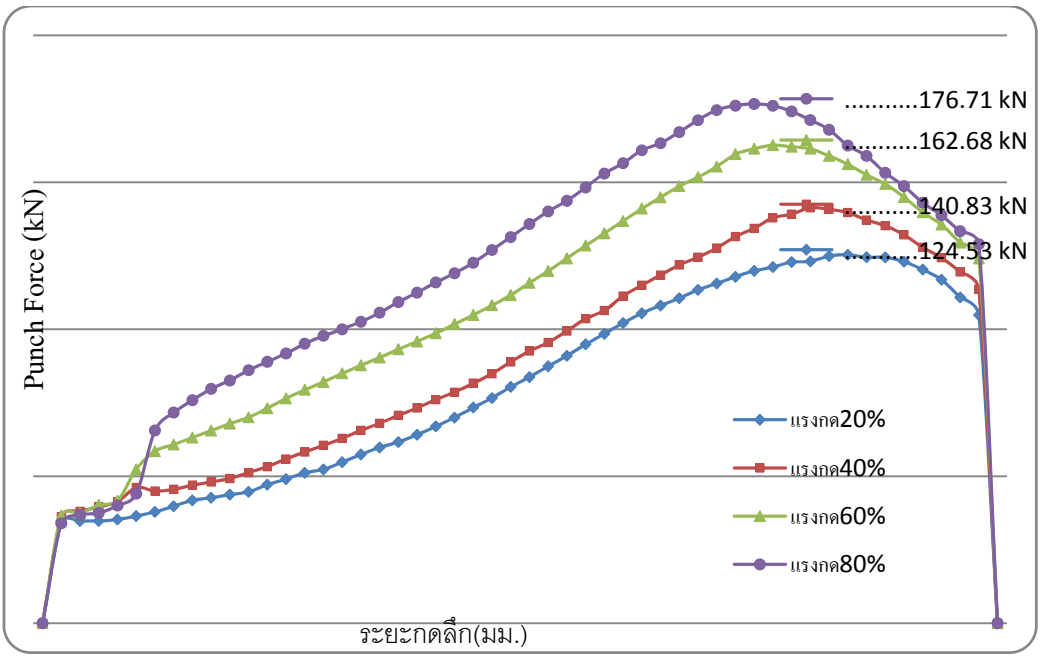
ตำแหน่งจุดวัดความหนาของผนังชิ้นงาน

ภาพที่ 4.40 การเปรียบเทียบความหนาของผนังชิ้นงานจากการขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุมโดยใช้ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.0 มม.

3) ใช้แผ่นตัดเปล่าที่ได้จากการคำนวณ

ผลการวัดแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยแผ่นตัดเปล่าที่ได้จากการคำนวณโดยการประมาณค่า ที่มีดอรว์บีดควบคุมการไหลตัวของวัสดุ โดยทดสอบที่ขนาดแรงกดแผ่นตัดเปล่าต่างๆ กันที่ 20%, 40%, 60% และ 80% ตามลำดับ จากภาพที่ 4.40 แสดงให้เห็นว่าขนาดของแรงกด

แผ่นตัดเปล่ามีอิทธิผลต่อขนาดของแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูป ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมือแรงกดแผ่นตัดเปล่ามีขนาดสูงขึ้น แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปก็จะต้องมีขนาดสูงขึ้นตามไปด้วย



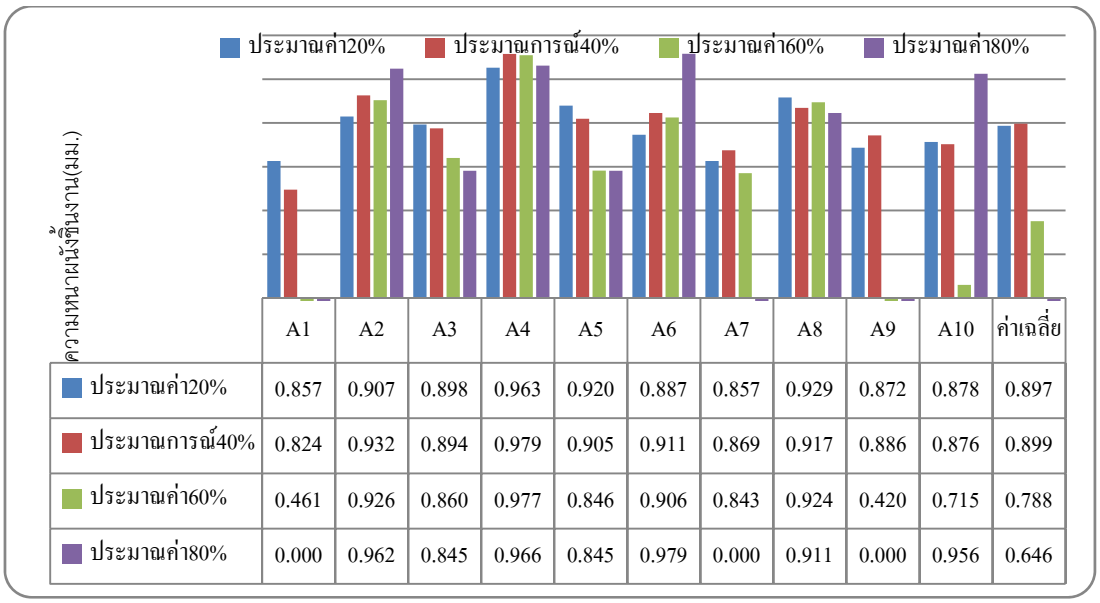
ภาพที่ 4.41 การเปรียบเทียบแรงกดที่ชิ้นงานที่ 20%, 40%, 60% และ 80% ของแผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณและใช้ดรอว์บีด

ผลจากการตรวจสอบชิ้นงานภายหลังการขึ้นรูปด้วยสายตา พบว่าการแรงกดที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปจากแผ่นตัดเปล่าที่ได้จากการคำนวณโดยการประมาณค่า ที่มีการใช้ดรอว์บีดควบคุมการไหลตัวของวัสดุ เป็นแรงกดแผ่นตัดเปล่าที่มีขนาด 40% (41.93 kN) ได้ชิ้นงานที่พบจุบกพร่องน้อย ซึ่งสามารถใช้ลากขึ้นรูปชิ้นงานได้สมบูรณ์ที่สุด ที่ 140.83 kN. เมื่อเปรียบเทียบกับแรงกดขนาดอื่นๆ (ดูตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 สรุปข้อสังเกตชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยแรงกดขึ้นรูปต่างๆ

แรงกดขึ้นรูป	ชิ้นงาน	ปัญหาที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานทดสอบ
20% (20.96 kN)	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานมีรอยย่นบริเวณปีกชิ้นงานอย่างชัดเจน
40% (41.93 kN)	ผ่าน	ชิ้นงงานที่ได้มีรอยย่นเล็กน้อย บริเวณปีกชิ้นงาน การไหลตัวสม่ำเสมอ
60% (62.90 kN)	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานมีการโป่งของสัน และเริ่มมีรอยฉีกขาด
80% (83.87 kN)	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานมีการโป่งของสัน และเกิดการฉีกขาดของชิ้นงาน ณ จุด A1, A7, A9 และ A10

ผลการวัดความหนาผนังชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากแผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่า โดยใช้ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.0 มม. ซึ่งใช้แรงกดชิ้นงานขนาดต่างๆ กัน แสดงไว้ในภาพที่ 4.42 ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดความหนาของผนังชิ้นงานจะ ลดลงเมื่อใช้แรงกดชิ้นงานมากขึ้น จนเกิดการฉีกขาดเมื่อใช้แรงกด 60% ขึ้นไป และจากการหาค่าเฉลี่ยความหนาผนังชิ้นงานพบว่า แรงกดชิ้นงานที่ 20% มีความหนาของผนังชิ้นงานโดยเฉลี่ยมากที่สุด แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของแรงกดเป็น 40%, 60% และ80% ความหนาของผนังชิ้นงานจะลดลงขึ้นตามลำดับ จุด A1,A7,A9 และ A10 ได้ค่าความหนาของผนังชิ้นงานอยู่ในระต่ำ ซึ่งความรุนแรงสูงที่สุดของชิ้นงานสำเร็จ ณ A1 ,A7,A9 และ A10 ซึ่งเป็นพื้นที่ของจุดวิกฤติ และจุด A2 และ A4 มีความหนาของผนังชิ้นงานสูงกว่าตำแหน่งอื่น



	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	ค่าเฉลี่ย
ประมาณค่า20%	0.857	0.907	0.898	0.963	0.920	0.887	0.857	0.929	0.872	0.878	0.897
ประมาณการณ์40%	0.824	0.932	0.894	0.979	0.905	0.911	0.869	0.917	0.886	0.876	0.899
ประมาณค่า60%	0.461	0.926	0.860	0.977	0.846	0.906	0.843	0.924	0.420	0.715	0.788
ประมาณค่า80%	0.000	0.962	0.845	0.966	0.845	0.979	0.000	0.911	0.000	0.956	0.646

ตำแหน่งจุดวัดความหนาของผนังชิ้นงาน

ภาพที่ 4.42 การเปรียบเทียบความหนาของผนังชิ้นงานจากการขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่าโดยใช้ดรอว์บีด

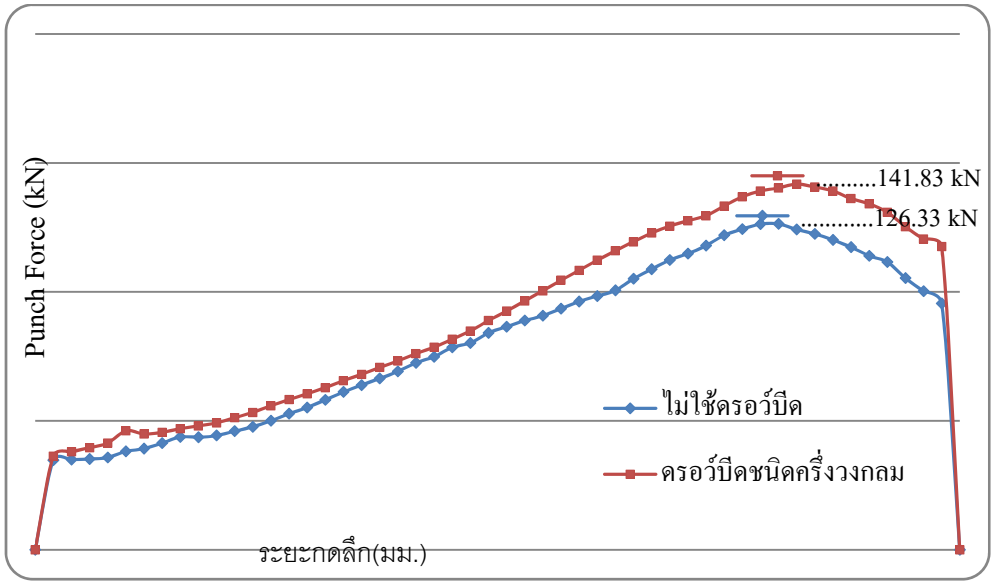
4.7 ผลการทดสอบอิทธิพลของดรอว์บีด

ในการทดสอบอิทธิพลของดรอว์บีดจะกำหนดปัจจัยควบคุม และปัจจัยทดสอบ ดังตารางที่ 4.9 ทั้งนี้เพื่อให้สามารถทำการวิเคราะห์หาอิทธิพลของการใช้ดอรว์บีดต่อการขึ้นรูปได้

ตารางที่ 4.9 แสดงปัจจัยที่ใช้ควบคุมการขึ้นรูปชิ้นงานตามชนิดของดรอว์บีด

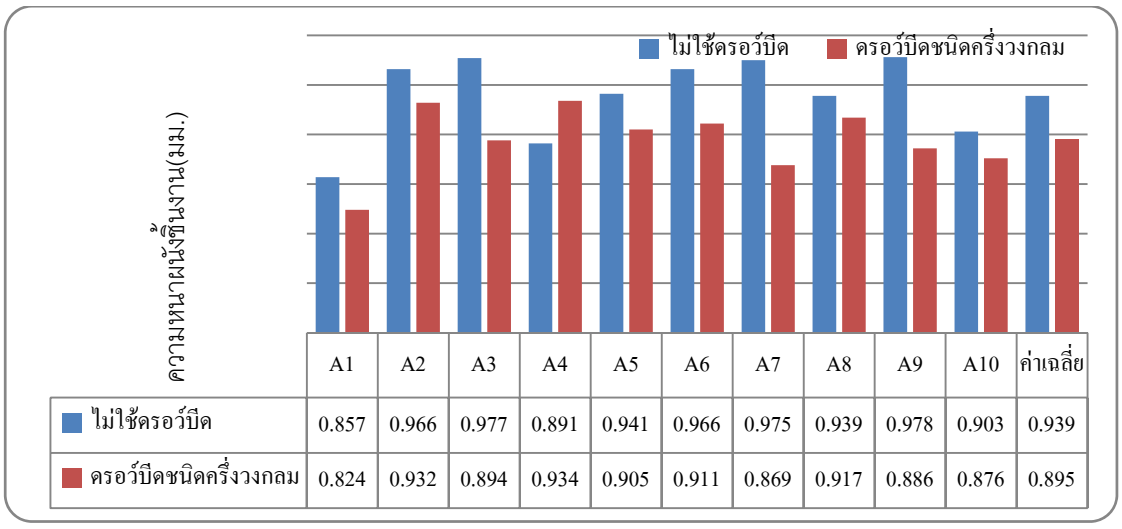
ปัจจัยควบคุม	ปัจจัยทดสอบ
สารหล่อลื่นแผ่นพลาสติกโพลีเอทธีลีน	ไม่ใช้ ดรอว์บีด
แรงกดชิ้นงาน เท่ากับ 41.93 kN. (40% ของแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานจากการคำนวน)	ใช้ ดรอว์บีด
แผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่า	
ระยะกดลึกของพันช์ = 52 มม.	

จากภาพที่ 4.43 กราฟแสดงอิทธิพลของดรอว์บีดที่ปัจจัยทดสอบ แรงกดชิ้นงาน 40% ของแผ่นตัดเปล่าที่ได้จากการคำนวณโดยการประมาณค่าพบว่าแผ่นชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.0 มม. จะใช้แรงในการขึ้นรูปที่ 144.90 kN. ซึ่งสูงกว่าแผ่นชิ้นงานที่ไม่มีดรอว์บีด



ภาพที่ 4.43 อิทธิพลของดรอว์บีดที่ปัจจัยทดสอบ แรงกดชิ้นงาน 40% ของแผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่า

การวัดความหนาดจากชิ้นงานที่ได้จากการทดสอบการขึ้นรูปโดยไม่มีดรอว์บีดและใช้ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.0 มม. ในบริเวณจุดสนใจ จำนวณ 10 จุด (A1-A10) พบว่าระดับความหนาของผนังชิ้นงาน บริเวณที่มีการใช้ดรอว์บีดควบคุมการไหลของชิ้นงาน มีความหนาน้อยลง ทำให้ความหนาผนังบริเวณควบคุมการไหลมีค่าความหนาใกล้เคียงกับบริเวณอื่นๆ ซึ่งความแตกต่างกันของความหนาผนังน้อยที่ลง แสดงได้ว่าชิ้นงานมีความเครียดที่สม่ำเสมอของผนังชิ้นงานดีกว่าการไม่มีดรอว์บีด



	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	ค่าเฉลี่ย
ไม่ใช้ดรอว์บีด	0.857	0.966	0.977	0.891	0.941	0.966	0.975	0.939	0.978	0.903	0.939
ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลม	0.824	0.932	0.894	0.934	0.905	0.911	0.869	0.917	0.886	0.876	0.895

ตำแหน่งจุดวัดความหนาของผนังชิ้นงาน

ภาพที่ 4.44 อิทธิพลของดรอว์บีดที่ปัจจัยทดสอบ ความหนาของผนังชิ้นงานแผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่า

ผลการทดสอบการขึ้นรูปแบบทั้งสองแบบ แสดงให้เห็นว่าจุดวิกฤติที่จุด A1 เป็นจุดที่มีความหนาน้อยสุด แสดงว่ามีการยืดตัวของวัสดุมาก ซึ่งถ้าวิเคราะห์ประกอบแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปจะพบว่า การขึ้นรูปแบบที่ไม่มีดรอว์บีด แรงในการขึ้นรูปชิ้นงาน (124.60 kN.) จะขนาดน้อยกว่าแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานที่มีดรอว์บีด (144.90 kN.) ซึ่งจะทำให้ความหนาของผนังชิ้นที่ขึ้นรูปโดยมีดรอว์บีด มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า ชิ้นงานที่ขึ้นรูปโดยไม่ดีดรอบีด

4.8 การวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรการขึ้นรูปจากโปรแกรมทางสถิติ Minitab

การวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรการขึ้นรูปต่อค่าความหนาดเฉลี่ยของผนังชิ้นงาน โดยนำเอาข้อมูลจากการทดสอบไปวิเคราะห์ ทางสถิติ โดยการใช้โปรแปรมทางสถิติ (Miniteb 16) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ Factorial Design แบบ General Full Factorial Design ที่มีปัจจัย 3 ปัจจัย คือ (1) แผ่นตัดเปล่า (2) แรงกดขึนรูป และ (3) ชนิดของดรอว์บีด ซึ่งมีระดับการทดสอบต่างๆ กันดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

แผ่นตัดเปล่า	แรงกดขึ้นรูป	ชนิดของดรอว์บีด
แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้า	20% (20.96 kN)	ชนิดไม่ใช่ดรอว์บีด
แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมชนิดบากมุม	40% (41.93 kN)	ชนิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.0 มม.
แผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่า	60% (62.90 kN)	
	80% (83.87 kN)	

Residual Plots for A1(ค่าความหนาเฉลี่ย)

General Linear Model: A1 versus แผ่นตัดเปล่า, แรงกด, ดรอว์บีด

Factor	Type	Levels	Values
แผ่นตัดเปล่า	fixed	3	1, 2, 3
แรงกด	fixed	4	20, 40, 60, 80
ดรอว์บีด	fixed	2	1, 2

Analysis of Variance for A1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
แผ่นตัดเปล่า	2	0.0055669	0.0055669	0.0027835	21.34	0.000
แรงกด	3	0.0083062	0.0083062	0.0027687	21.23	0.000
ดรอว์บีด	1	0.0095678	0.0095678	0.0095678	73.36	0.000
แผ่นตัดเปล่า*แรงกด	6	0.0013833	0.0013833	0.0002306	1.77	0.126
แผ่นตัดเปล่า*ดรอว์บีด	2	0.0041752	0.0041752	0.0020876	16.01	0.000
แรงกด*ดรอว์บีด	3	0.0008289	0.0008289	0.0002763	2.12	0.110
แผ่นตัดเปล่า*แรงกด*ดรอว์บีด	6	0.0067535	0.0067535	0.0011256	8.63	0.000
Error	48	0.0062600	0.0062600	0.0001304		
Total	71	0.0428418				

S = 0.0114200 R-Sq = 85.39% R-Sq(adj) = 78.39%

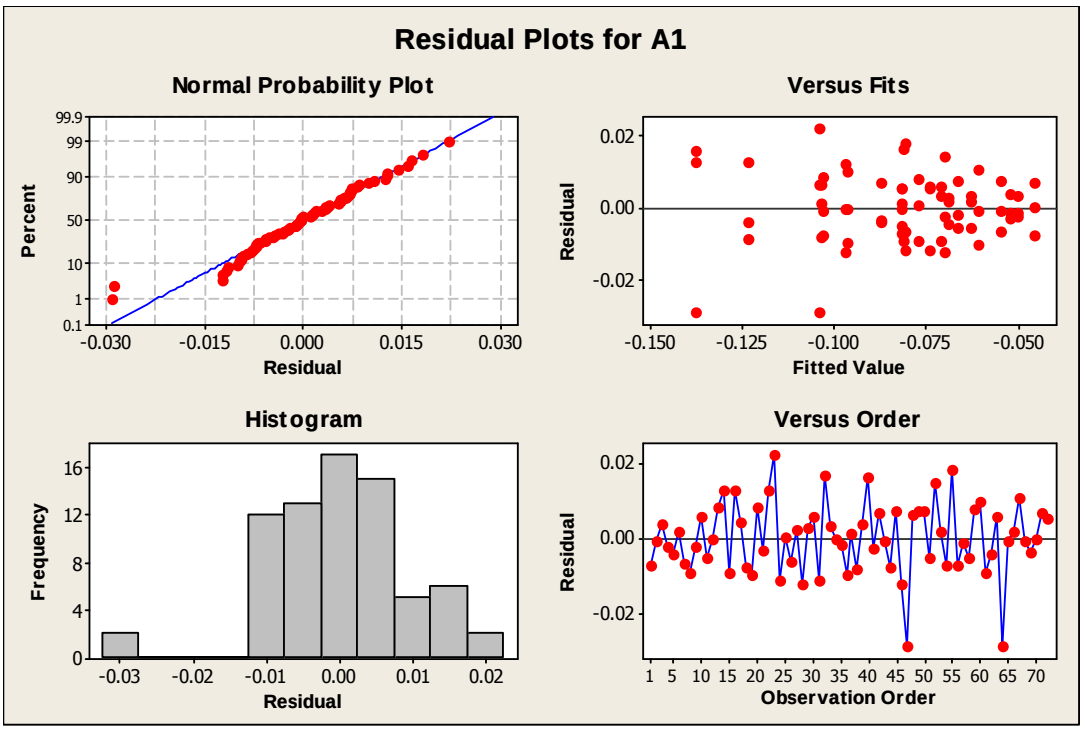
Unusual Observations for A1

Obs	A1	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
23	-0.081900	-0.104137	0.006593	0.022237	2.38 R
47	-0.133111	-0.104137	0.006593	-0.028974	-3.11 R
64	-0.166667	-0.137806	0.006593	-0.028861	-3.10 R

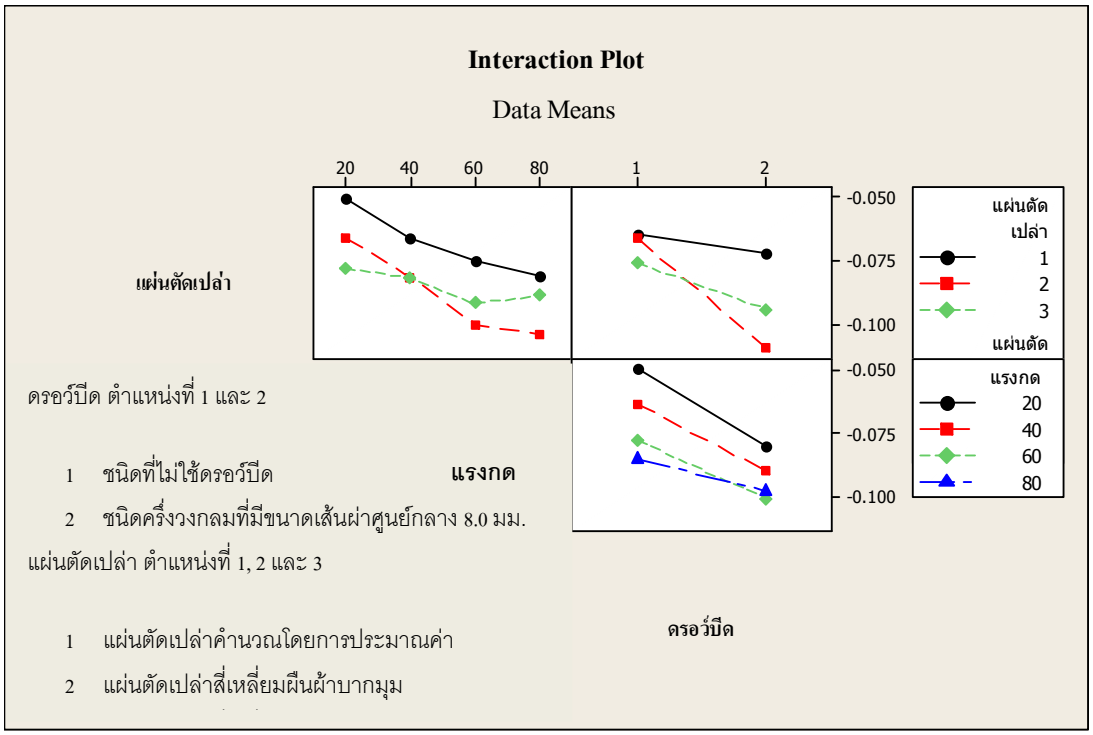
R denotes an observation with a large standardized residual.

Residual Plots for A1

ภาพที่ 4.45 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่ได้จากโปรแกรม Minitab



ภาพที่ 4.46 ข้อมูลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าเฉลี่ยความหนาของผนังชิ้นงาน



ภาพที่ 4.47 การวิเคราะห์ความแม่นยำของ Interaction Plot ที่มีผลต่อความหนาของผนังชิ้นงาน

จากภาพที่ 4.47 ข้อมูลกราฟที่มีอิทธิพลในการเลือกตัวแปรที่เหมาะสมจากการขึ้นรูปลึกชิ้นงานที่มีรูปทรงไม่สมมาตร ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลตามรูปได้คือ แผ่นตัดเปล่าบางค่ามีผลต่อความหนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.05 และอิทธิพลร่วมของแผ่นตัดเปล่ากับแรงกด ไม่มีผลต่อความหนาที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากข้อมูลการกำหนดค่า Factor ที่มีผลต่อความหนา โดยการกำหนดค่า Error เฉลี่ยของกราฟที่เข้าใกล้ 0 (ศูนย์) เป็นค่าความหนามากที่สุด จากกราฟจะสรุปได้ว่า Interaction Plot มี 3 เงื่อนไขที่มีผล คือ แผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่าที่แรงกด 20% โดยเลือกดรอว์บีดชนิดที่ไม่ใช้ดรอว์บีดจะได้ความความหนาเฉลี่ยที่สูงที่สุด

กิจกรรมที่ 3

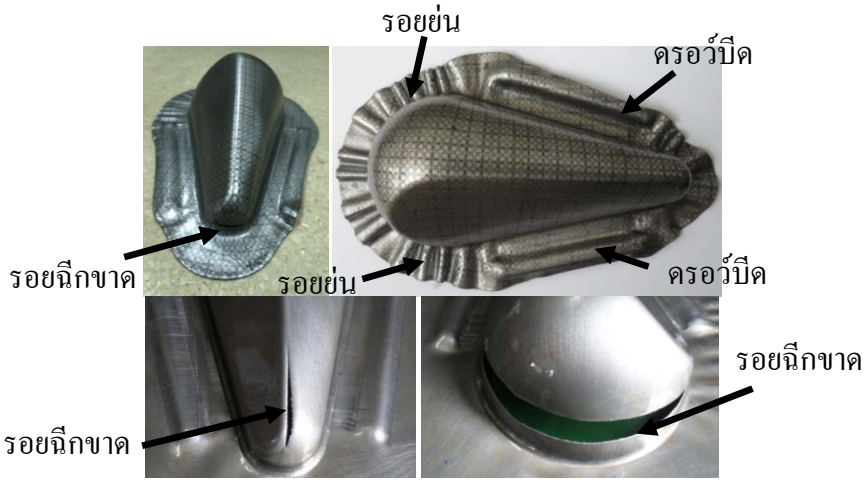
4.9 ผลของการทดสอบด้วยชนิดของดรอว์บีด

- ปัจจัยควบคุม
  1) แผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่า
  2) สารหล่อลื่นแผ่นพลาสติกโพลีเอทิลีน0.1 มม.
  3) ระยะกดลึกของพันช์เท่ากับ 52 มม.
- ปัจจัยทดสอบ

1) ชนิดสามเหลี่ยมเอียงตามด้านที่ขึ้นรูป ที่ปลายมีรัศมี 1 มม. มีความสูง 3 4 5 6 7 และ 8 มม.

2) ชนิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.0 มม. ที่มีระดับความสูงเช่นเดียวกัน

3) ชนิดรูปสามเหลี่ยมหรือตัววีที่ปลายมีรัศมี 1 มม. ที่มีระดับความสูงเช่นเดียวกัน

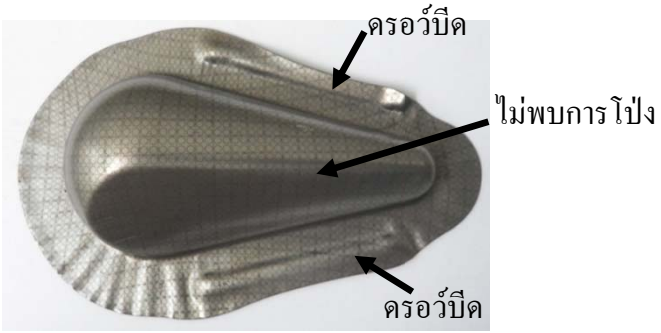


ภาพที่ 4.48 จุดบกพร่องชิ้นงานหลังการขึ้นรูปของดรอว์บีด

เพื่อขึ้นรูปชิ้นงานให้ประสบความสำเร็จจึงทดลองปรับแรงกดและติดตั้งแม่พิมพ์ให้ตรงศูนย์ และทดสอบที่แรงกดเพื่อให้เหมาะสมตามชนิดและความสูงของดรอว์บีด โดยทำการทดสอบที่สภาวะละ 5 ชิ้น เพื่อบันทึกข้อมูลได้ผลการทดสอบ

4.10 ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม

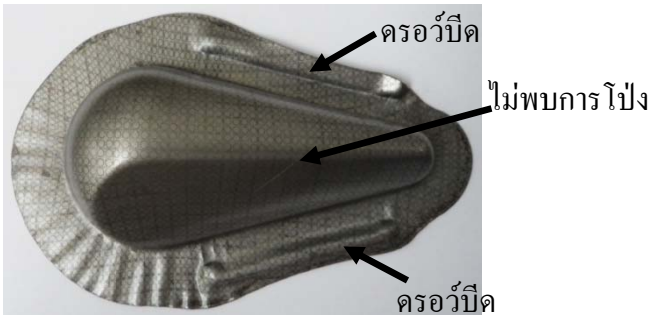
1) ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม ความสูง 3 มม.



ภาพที่ 4.49 ชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมที่ความสูง 3 มม.

จากภาพที่ 4.49 ชิ้นงานสำเร็จขยายปีกของชิ้นงานโดยรอบ ไม่พบการโป่ง การฉีกขาด และรอยย่นบนชิ้นงาน ทำการทดสอบดรอว์บีด ชนิดสามเหลี่ยมที่ความสูง 3 มม. จะได้แรงกดขึ้นรูปลึกชิ้นงานเท่ากับ 55.64 kN แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกชิ้นงานอยู่ที่ 150.82 kN และระยะความลึก 49 มม.

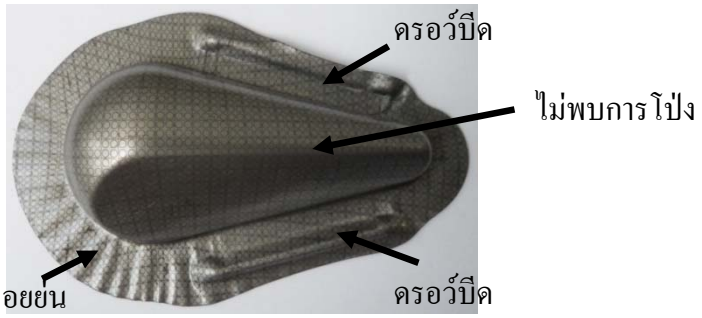
2) ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม ความสูง 4 มม.



ภาพที่ 4.50 ชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมที่ความสูง 4 มม.

จากภาพที่ 4.50 ชิ้นงานสำเร็จขยายปีกของชิ้นงานโดยรอบไม่พบการโป่ง การฉีกขาดและรอยย่นบนชิ้นงาน ทำการทดสอบดรอว์บีด ชนิดสามเหลี่ยมที่ความสูง 4 มม. พบว่าแรงกดชิ้นงานปรับเพิ่มสูงขึ้น จะได้แรงกดขึ้นรูปลึกชิ้นงานเท่ากับ 55.53 kN แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกชิ้นงานอยู่ที่ 156.90 kN และระยะความลึก 48 มม. ดังภาพที่ 4.50

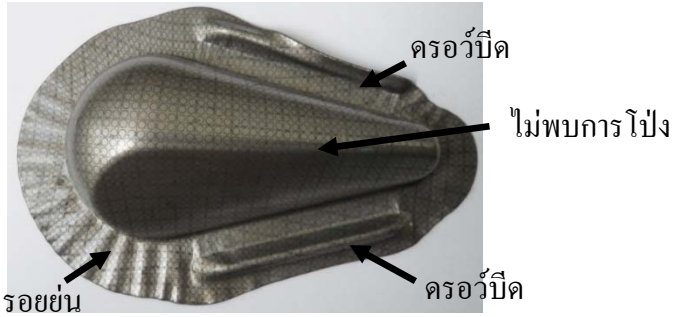
3) ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม ความสูง 5 มม.



ภาพที่ 4.51 ชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมที่ความสูง 5 มม.

จากภาพที่ 4.51 จากการทดสอบ พบว่าชิ้นงานสำเร็จขยายปีกของชิ้นงานโดยรอบไม่พบการโป่ง และการฉีกขาด แต่เกิดรอยย่นบริเวณปีกโดยรอบของชิ้นงาน ทำการทดสอบดรอว์บีด ชนิดสามเหลี่ยมที่ความสูง 5 มม. พบว่าแรงกดชิ้นงานปรับเพิ่มสูงเพื่อให้เพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูปดรอว์บีดก่อน จะได้แรงกดขึ้นรูปลึกชิ้นงานเท่ากับ 55.24 kN แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกชิ้นงานอยู่ที่ 158.61 kN และระยะความลึก 48 มม. ดังภาพที่ 4.51

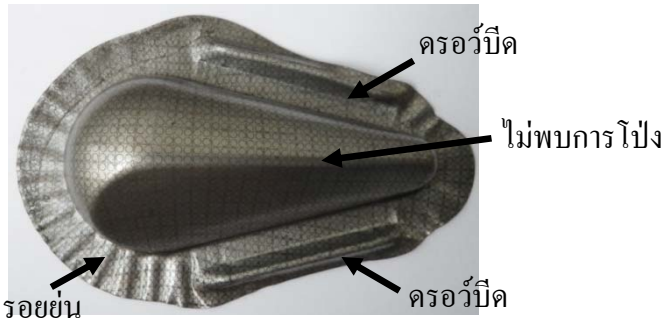
4) ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม ความสูง 6 มม.



ภาพที่ 4.52 ชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมที่ความสูง 6 มม.

จากภาพที่ 4.52 จากการทดสอบ พบว่าชิ้นงานสำเร็จขยายปีกของชิ้นงานโดยรอบไม่พบการโป่ง และการฉีกขาด แต่เกิดรอยย่นบริเวณปีกโดยรอบของชิ้นงาน ทำการทดสอบดรอว์บีด ชนิดสามเหลี่ยมที่ความสูง 6 มม. พบว่าแรงกดชิ้นงานปรับเพิ่มสูงเพื่อให้เพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูปดรอว์บีดก่อน จะได้แรงกดขึ้นรูปลึกชิ้นงานเท่ากับ 54.88 kN แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกชิ้นงานอยู่ที่ 160.78 kN และระยะความลึก 49 มม. ดังภาพที่ 4.52

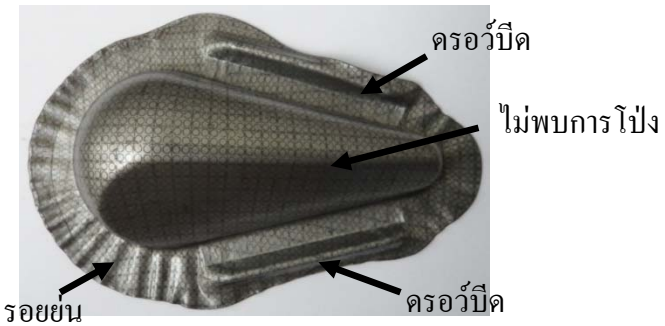
5) ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม ความสูง 7 มม.



ภาพที่ 4.53 ชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมที่ความสูง 7 มม.

จากภาพที่ 4.53 จากการทดสอบ พบว่าชิ้นงานสำเร็จขยายปีกของชิ้นงานโดยรอบไม่พบการโป่ง และการฉีกขาด แต่เกิดรอยย่นบริเวณปีกไปจนถึงผนังโดยรอบของชิ้นงาน โดยรอยย่นที่พบมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ทำการทดสอบดรอว์บีด ชนิดสามเหลี่ยมที่ความสูง 7 มม. พบว่าแรงกดชิ้นงานปรับเพิ่มสูงเพื่อให้เพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูปดรอว์บีดก่อน จะได้แรงกดขึ้นรูปลึกชิ้นงานเท่ากับ 54.74 kN แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกชิ้นงานอยู่ที่ 162.03 kN และระยะความลึก 49 มม. ดังภาพที่ 4.53

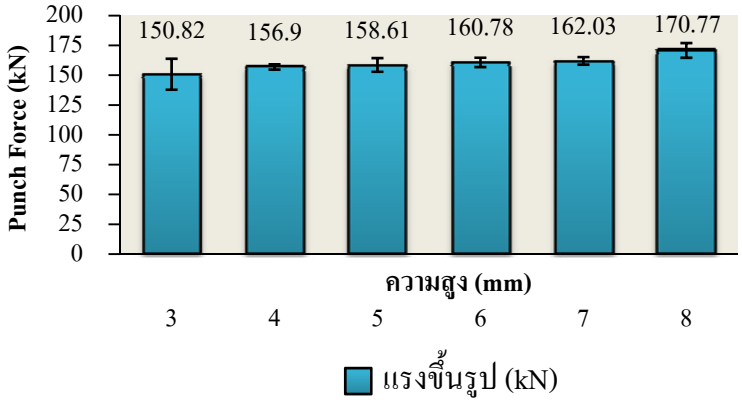
6) ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม ความสูง 8 มม.



ภาพที่ 4.54 ชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมที่ความสูง 8 มม.

จากภาพที่ 4.54 จากการทดสอบ พบว่าชิ้นงานสำเร็จขยายปีกของชิ้นงานโดยรอบไม่พบการโป่ง และการฉีกขาด แต่เกิดรอยย่นบริเวณปีกไปจนถึงผนังโดยรอบของชิ้นงานโดยรอยย่นที่พบมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ทำการทดสอบดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมที่ความสูง 8 มม. พบว่าแรงกดชิ้นงานปรับเพิ่มสูงเพื่อให้เพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูปดรอว์บีดก่อน จะได้แรงกดขึ้นรูปลึกชิ้นงานเท่ากับ 54.32 kN แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกชิ้นงานอยู่ที่ 170.77 kN และระยะความลึก 49 มม. ดังภาพที่ 4.54

7) แรงขึ้นรูปชิ้นงานของดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม

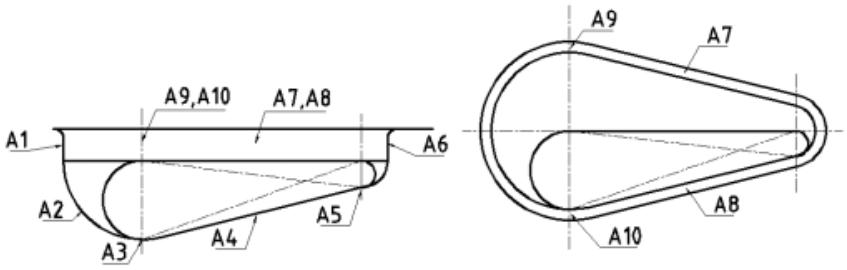


ภาพที่ 4.55 แรงขึ้นรูปชิ้นงานของดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม

จากภาพที่ 4.55 แสดงกราฟการเปรียบเทียบของแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปของดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมที่ระดับความสูง 3 4 5 6 7 และ 8 มม. จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อดรอว์บีดมีความสูงเพิ่มขึ้น แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

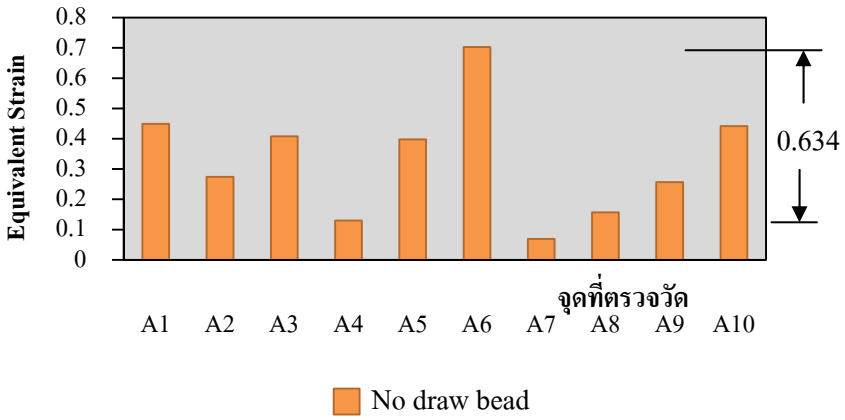
8) ค่าความเครียดเทียบเท่า (Equivalent strain) ของดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม

ความรุนแรงของความเครียด โดยการปรับใช้จากสมการความเครียดเทียบเท่าขนาดตามแนวแกนหลักและแนวแกนรองของกริดทั้ง 10 จุด นำผลที่ได้ตามการวัดคำนวณหาความเครียดจริงสูงสุด ε_1 ดังสมการที่ (2.15) ความเครียดจริงต่ำสุด ε_2 ดังสมการที่ (2.16) และความเครียดจริงในความหนาตามแนวแกนวัด ε_3 ดังสมการที่ (2.17) ความเครียดเทียบเท่า $\bar{\varepsilon}$ ดังสมการที่ 2.18 ซึ่งจุดตรวจวัดที่ตรวจสอบความเครียด ดังภาพที่4.56

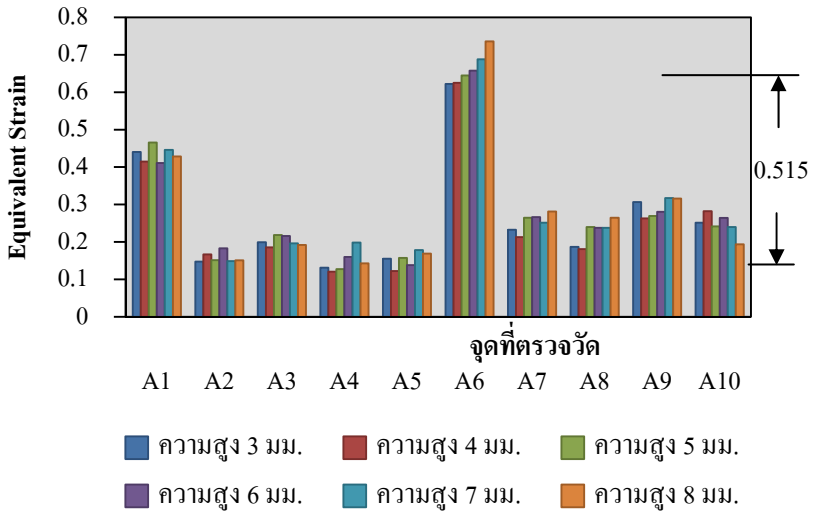


ภาพที่ 4.56 จุดตรวจวัดที่ตรวจสอบความเครียด [3]

ในการทดสอบขึ้นรูปลึกชิ้นงานที่มีรูปทรงไม่สมมาตรในสภาวะที่ไม่ใช้ดรอว์บีด ได้ผลการทดสอบดังภาพที่ 4.56 ซึ่งผลการทดสอบได้อ้างอิงมาจาก การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการขึ้นรูปลึกชิ้นงานที่มีรูปทรงไม่สมมาตรต่อสมบัติการขึ้นรูปของเหล็ก SPCC ในโครงการย่อยที่ 1



ภาพที่ 4.57 ความเครียดเทียบเท่าที่ไม่มีดรอว์บีด

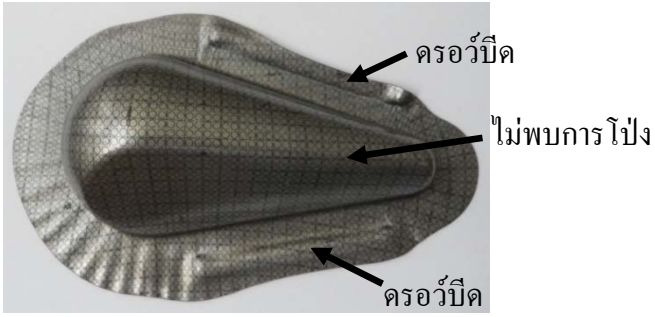


ภาพที่ 4.58 ความเครียดเทียบเท่าของดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม

ชิ้นงานทดสอบที่ขึ้นรูปโดยใช้ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมช่วยในการขึ้นรูป ทดสอบค่าความรุนแรงของความเครียด ที่ความสูง 3 4 5 6 7 และ 8 มม. ดังรูปที่ 4.58 ค่าความเครียดเทียบเท่าและวัดความเปลี่ยนแปลงของความเครียด ณ จุดที่ทำการกำหนดไว้ทั้ง 10 จุด พบว่าค่าความเครียดเทียบเท่าในแต่ละจุดมีค่าใกล้เคียงกันในทุก ๆ ขนาดความสูง และในจุด A1-A10 พบว่าในจุด A6 มีค่าความเครียดเทียบเท่าสูงที่สุด ดังนั้นจุด A6 จึงเป็นจุดวิกฤตซึ่งเป็นจุดที่มีโอกาสที่จะเกิดรอยฉีกขาดได้ง่าย จุดที่มีค่าความเครียดเทียบเท่ารองลงมาคือจุด A1 A9 A7 A10 A8 A3 A4 A2 A5 ตามลำดับ

4.11 ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลม

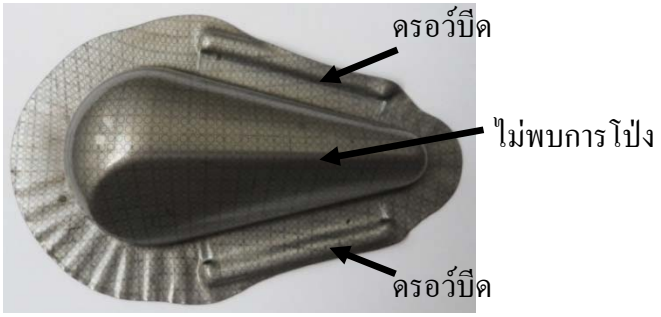
1) ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลม ความสูง 3 มม.



ภาพที่ 4.59 ชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมที่ความสูง 3 มม.

จากภาพที่ 4.59 ชิ้นงานสำเร็จขยายปีกของชิ้นงานโดยรอบ ไม่พบการโป่ง การฉีกขาดและรอยย่นบนชิ้นงาน ทำการทดสอบดรอว์บีด ชนิดครึ่งวงกลมที่ความสูง 3 มม. แรงกดขึ้นรูปลึกชิ้นงานเท่ากับ 55.68 kN แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกชิ้นงานอยู่ที่ 146.35 kN และระยะความลึก 49 มม. ดังแสดงในภาพที่ 4.59

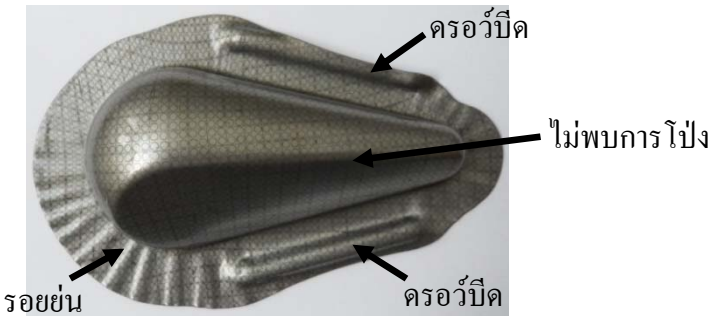
2) ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลม ความสูง 4 มม.



ภาพที่ 4.60 ชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมที่ความสูง 4 มม.

จากภาพที่ 4.60 ชิ้นงานสำเร็จขยายปีกของชิ้นงานโดยรอบ ไม่พบการโป่ง การฉีกขาดและรอยย่นบนชิ้นงาน ทำการทดสอบดรอว์บีด ชนิดครึ่งวงกลมที่ความสูง 4 มม. พบว่าแรงกดชิ้นงานปรับเพิ่มสูงขึ้น จะได้แรงกดขึ้นรูปลึกชิ้นงานเท่ากับ 55.72kNแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกชิ้นงานอยู่ที่ 153.48 kNและระยะความลึก 49 มม. ดังแสดงในภาพที่ 4.60

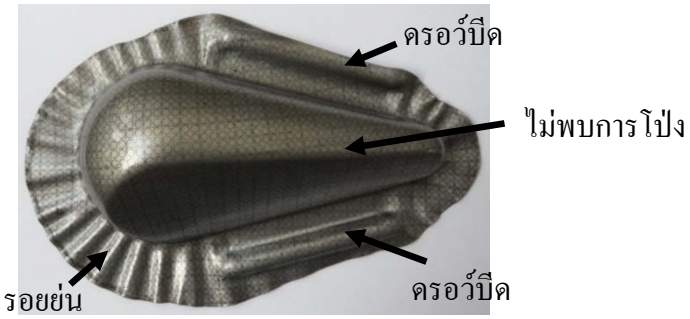
3) ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลม ความสูง 5 มม.



ภาพที่ 4.61 ชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมที่ความสูง 5 มม.

จากรูปที่ 4.61 จากการทดสอบ พบว่าชิ้นงานสำเร็จขยายปีกของชิ้นงานโดยรอบ ไม่พบการโป่ง และการฉีกขาด แต่เกิดรอยย่นบริเวณปีกโดยรอบของชิ้นงาน ทำการทดสอบดรอว์บีด ชนิดครึ่งวงกลมที่ความสูง 5 มม. พบว่าแรงกดชิ้นงานปรับเพิ่มสูงเพื่อให้เพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูปดรอว์บีดก่อน จะได้แรงกดขึ้นรูปลึกชิ้นงานเท่ากับ 54.86 kN แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกชิ้นงานอยู่ที่ 154.31 kN และระยะความลึก 48 มม. ดังแสดงในภาพที่ 4.61

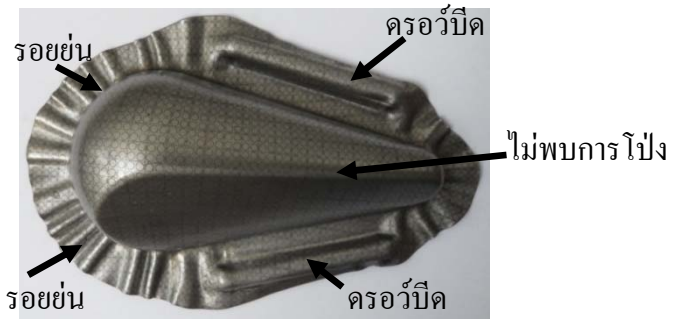
4) ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลม ความสูง 6 มม.



ภาพที่ 4.62 ชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมที่ความสูง 6 มม.

จากภาพที่ 4.61 จากการทดสอบ พบว่าชิ้นงานสำเร็จขยายปีกของชิ้นงานโดยรอบ ไม่พบการโป่ง และการฉีกขาด แต่เกิดรอยย่นบริเวณปีกโดยรอบของชิ้นงาน ทำการทดสอบดรอว์บีด ชนิดวงกลมที่ความสูง 6 มม. พบว่าแรงกดชิ้นงานปรับเพิ่มสูงเพื่อให้เพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูปดรอว์บีดก่อน แรงกดขึ้นรูปลึกชิ้นงานเท่ากับ 54.81 kNแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกชิ้นงานอยู่ที่ 156.33 kNและระยะความลึก 48 มม. ดังแสดงในภาพที่ 4.62

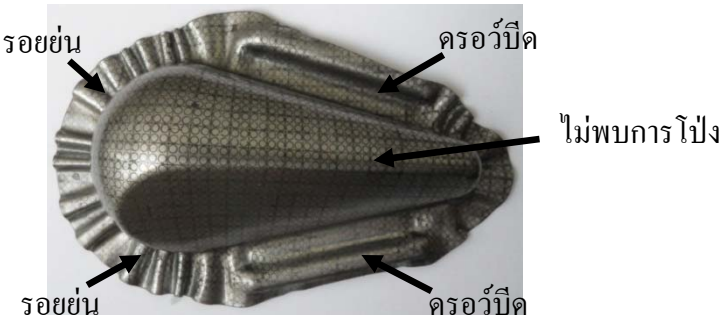
5) ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลม ความสูง 7 มม.



ภาพที่ 4.63 ชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมที่ความสูง 7 มม.

จากภาพที่ 4.63 จากการทดสอบ พบว่าชิ้นงานสำเร็จขยายปีกของชิ้นงานโดยรอบไม่พบการโป่ง และการฉีกขาด แต่เกิดรอยย่นบริเวณปีกไปจนถึงผนังโดยรอบของชิ้นงานโดยรอยย่นที่พบมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ทำการทดสอบดรอว์บีด ชนิดครึ่งวงกลมที่ความสูง 7 มม. พบว่าแรงกดชิ้นงานปรับเพิ่มสูงเพื่อให้เพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูปดรอว์บีดก่อน จะได้แรงกดขึ้นรูปลึกชิ้นงานเท่ากับ 53.84 kN แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกชิ้นงานอยู่ที่ 160.6 kN และระยะความลึก 49 มม. ดังแสดงในภาพที่ 4.63

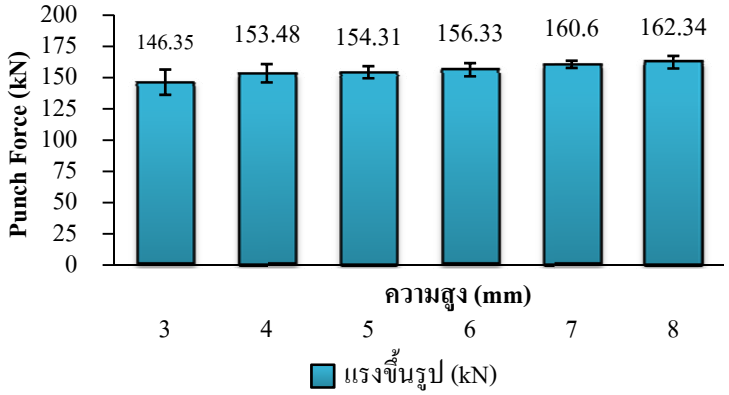
6) ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลม ความสูง 8 มม.



ภาพที่ 4.64 ชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมที่ความสูง 8 มม.

จากภาพที่ 4.64 จากการทดสอบ พบว่าชิ้นงานสำเร็จขยายปีกของชิ้นงานโดยรอบไม่พบการโป่ง และการฉีกขาด แต่เกิดรอยย่นบริเวณปีกไปจนถึงผนังโดยรอบของชิ้นงาน โดยรอยย่นที่พบมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ทำการทดสอบดรอว์บีด ชนิดครึ่งวงกลมที่ความสูง 8 มม. พบว่าแรงกดชิ้นงานปรับเพิ่มสูงเพื่อให้เพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูปดรอว์บีดก่อน จะได้แรงกดขึ้นรูปลึกชิ้นงานเท่ากับ 55.72 kN แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกชิ้นงานอยู่ที่ 162.34 kN และระยะความลึก 48 มม. ดังแสดงในภาพที่ 4.64

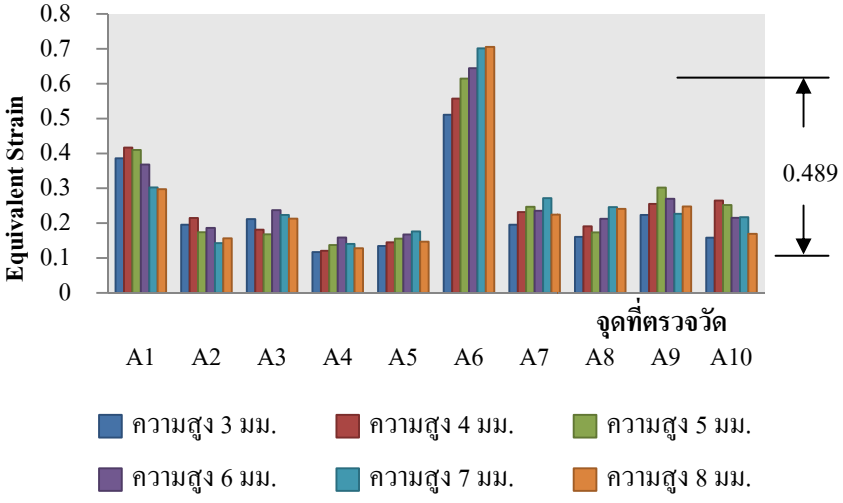
7) แรงขึ้นรูปชิ้นงานของดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลม



ภาพที่ 4.65 แรงขึ้นรูปชิ้นงานของดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลม

จากภาพที่ 4.65 แสดงกราฟการเปรียบเทียบของแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปของดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมที่ระดับความสูง 3 4 5 6 7 และ 8 มม. จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อดรอว์บีดมีความสูงเพิ่มขึ้น แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

8) ค่าความเครียดเทียบเท่าของดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลม



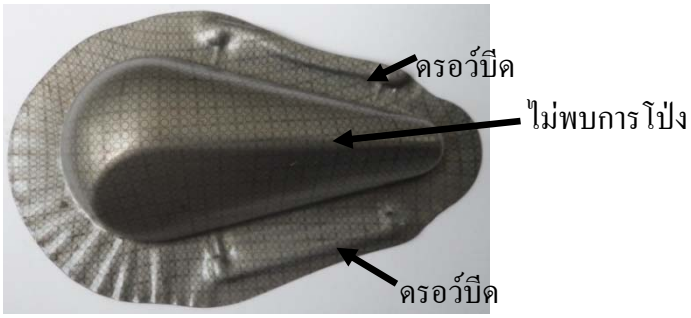
ภาพที่ 4.66 ความเครียดเทียบเท่าของดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลม

ชิ้นงานทดสอบที่ขึ้นรูปโดยใช้ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมช่วยในการขึ้นรูป ทดสอบค่าความรุนแรงของความเครียด ที่ความสูง 3 4 5 6 7 และ 8 มม. ดังรูปที่ 4.31ค่าความเครียด

เทียบเท่า และวัดความเปลี่ยนแปลงของความเครียด ณ จุดที่ทำการกำหนดไว้ทั้ง 10 จุด พบว่าค่าความเครียดเทียบเท่าในแต่ละจุดมีค่าใกล้เคียงกันในทุก ๆ ขนาดความสูง และในจุด A1-A10 พบว่าในจุด A6 มีค่าความเครียดเทียบเท่าสูงที่สุด ดังนั้นจุดที่ A6 จึงเป็นจุดวิกฤตซึ่งเป็นจุดที่มีโอกาสที่จะเกิดรอยฉีกขาดได้ง่าย จุดที่มีค่าความเครียดเทียบเท่ารองลงมาคือจุด A1 A9 A7 A10 A8 A3 A2 A5 A4 ตามลำดับ

4.12 ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียง

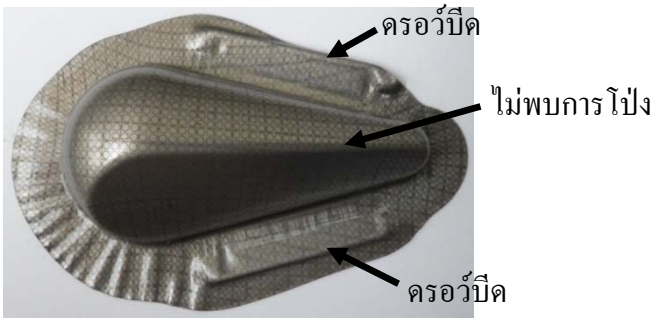
1) ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียง ความสูง 3 มม.



ภาพที่ 4.67 ชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงที่ความสูง 3 มม.

จากภาพที่ 4.67 ชิ้นงานสำเร็จขยายปีกของชิ้นงานโดยรอบ ไม่พบการโป่ง การฉีกขาดและรอยย่นบนชิ้นงาน ทำการทดสอบดรอว์บีด ชนิดสามเหลี่ยมเอียงที่ความสูง 3 มม. จะได้แรงกดขึ้นรูปลึกชิ้นงานเท่ากับ 54.42 kNแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกชิ้นงานอยู่ที่ 155.57 kNและระยะความลึก 48 มม. ดังแสดงในภาพที่ 4.67

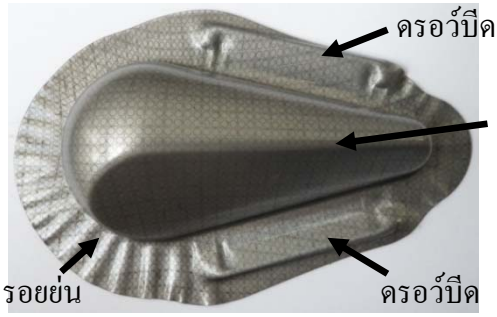
2) ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียง ความสูง 4 มม.



ภาพที่ 4.68 ชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงที่ความสูง 4 มม.

จากภาพที่ 4.68 ชิ้นงานสำเร็จขยายปีกของชิ้นงานโดยรอบ ไม่พบการโป่ง การฉีกขาด และรอยย่นบนชิ้นงาน ทำการทดสอบดรอว์บีด ชนิดสามเหลี่ยมเอียงที่ความสูง 4 มม. พบว่าแรงกดชิ้นงานปรับเพิ่มสูงขึ้น จะได้แรงกดขึ้นรูปลึกชิ้นงานเท่ากับ 54.12 kN แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกชิ้นงานอยู่ที่ 165.83 kN และระยะความลึก 48 มม. ดังแสดงในภาพที่ 4.68

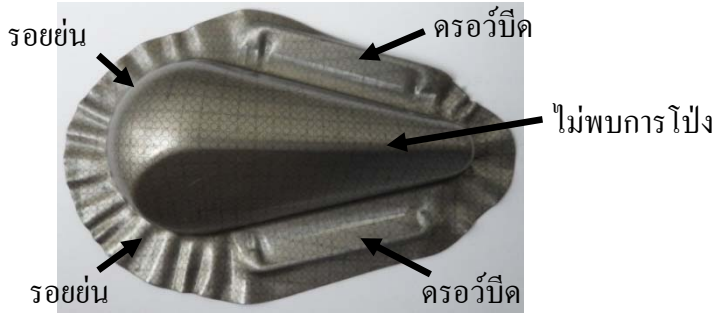
3) ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียง ความสูง 5 มม.



ภาพที่ 4.69 ชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงที่ความสูง 5 มม.

จากภาพที่ 4.69 จากการทดสอบ พบว่าชิ้นงานสำเร็จขยายปีกของชิ้นงานโดยรอบ ไม่พบการโป่ง และการฉีกขาด แต่เกิดรอยย่นบริเวณปีกโดยรอบของชิ้นงาน ทำการทดสอบดรอว์บีด ชนิดสามเหลี่ยมเอียงที่ความสูง 5 มม. พบว่าแรงกดชิ้นงานปรับเพิ่มสูงเพื่อให้เพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูปดรอว์บีดก่อน จะได้แรงกดขึ้นรูปลึกชิ้นงานเท่ากับ 54.46 kN แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกชิ้นงานอยู่ที่ 171.34 kN และระยะความลึก 48 มม. ดังแสดงในภาพที่ 4.69

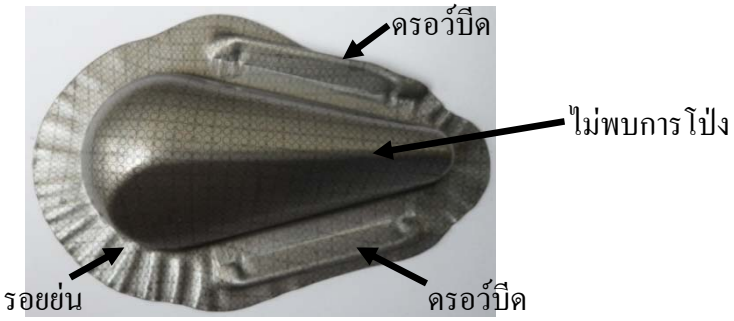
4) ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียง ความสูง 6 มม.



ภาพที่ 4.70 ชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงที่ความสูง 6 มม.

จากภาพที่ 4.70 จากการทดสอบ พบว่าชิ้นงานสำเร็จขยายปีกของชิ้นงานโดยรอบ ไม่พบการโป่ง และการฉีกขาด แต่เกิดรอยย่นบริเวณปีกโดยรอบของชิ้นงาน ทำการทดสอบดรอว์บีด ชนิดสามเหลี่ยมเอียงที่ความสูง 6 มม. พบว่าแรงกดชิ้นงานปรับเพิ่มสูงเพื่อให้เพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูปดรอว์บีดก่อน จะได้แรงกดขึ้นรูปลึกชิ้นงานเท่ากับ 53.42 kN แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกชิ้นงานอยู่ที่ 172.45 kN และระยะความลึก 48 มม. ดังแสดงในภาพที่ 4.70

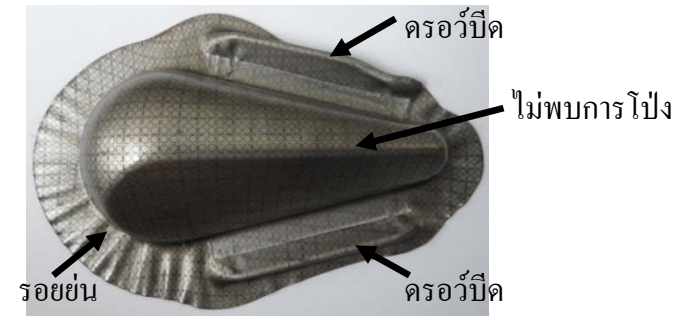
5) ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียง ความสูง 7 มม.



ภาพที่ 4.71 ชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงที่ความสูง 7 มม.

จากรูปที่ 4.71 จากการทดสอบ พบว่าชิ้นงานสำเร็จขยายปีกของชิ้นงานโดยรอบ ไม่พบการโป่ง และการฉีกขาด แต่เกิดรอยย่นบริเวณปีกไปจนถึงผนังโดยรอบของชิ้นงานโดยรอยย่นที่พบมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ทำการทดสอบดรอว์บีด ชนิดสามเหลี่ยมเอียงที่ความสูง 7 มม.พบว่าแรงกดชิ้นงานปรับเพิ่มสูงเพื่อให้เพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูปดรอว์บีดก่อน จะได้แรงกดขึ้นรูปลึกชิ้นงานเท่ากับ 53.67 kN แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกชิ้นงานอยู่ที่ 173.01 kN และระยะความลึก 49 มม. ดังแสดงในภาพที่ 4.71

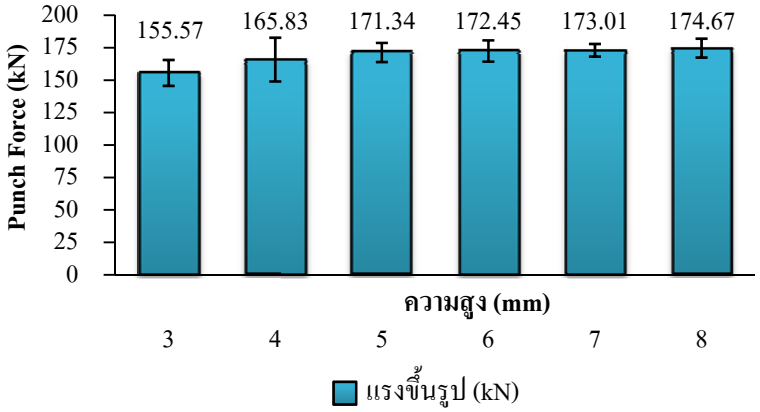
6) ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียง ความสูง 8 มม.



ภาพที่ 4.72 ชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงที่ความสูง 8 มม.

จากภาพที่ 4.72 จากการทดสอบ พบว่าชิ้นงานสำเร็จขยายปีกของชิ้นงานโดยรอบไม่พบการโป่ง และการฉีกขาด แต่เกิดรอยย่นบริเวณปีกไปจนถึงผนังโดยรอบของชิ้นงานโดยรอยย่นที่พบมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ทำการทดสอบดรอว์บีด ชนิดสามเหลี่ยมเอียงที่ความสูง 8 มม.พบว่าแรงกดชิ้นงานปรับเพิ่มสูงเพื่อให้เพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูปดรอว์บีดก่อน จะได้แรงกดขึ้นรูปลึกชิ้นงานเท่ากับ 54.18kNแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกชิ้นงานอยู่ที่ 174.67 kNและระยะความลึก 48 มม. ดังแสดงในภาพที่ 4.72

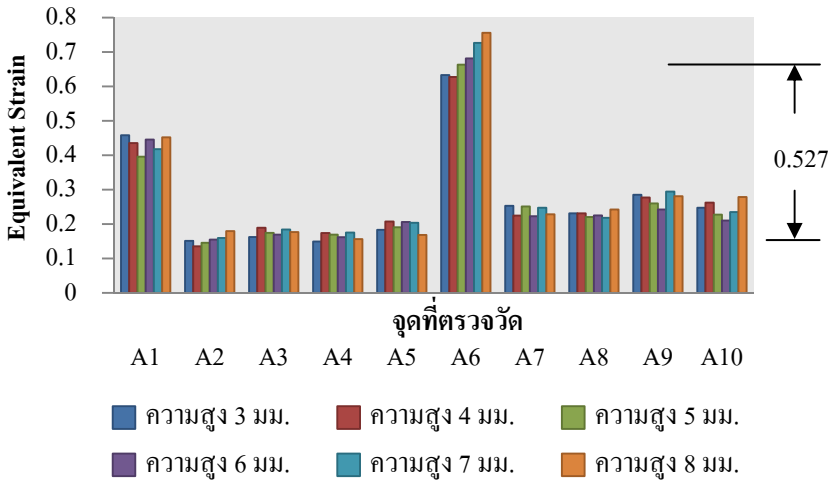
แรงขึ้นรูปชิ้นงานของดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียง



ภาพที่ 4.73 แรงขึ้นรูปชิ้นงานของดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียง

จากภาพที่ 4.73 แสดงกราฟการเปรียบเทียบของแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปของดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงที่ระดับความสูง 3 4 5 6 7 และ 8 มม. จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อดรอว์บีดมีความสูงเพิ่มขึ้น แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

7) ค่าความเครียดเทียบเท่าของดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียง



ภาพที่4.74 ความเครียดเทียบเท่าของดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียง

ชิ้นงานทดสอบที่ขึ้นรูปโดยใช้ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงช่วยในการขึ้นรูปทดสอบค่าความรุนแรงของความเครียด ที่ความสูง 3 4 5 6 7 และ 8 มม. ดังรูปที่ 4.74 ค่าความเครียดเทียบเท่าและวัดความเปลี่ยนแปลงของความเครียด ณ จุดที่ทำการกำหนดไว้ทั้ง 10 จุด พบว่าค่าความเครียดเทียบเท่าในแต่ละจุดมีค่าใกล้เคียงกันในทุกๆ ขนาดความสูงและในจุด A1-A10 พบว่าในจุด A6 มีค่าความเครียดเทียบเท่าสูงที่สุด ดังนั้นจุดที่ A6 จึงเป็นจุดวิกฤตซึ่งเป็นจุดที่มีโอกาสที่จะเกิดรอยฉีกขาดได้ง่าย จุดที่มีค่าความเครียดเทียบเท่ารองลงมาคือจุด A1 A9 A10 A7 A8 A5 A3 A2 A4 ตามลำดับ

4.13 การวิเคราะห์ผลการทดสอบด้วยดรอว์บีด

ผลการทดสอบด้วยดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลม และดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียง ที่ความสูง 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 มม. ผลการทดสอบแบ่งออกเป็น2 ส่วน คือ วิเคราะห์ความเครียดเทียบเท่าของดรอว์บีดทั้งสามชนิด และวิเคราะห์แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปของดรอว์บีดทั้งสามชนิด

4.13.1 การวิเคราะห์แรงขึ้นรูปของดรอว์บีด

การเปรียบเทียบแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกของดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม ดรอว์บีด ชนิดครึ่งวงกลม และดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียง ที่ระดับความสูง 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 มม. เมื่อระดับ

ความสูงของดรอว์บีดเพิ่มขึ้น แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เพื่อพิสูจน์ว่าความสูงและชนิดของดรอว์บีดมีผลต่อแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปหรือไม่จึงได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้วิธี ANOVA- Two way ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05ทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB 14 ข้อมูลที่ใช้ทดสอบความแปรปรวน ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยแรงขึ้นรูปของดรอว์บีดทั้งสามชนิด

ชนิด	ความสูงของดรอว์บีด (มม.)						ผลรวม
	3	4	5	6	7	8	
สามเหลี่ยม (kN)	150.82	156.9	158.1	160.78	162.03	170.77	959.4
ครึ่งวงกลม (kN)	146.5	153.48	154.31	156.33	160.6	162.34	933.56
สามเหลี่ยมเอียง (kN)	155.57	165.8	171.3	172.3	173.01	174.67	1,012.65
Block Totals	452.89	476.18	483.71	489.41	495.64	507.78	2,905.61

สมมติฐานการทดสอบ

1) ชนิดของดรอว์บีดมีผลต่อแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปหรือไม่

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

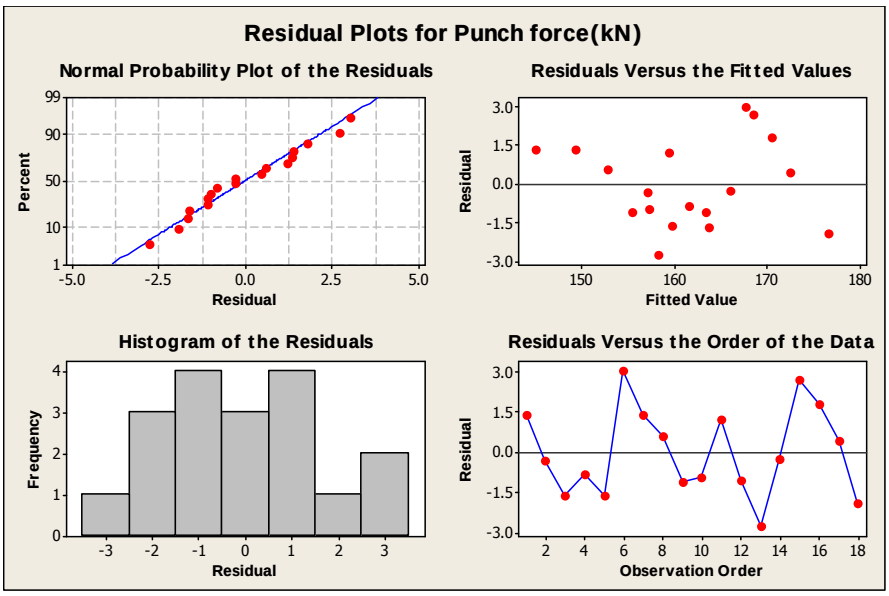
H_1 :อย่างน้อย 1 ค่าแตกต่างกัน

2) ความสูงของดรอว์บีดมีผลต่อแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปหรือไม่

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6$

H_1 :อย่างน้อย 1 ค่าแตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม MINITAB 14 เพื่อหาว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ได้ผลการวิเคราะห์ ดังภาพที่ 4.75



ภาพที่ 4.75 กราฟ Residual plots for punch force (kN)

จากภาพที่ 4.75 กราฟResidual plots for punch force (kN) เป็นกราฟที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐานทางสถิติ เพื่อตรวจสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลว่าเป็นแบบปกติหรือไม่

Normality probability plot การที่จุดบนกราฟเรียงตัวกันเป็นลักษณะเส้นตรงแสดงแสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

Histogram of the residualsฮิสโตแกรมมีรูปทรงสมมาตรและเป็นรูประฆังคว่ำแสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

Residuals versus the fitted valuesลักษณะของกราฟมีการกระจายแบบสุ่มรอบค่า 0 แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

Residuals versus the orderบนกราฟจะไม่ปรากฏลักษณะของแนวโน้มหรือรูปแบบใดๆ อย่างชัดเจนแสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

สำหรับข้อมูลชนิดของดรอว์บีดและความเครียดเทียบเท่านั้น ในกราฟแบบสี่กราฟในหนึ่งรูป (Four-in-one) ไม่แสดงลักษณะใดๆ ซึ่งขัดแย้งกับลักษณะที่อธิบายไว้ข้างต้น ดังนั้นสรุปได้ว่าผลการวิเคราะห์ Two-way ANOVA นี้อธิบายเกี่ยวกับข้อมูลได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 4.12 Two-way ANOVA: Punch force(kN) versus Type draw bead, High(mm)

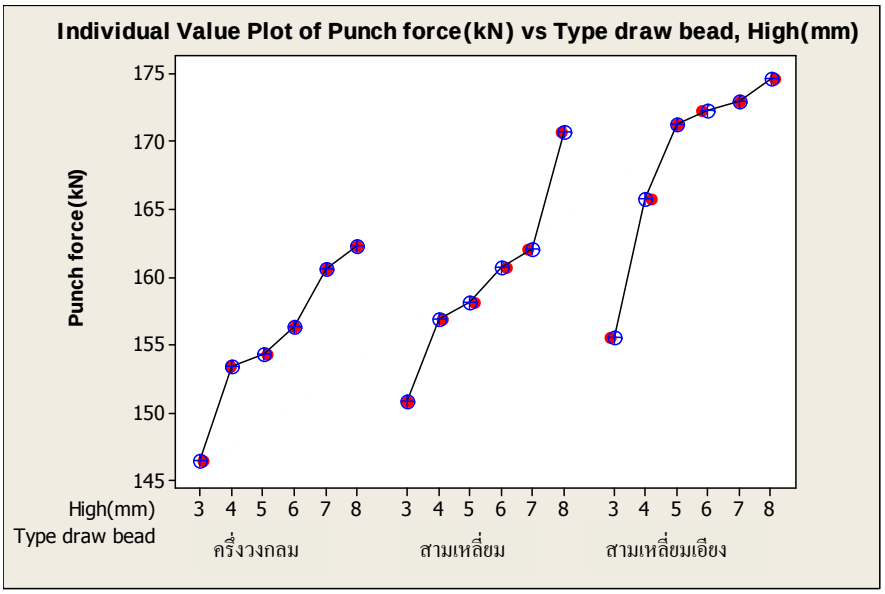
Source	SS	DF	MS	F_0	P
Type draw bead	542.14	2	271.07	58.30	0.000
High	586.29	5	117.26	25.22	0.000
Error	46.5	10	4.65		
Total	1174.93	17			

S = 2.156 R-Sq = 96.04% R-Sq(adj) = 93.27%

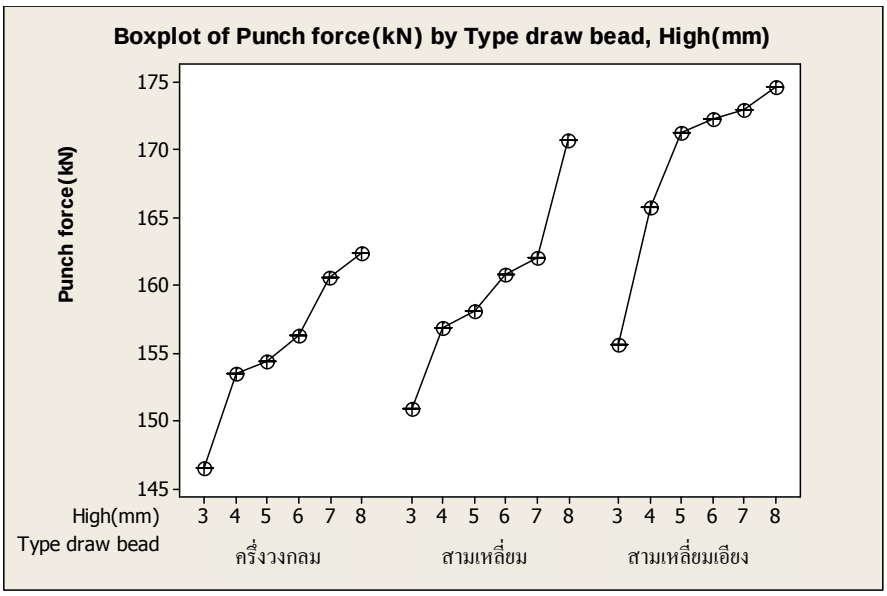
จากสมมติฐาน $F_{0.05,\ 2,\ 10}$ = 4.10 สรุปได้ว่า F_0> 58.30ชนิดของดรอว์บีดมีผลต่อแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากสมมติฐาน $F_{0.05,\ 5,\ 10}$ = 3.33 สรุปได้ว่า F_0> 25.22ความสูงของดรอว์บีดมีผลต่อแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เพื่อยืนยันว่าสมมติฐานเป็นจริง จึงแสดงกราฟให้เห็นลักษณะแนวโน้มของข้อมูลที่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ดังภาพที่ 4.76 และ 4.77



ภาพที่ 4.76 กราฟ Individual value plot of punch force (kN) by type draw bead, high (mm)



ภาพที่ 4.77 กราฟ Boxplot of punch force (kN) by type draw bead, high (mm)

จากภาพที่ 4.76 และ 4.77 แสดงกราฟ Individual value plot of punch force (kN) by type draw bead, high (mm)และ Boxplot of punch force (kN) by type draw bead, high (mm)จากกราฟจะเห็นลักษณะแนวโน้มคือ เมื่อความสูงของดรอว์บีดเพิ่มขึ้นแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยแสดงว่าความสูงของดรอว์บีดมีผลต่อแรงที่ใช้ในการขึ้นรูป ส่วนชนิดของดรอว์บีดมีผลต่อแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปเช่นกันคือ ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงใช้แรงในการขึ้นรูปสูงสุด รองลงมาคือดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม และดรอว์บีดชนิดวงกลมใช้แรงในการขึ้นรูปต่ำสุด

4.13.2 การวิเคราะห์ความเครียดเทียบเท่าของดรอว์บีด

เมื่อความสูงเพิ่มขึ้นความเครียดเทียบเท่าที่จุดวิกฤต A6 จะมีค่าความเครียดเทียบเท่าเพิ่มมากขึ้น ทำให้ชิ้นงานเริ่มที่จะมีความเสียหาย เพื่อทดสอบว่าความสูงและชนิดของดรอว์บีดมีผลต่อค่าความเครียดเทียบเท่าหรือไม่จึงวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้วิธี ANOVA - Two way ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05ทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB 14 ข้อมูลที่ใช้ทดสอบความแปรปรวนเป็นค่าความเครียดเทียบเท่าของดรอว์บีดทั้งสามชนิดที่จุด A6 ซึ่งเป็นจุดวิกฤตของชิ้นงาน ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ค่าความเครียดเทียบเท่าของดรอว์บีดทั้งสามชนิดที่จุด A6

ชนิดของดรอว์บีด	ความสูงของดรอว์บีด (มม.)						ผลรวม
	3	4	5	6	7	8	
สามเหลี่ยม	0.622	0.625	0.645	0.658	0.688	0.736	3.974
ครึ่งวงกลม	0.511	0.557	0.615	0.644	0.702	0.706	3.735
สามเหลี่ยมเอียง	0.633	0.627	0.663	0.681	0.727	0.756	4.087
Block Totals	1.766	1.809	1.923	1.983	2.117	2.198	11.796

สมมติฐานการทดสอบ

1) ชนิดของดรอว์บีดมีผลต่อค่าความเครียดเทียบเท่าหรือไม่

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

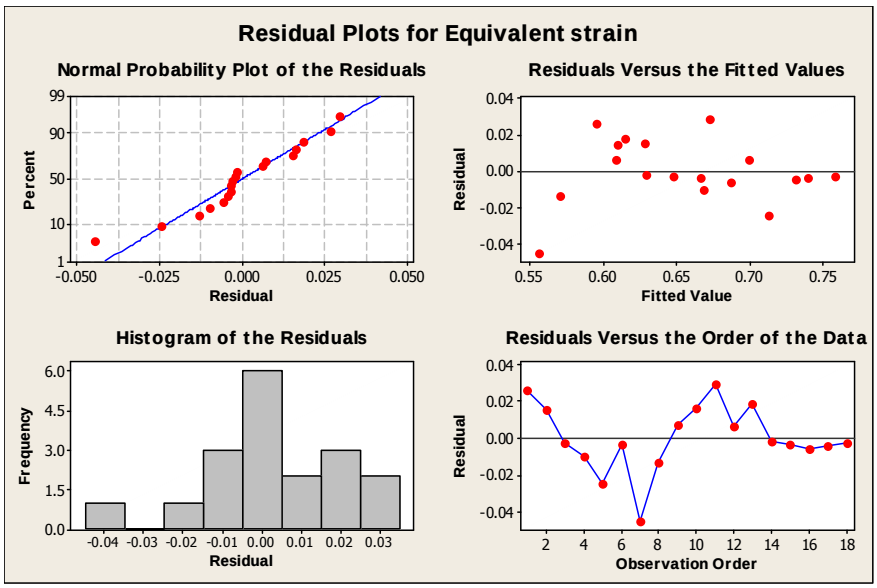
H_1 :อย่างน้อย1 ค่าแตกต่างกัน

2) ความสูงของดรอว์บีดมีผลต่อค่าความเครียดเทียบเท่าหรือไม่

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6$

H_1 :อย่างน้อย 1 ค่าแตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม MINITAB 14 เพื่อหาว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ได้ผลการวิเคราะห์ ดังภาพที่ 4.78



ภาพที่ 4.78 กราฟ Residual plots for equivalent strain

จากภาพที่ 4.78 กราฟResidual plots for equivalent strain เป็นกราฟที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐานทางสถิติ เพื่อตรวจสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลว่าเป็นแบบปกติหรือไม่

Normality probability plot การที่จุดบนกราฟเรียงตัวกันเป็นลักษณะเส้นตรงแสดงแสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

Histogram of the residualsฮิสโตแกรมมีรูปทรงสมมาตรและเป็นรูประฆังคว่ำแสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

Residuals versus the fitted valuesลักษณะของกราฟมีการกระจายแบบสุ่มรอบค่า 0 แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

Residuals versus the orderบนกราฟจะไม่ปรากฏลักษณะของแนวโน้มหรือรูปแบบใดๆ อย่างชัดเจนแสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

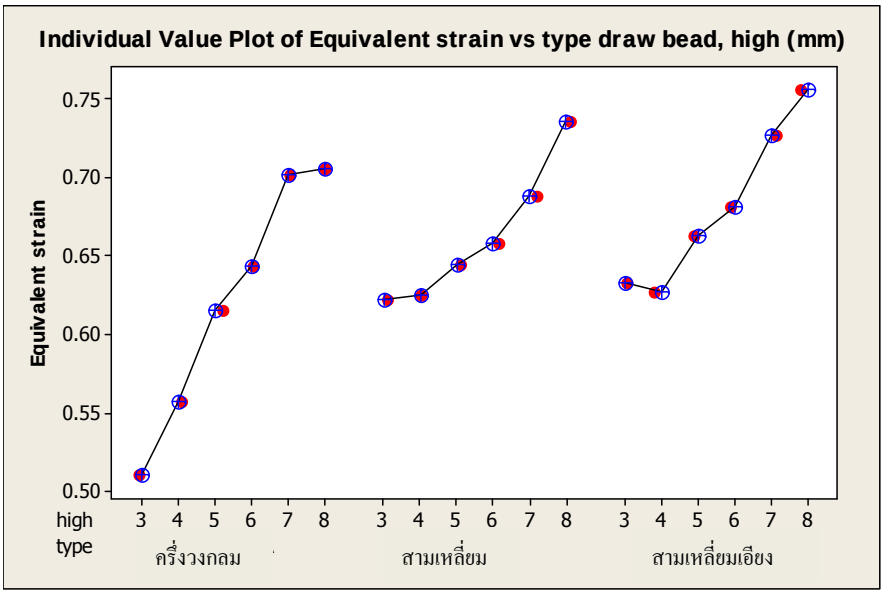
สำหรับข้อมูลชนิดของดรอว์บีดและความเครียดเทียบเท่านั้น ในกราฟแบบสี่กราฟในหนึ่งรูป (Four-in-one) ไม่แสดงลักษณะใดๆ ซึ่งขัดแย้งกับลักษณะที่อธิบายไว้ข้างต้น ดังนั้นสรุปได้ว่าผลการวิเคราะห์ Two-way ANOVAนี้อธิบายเกี่ยวกับข้อมูลได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 4.14 Two-way ANOVA: Equivalentstrain versus type draw bead, high

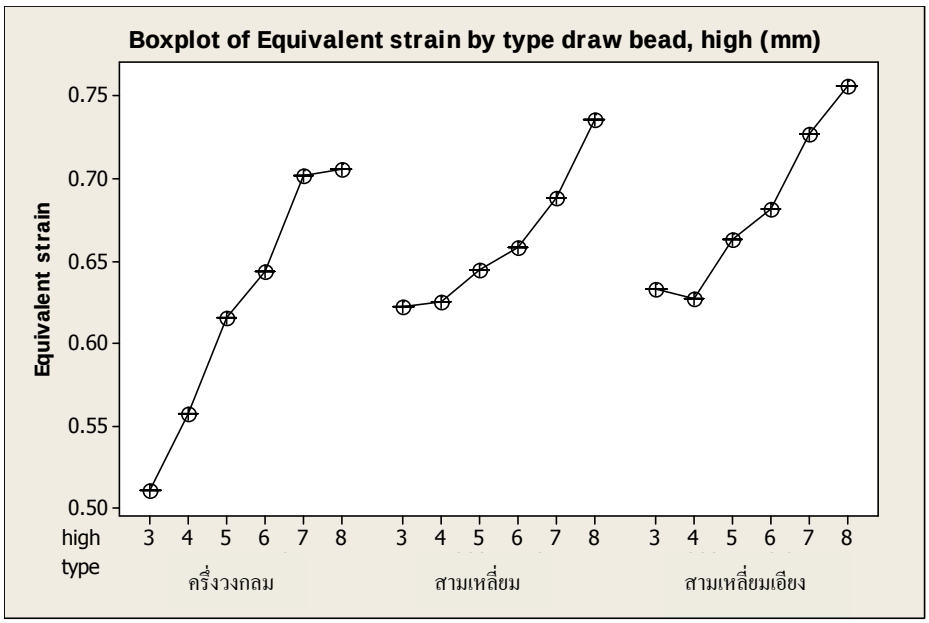
Source	SS	DF	MS	F_0	P
Type	0.0107663	2	0.0053832	9.9	0.004
High	0.047804	5	0.0095608	17.58	0.000
Error	0.0054397	10	0.0005440		
Total	0.06401	17			

จากสมมติฐาน $F_{0.05,\ 2,\ 10}$ = 4.10 สรุปได้ว่า F_0> 4.10 ชนิดของดรอว์บีดมีผลต่อค่าความเครียดเทียบเท่าที่จุด A6ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากสมมติฐาน $F_{0.05,\ 5,\ 10}$ = 3.33 สรุปได้ว่า F_0> 3.33 ความสูงของดรอว์บีดมีผลต่อค่าความเครียดเทียบเท่าที่จุด A6ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 4.79 กราฟ Individual value plot of equivalentstrainvstype draw bead, high(mm)



ภาพที่ 4.80 กราฟ Boxplot of equivalentstrainvstype draw bead, high(mm)

จากภาพที่ 4.79 และ 4.80 แสดงกราฟ Individual Value Plot of equivalentstrain vstype draw bead, high(mm) และ Boxplot of equivalentstrain vstype draw bead, high(mm) จากกราฟจะเห็นลักษณะแนวโน้มคือ เมื่อความสูงของดรอว์บีดเพิ่มขึ้นค่าความเครียดเทียบเท่าที่จุด A6 จะสูงขึ้นตามไปด้วยแสดงว่าความสูงของดรอว์บีดมีผลต่อค่าความเครียดเทียบเท่าที่จุด A6 ส่วนชนิดของดรอว์บีดมีผลต่อค่าความเครียดเทียบเท่าที่จุด A6 เช่นกันคือ ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงมีค่าความเครียดเทียบเท่าที่จุด A6 สูงสุด รองลงมาคือดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม และดรอว์บีดชนิดวงกลมมีค่าความเครียดเทียบเท่าที่จุด A6 ต่ำสุด

4.13.3 แรงเปรียบเทียบตามความสูงของดรอว์บีด

1) แรงขึ้นรูปชิ้นงานเปรียบเทียบตามความสูงของดรอว์บีดทั้งสามชนิด

ดรอว์บีดความสูง 3 มม. ช่วยในการขึ้นรูป จากกราฟพบว่าดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมใช้แรงในการขึ้นรูป 150.82 kN แรงกด 55.64 kN ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมใช้แรงขึ้นรูป 146.35 kN แรงกด 55.68 kN และดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงใช้แรงขึ้นรูป 155.57 kN แรงกด 54.42 kN จากการทดสอบ พบว่าค่าของแรงในการขึ้นรูปชิ้นงานของดรอว์บีดทั้งสามชนิดที่มีความสูง 3 มม. เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้ว ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงจะใช้แรงขึ้นรูปสูงที่สุด รองลงมาคือดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม และดรอว์บีดที่ใช้แรงในการขึ้นรูปน้อยที่สุด คือดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลม

รอว์บีดความสูง 4 มม. ช่วยในการขึ้นรูป จากกราฟพบว่าดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมใช้แรงในการขึ้นรูป 156.9 kN แรงกด 55.53 kNดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมใช้แรงขึ้นรูป 153.48 kN แรงกด 55.72 kN และดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงใช้แรงขึ้นรูป 165.83 kN แรงกด 54.12 kN จากการทดสอบ พบว่าค่าของแรงในการขึ้นรูปชิ้นงานของดรอว์บีดทั้งสามชนิดที่มีความสูง 4 มม. เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้ว ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงจะใช้แรงขึ้นรูปสูงที่สุด รองลงมาคือ ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม และดรอว์บีดที่ใช้แรงในการขึ้นรูปน้อยที่สุด คือ ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลม

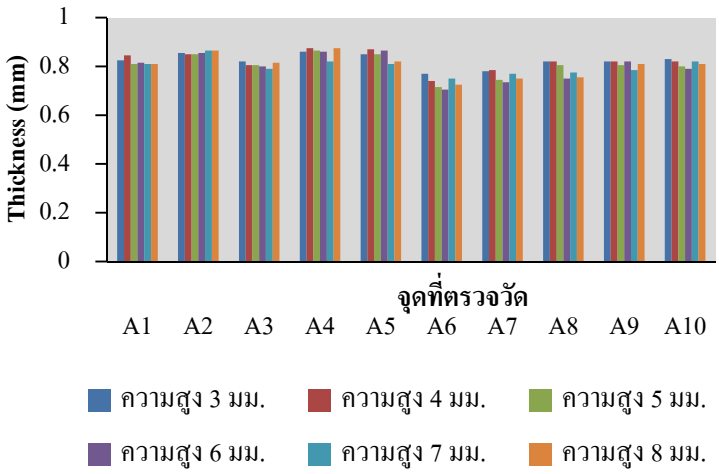
รอว์บีดความสูง 5 มม. ช่วยในการขึ้นรูป จากกราฟพบว่าดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมใช้แรงในการขึ้นรูป 158.61 kN แรงกด 55.24 kN ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมใช้แรงขึ้นรูป 154.31 kN แรงกด 54.86 kN และดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงใช้แรงขึ้นรูป 171.34 kN แรงกด 54.46 kN จากการทดสอบ พบว่าค่าของแรงในการขึ้นรูปชิ้นงานของดรอว์บีดทั้งสามชนิดที่มีความสูง 5 มม. เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้ว ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงจะใช้แรงขึ้นรูปสูงที่สุด รองลงมาคือดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม และดรอว์บีดที่ใช้แรงในการขึ้นรูปน้อยที่สุด คือดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลม

รอว์บีดความสูง 6 มม. ช่วยในการขึ้นรูป จากกราฟพบว่าดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมใช้แรงในการขึ้นรูป 160.78 kN แรงกด 54.88 kN ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมใช้แรงขึ้นรูป 156.33 kN แรงกด 54.81 kN และดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงใช้แรงขึ้นรูป 172.45 kN แรงกด 53.42 kN จากการทดสอบ พบว่าค่าของแรงในการขึ้นรูปชิ้นงานของดรอว์บีดทั้งสามชนิดที่มีความสูง 6 มม. เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้ว ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงจะใช้แรงขึ้นรูปสูงที่สุด รองลงมาคือดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม และดรอว์บีดที่ใช้แรงในการขึ้นรูปน้อยที่สุด คือดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลม

รอว์บีดความสูง 7 มม. ช่วยในการขึ้นรูป จากกราฟพบว่าดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมใช้แรงในการขึ้นรูป 162.03 kN แรงกด 54.74 kN ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมใช้แรงขึ้นรูป 160.6 kN แรงกด 53.84 kN และดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงใช้แรงขึ้นรูป 173.01 kN แรงกด 53.67 kN จากการทดสอบ พบว่าค่าของแรงในการขึ้นรูปชิ้นงานของดรอว์บีดทั้งสามชนิดที่มีความสูง 7 มม. เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้ว ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงจะใช้แรงขึ้นรูปสูงที่สุด รองลงมาคือดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม และดรอว์บีดที่ใช้แรงในการขึ้นรูปน้อยที่สุด คือดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลม

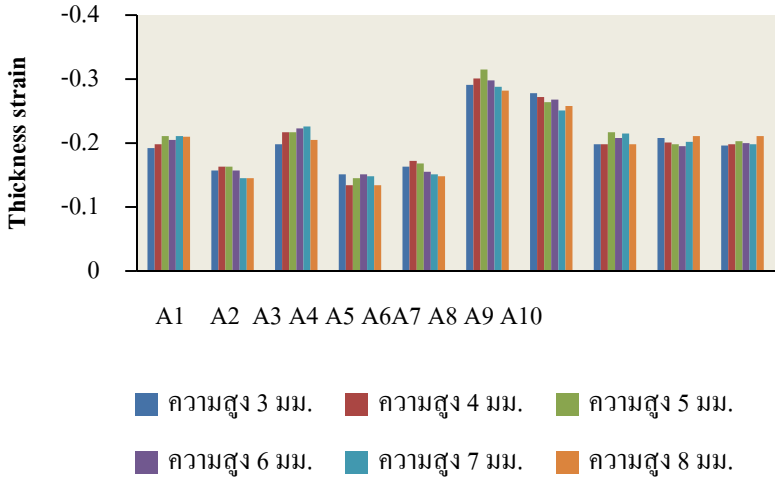
รอว์บีดความสูง 8 มม. ช่วยในการขึ้นรูป จากกราฟพบว่าดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมใช้แรงในการขึ้นรูป 170.77 kN แรงกด 54.32 kN ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมใช้แรงขึ้นรูป 162.34 kN แรงกด 55.72 kN และดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงใช้แรงขึ้นรูป 174.67 kN แรงกด 54.18 kN จากการทดสอบ พบว่าค่าของแรงในการขึ้นรูปชิ้นงานของดรอว์บีดทั้งสามชนิดที่มีความสูง 8 มม. เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้ว ดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงจะใช้แรงขึ้นรูปสูงที่สุด รองลงมาคือดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม และดรอว์บีดที่ใช้แรงในการขึ้นรูปน้อยที่สุด คือดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลม

4.13.4 ความหนาของดรอว์บีด



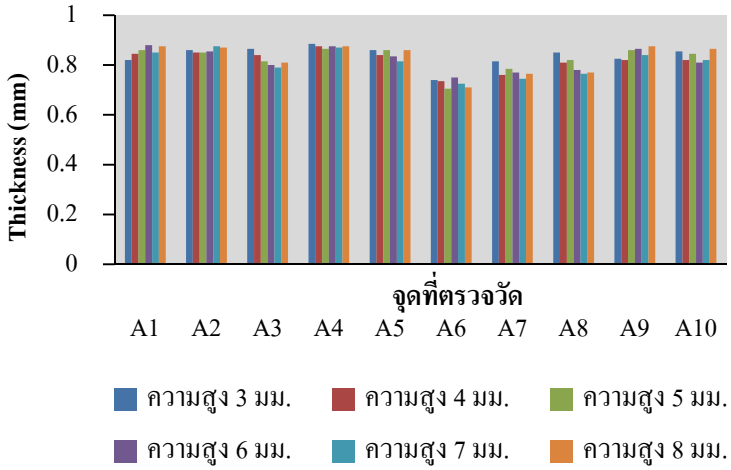
ภาพที่ 4.81 ความหนาของชิ้นงานดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมหลังการขึ้นรูป

จากภาพที่ 4.81 แสดงถึงความหนาของชิ้นงานที่จุดตรวจวัด A1-A10 ของดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยม ที่ระดับความสูง 3 4 5 6 7 และ 8 มม.จากกราฟพบว่า ที่จุดตรวจวัด A2 มีขนาดความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานมากที่สุด และมีการกระจายตัวของขนาดใกล้เคียงกัน และที่จุดตรวจวัด A6 มีขนาดความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานน้อยที่สุด และมีการกระจายตัวของขนาดต่างกัน



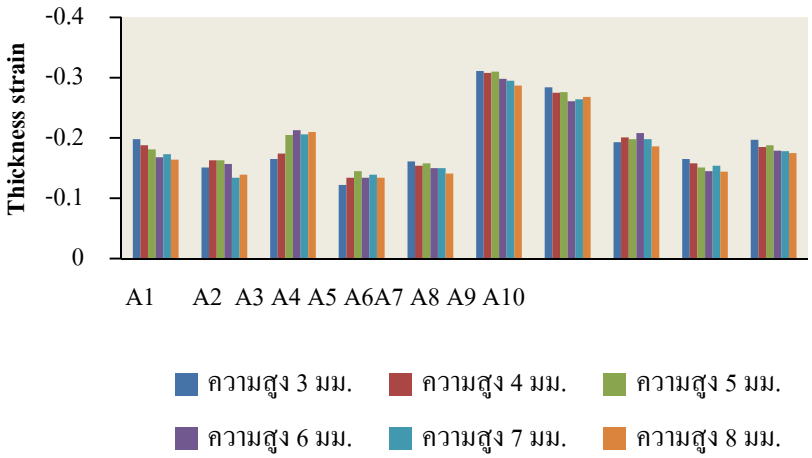
ภาพที่ 4.82 ค่าความเครียดความหนาของชิ้นงานดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมหลังการขึ้นรูป

จากภาพที่ 4.82 แสดงถึงความเครียดที่เกิดบนชิ้นงานที่จุดตรวจวัด A1-A10 โดยจะพบว่าความหนาของชิ้นงานและค่าความเครียดมีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากแผ่นโลหะเมื่อถูกดึง ยืดขึ้นรูป บริเวณที่ถูกดึง ความหนาของแผ่นโลหะจะบางลง ซึ่งในบริเวณนั้นจะมีค่าความเครียดสูง ดังที่จุดตรวจวัด A2 มีขนาดความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานมากที่สุด ค่าความเครียดมีค่าน้อยที่สุด และจุดตรวจวัด A6 เป็นจุดที่มีความหนาน้อยที่สุด พบว่าค่าความเครียดที่จุดตรวจวัด A6 มีค่าสูงสุด



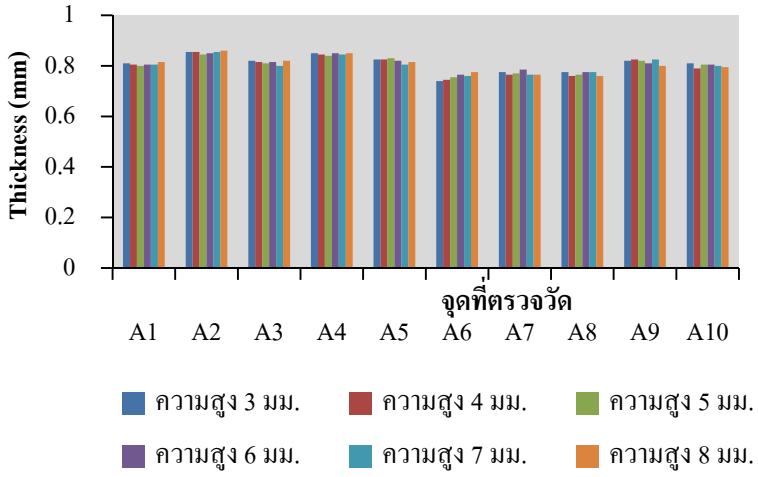
ภาพที่ 4.83 ความหนาของชิ้นงานดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมหลังการขึ้นรูป

จากภาพที่ 4.83 แสดงถึงความหนาของชิ้นงานที่จุดตรวจวัด A1-A10 ของดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลม ที่ระดับความสูง 3 4 5 6 7 และ 8 มม.จากกราฟพบว่า ที่จุดตรวจวัด A4 มีขนาดความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานมากที่สุด และมีการกระจายตัวของขนาดใกล้เคียงกัน และที่จุดตรวจวัด A6 มีขนาดความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานน้อยที่สุด และมีการกระจายตัวของขนาดต่างกัน



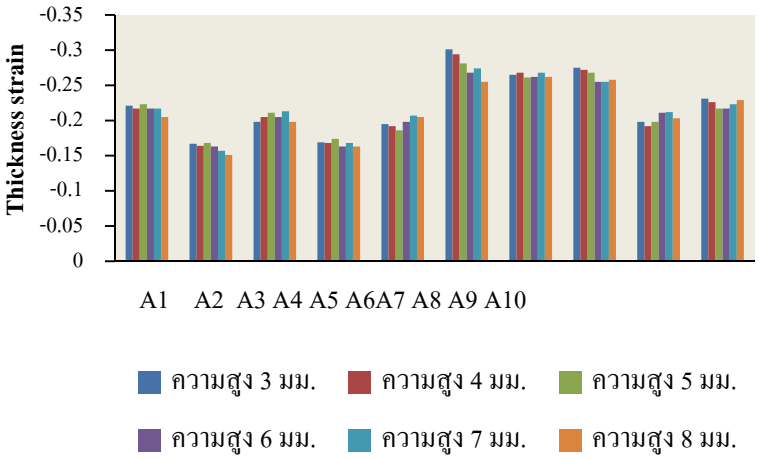
ภาพที่ 4.84 ค่าความเครียดความหนาของชิ้นงานดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมหลังการขึ้นรูป

จากภาพที่ 4.84 แสดงถึงความเครียดที่เกิดบนชิ้นงานที่จุดตรวจวัด A1-A10 โดยจะพบว่าความหนาของชิ้นงานและค่าความเครียดมีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากแผ่นโลหะเมื่อถูกดึง ยืดขึ้นรูป บริเวณที่ถูกดึง ความหนาของแผ่นโลหะจะบางลง ซึ่งในบริเวณนั้นจะมีค่าความเครียดสูง ดังที่จุดตรวจวัด A4 มีขนาดความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานมากที่สุด ค่าความเครียดมีค่าน้อยที่สุด และจุดตรวจวัด A6 เป็นจุดที่มีความหนาน้อยที่สุด พบว่าค่าความเครียดที่จุดตรวจวัด A6 มีค่าสูงสุด



ภาพที่ 4.85 ความหนาของชิ้นงานดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงหลังการขึ้นรูป

จากภาพที่ 4.85 แสดงถึงความหนาของชิ้นงานที่จุดตรวจวัด A1-A10 ของดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียง ที่ระดับความสูง 3 4 5 6 7 และ 8 มม.จากกราฟพบว่า ที่จุดตรวจวัด A2 มีขนาดความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานมากที่สุด และมีการกระจายตัวของขนาดใกล้เคียงกัน และที่จุดตรวจวัด A6 มีขนาดความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานน้อยที่สุด และมีการกระจายตัวของขนาดต่างกัน



ภาพที่ 4.86 ค่าความเครียดความหนาของชิ้นงานดรอว์บีดชนิดสามเหลี่ยมเอียงหลังการขึ้นรูป

จากภาพที่ 4.86 แสดงถึงความเครียดที่เกิดบนชิ้นงานที่จุดตรวจวัด A1-A10 โดยจะพบว่าความหนาของชิ้นงานและค่าความเครียดมีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากแผ่นโลหะเมื่อถูกดึงยืด ขึ้นรูป บริเวณที่ถูกดึง ความหนาของแผ่นโลหะจะบางลง ซึ่งในบริเวณนั้นจะมีค่าความเครียดสูง ดังที่จุดตรวจวัด A2 มีขนาดความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานมากที่สุด ค่าความเครียดมีค่าน้อยที่สุด และจุดตรวจวัด A6 เป็นจุดที่มีความหนาน้อยที่สุด พบว่าค่าความเครียดที่จุดตรวจวัด A6 มีค่าสูงสุด