บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

ผลการวิจัยเพื่อศึกษาการไหลตัวของโลหะแผ่นในกระบวนการลากขึ้นรูปถ้วยลึกโดยการประยุกต์ใช้ดรอว์บิดยางเสริมแรง วัสดุ เกรด JIS : SPCC ที่มีความหนา 1.0 มม. เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการเลือกใช้แรงในการลากขึ้นรูป และแรงกดชิ้นงานได้อย่างเหมาะสม ตัวแปรที่ใช้ทดสอบเก็บข้อมูลคือ ดรอว์บีดที่ทำจากโลหะทั้งตัว ดรอว์บีดที่เสริมแรงยางธรรมชาติ ดรอว์บีดที่เสริมแรงยางสังเคราะห์ โดยปรับแรงกดชิ้นงานที่ 30 % , 50 % และ70 % ของแรงขึ้นรูป ในการทดสอบดรอว์บีดแต่ละชนิด เพื่อนำไปหาค่าความเครียดของชิ้นงานในแต่ละจุดที่เกิดขึ้น

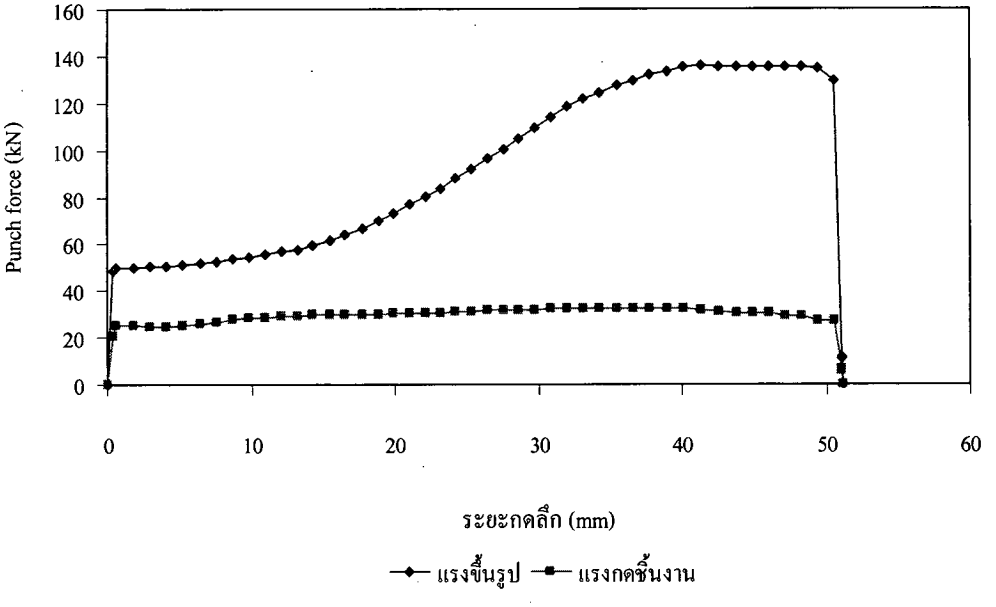
4.1 ผลการทดลอง

ผลการทดลองได้กำหนดตัวแปรควบคุมในการลากขึ้นรูปถ้วยลึกรูปทรงไม่สมมาตรโดยใช้แผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณประมาณค่าขยายออก 10 มม.โดยรอบ แรงกดชิ้นงาน (Blank holder force) เท่ากับ 30 % , 50 % และ 70 % สารหล่อลื่นแผ่นพลาสติกโพลีเอทธีลีนที่มีความหนา 0.1 มม.ระยะกดลึกของพั๊นช์ เท่ากับ 52 มม.

4.1.1 ผลการทดลองแรงลากขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงาน

1) ผลการทดลองการใช้ดรอว์บีดโลหะ

- แรงกดชิ้นงาน 30 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 4.1

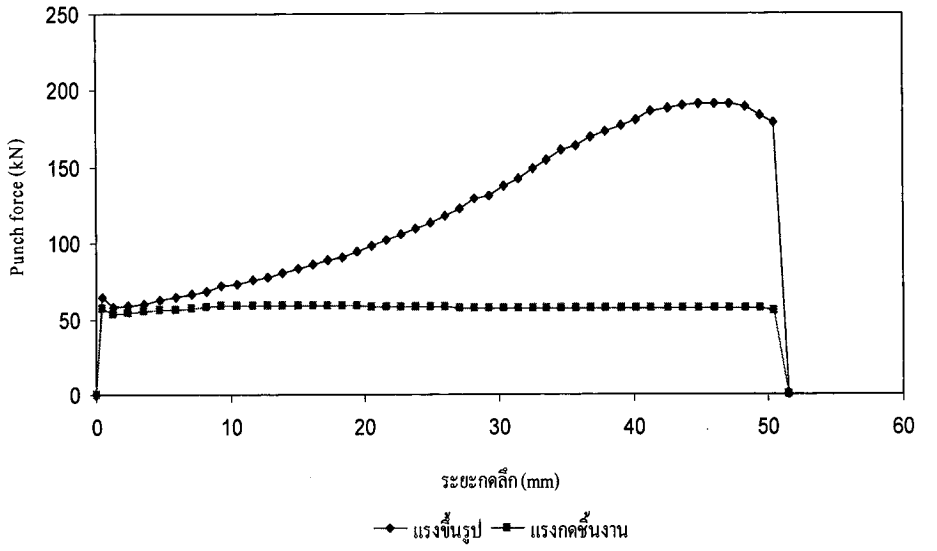


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงแรงขึ้นรูปกับแรงกดชิ้นงาน 30 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ดรอว์บีดโลหะ

จากรูปที่ 4.1 เป็นกราฟแสดงถึงแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานต่อระยะกดลึกของชิ้นงาน จะเห็นได้ว่าแรงในการลากขึ้นรูปจะค่อยๆ ปรับเพิ่มสูงขึ้นเพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูป ต่อระยะความลึกของชิ้นงาน แรงลากขึ้นรูปสูงสุด 135.9 kN ที่ระยะความลึก 41 mm. โดยที่แรงกดชิ้นงาน (Blank holder force) จะสม่ำเสมอที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป มี

ความราบเรียบ แสดงว่าการไหลตัวของโลหะเป็นไปได้อย่างสม่ำเสมอตลอดระยะกดลึก ไม่เกิดการฉีกขาดบริเวณปีกถ้วย

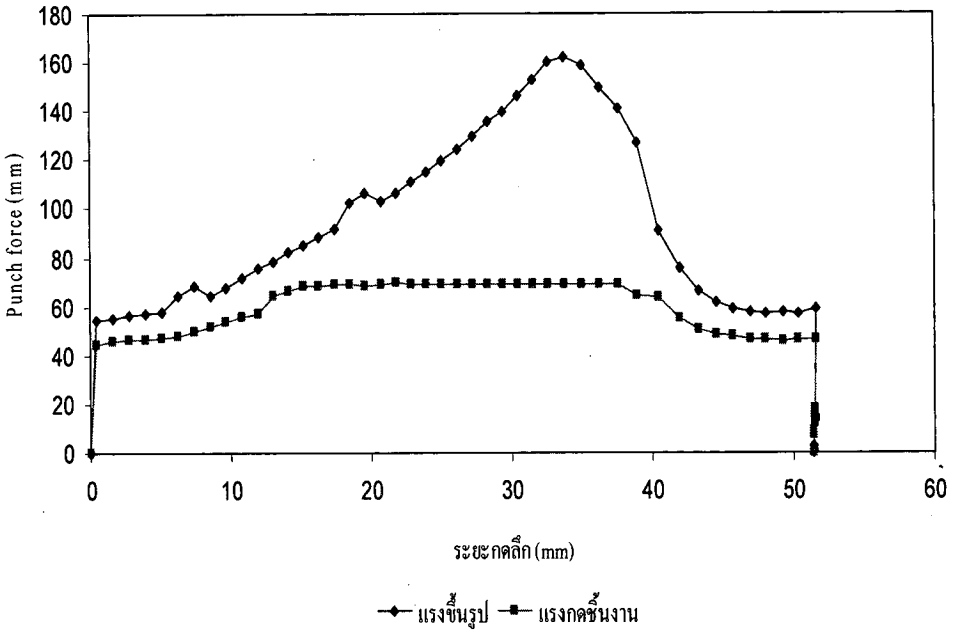
- แรงกดชิ้นงาน 50 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงแรงขึ้นรูปกับแรงกดชิ้นงาน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ดรอว์บีดโลหะ

จากรูปที่ 4.2 เป็นกราฟแสดงถึงแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานต่อระยะกดลึกของชิ้นงาน จะเห็นได้ว่าแรงในการลากขึ้นรูปจะค่อยๆ ปรับเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามสัดส่วนของระยะกดลึก จนถึงระยะกดลึกที่ 45 mm. ซึ่งเป็นจุดที่แรงของการลากขึ้นรูปสูงสุดที่ระดับ 191.02 kN เพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูป ต่อระยะความลึกของชิ้นงาน เมื่อแรงกดชิ้นงานเพิ่มสูงขึ้น ความสามารถของการไหลตัวของโลหะจะลดลงด้วย โดยที่แรงกดชิ้นงาน (Blank holder force) จะสม่ำเสอมที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป แรงกดชิ้นงานมีความราบเรียบตลอดระยะกดลึก แสดงว่าการไหลตัวของโลหะเป็นไปได้อย่างสม่ำเสมอ ไม่เกิดการฉีกขาดบริเวณปีกถ้วย

- แรงกดชิ้นงาน 70 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 4.3

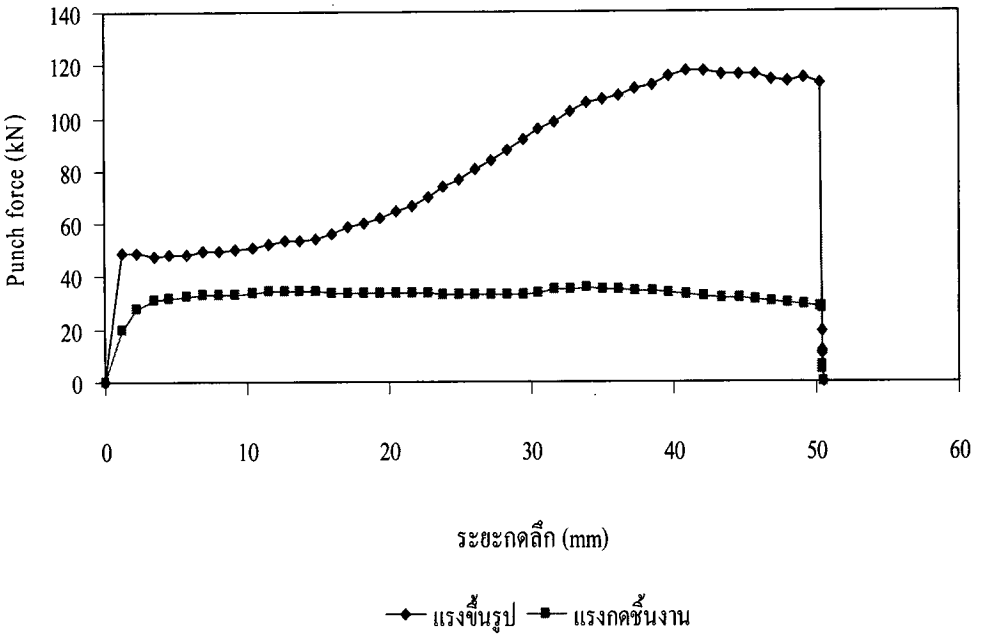


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงแรงขึ้นรูปกับแรงกดชิ้นงาน 70 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ดรอว์บีดโลหะ

จากรูปที่ 4.3 เป็นกราฟแสดงถึงแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานต่อระยะกดลึกของชิ้นงาน จะเห็นได้ว่าแรงในการลากขึ้นรูปจะค่อยๆ ปรับเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามสัดส่วนของระยะกดลึก จนถึงระยะกดลึกที่ 34 mm. ซึ่งเกิดการเปลี่ยนรูปที่รุนแรงของวัสดุ เป็นจุดที่แรงของการลากขึ้นรูป ขึ้นไปถึง 162 kN เกิดความเค้นสูงสุด ทำให้ชิ้นงานเกิดการแตกขาด แล้วแรงค่อยๆ ลดต่ำลงมา เมื่อแรงกดชิ้นงานเพิ่มสูงขึ้น 70 เปอร์เซ็นต์ของแรงลากขึ้นรูป โดยใช้ดรอว์บีดที่เป็นโลหะ ทำให้ ความสามารถของการไหลตัวของโลหะเข้าสู่ช่อง Die จึงเป็นไปได้ยาก เกิดความไม่สม่ำเสมอขึ้น จึงเป็นสาเหตุทำให้ชิ้นงานเกิดการฉีกขาดบริเวณปีกถ้วย

2) ผลการทดลองการใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางธรรมชาติ

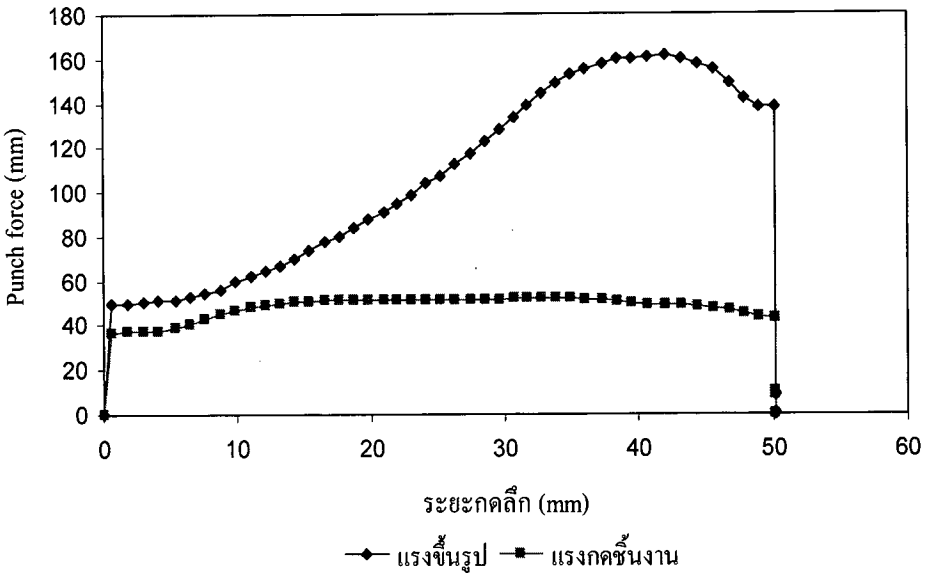
- แรงกดชิ้นงาน 30 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงแรงขึ้นรูปกับแรงกดชิ้นงาน 30 % โดยใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางธรรมชาติ

จากรูปที่ 4.4 เป็นกราฟแสดงถึงแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานต่อระยะกดลึกของชิ้นงาน จะเห็นได้ว่าแรงในการลากขึ้นรูปจะค่อยๆ ปรับเพิ่มสูงขึ้นเพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูป ต่อระยะความลึกของชิ้นงาน แรงลากขึ้นรูปสูงสุด 117.37 kN ที่ระยะความลึก 42 mm. โดยที่แรงกดชิ้นงาน (Blank holder force) 30 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป แรงกดชิ้นงานมีความราบเรียบ แสดงว่าการไหลตัวของโลหะเป็นไปได้อย่างสม่ำเสมอ และแรงในการลากขึ้นรูปจะเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับตามรูปทรงของชิ้นงานที่ทำการขึ้นรูป จนสิ้นสุดระยะการกดลึกของพันช์

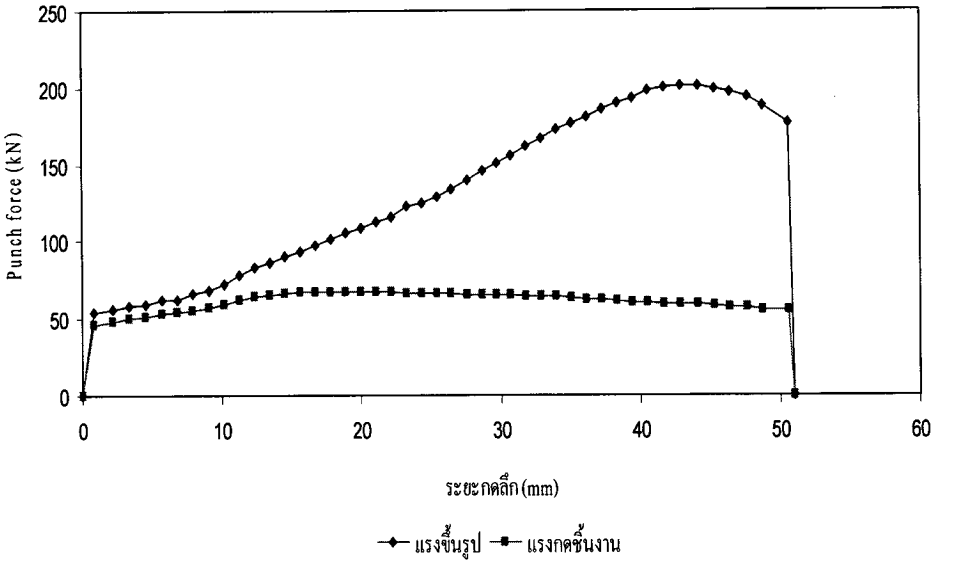
- แรงกดชิ้นงาน 50 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงแรงขึ้นรูปกับแรงกดชิ้นงาน 50 % โดยใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางธรรมชาติ

จากรูปที่ 4.5 เป็นกราฟแสดงถึงแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานต่อระยะกดลึกของชิ้นงาน จะเห็นได้ว่าแรงในการลากขึ้นรูปจะค่อยๆ ปรับเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามสัดส่วนของระยะกดลึก จนถึงระยะกดลึกที่ 41 mm. ซึ่งเป็นจุดที่แรงของการลากขึ้นรูปสูงสุดที่ระดับ 160.6 kN เพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูป ต่อระยะความลึกของชิ้นงาน เมื่อแรงกดชิ้นงานสูงขึ้น ความสามารถของการไหลตัวของโลหะจะลดลงด้วย โดยที่แรงกดชิ้นงาน (Blank holder force) ช่วงระยะ 0 ถึง 10 mm. แรงกดชิ้นงานจะลดลงมาที่ 40 kN เนื่องจากเกิดการยุบตัวของยาง แล้วแรงกดค่อยปรับสูงขึ้นประมาณ 50 kN แรงกดชิ้นงานมีความราบเรียบ แสดงว่าการไหลตัวของโลหะเป็นไปได้อย่างสม่ำเสมอ จนถึงระยะความลึกที่ 50 mm

- แรงกดชิ้นงาน 70 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 4.6

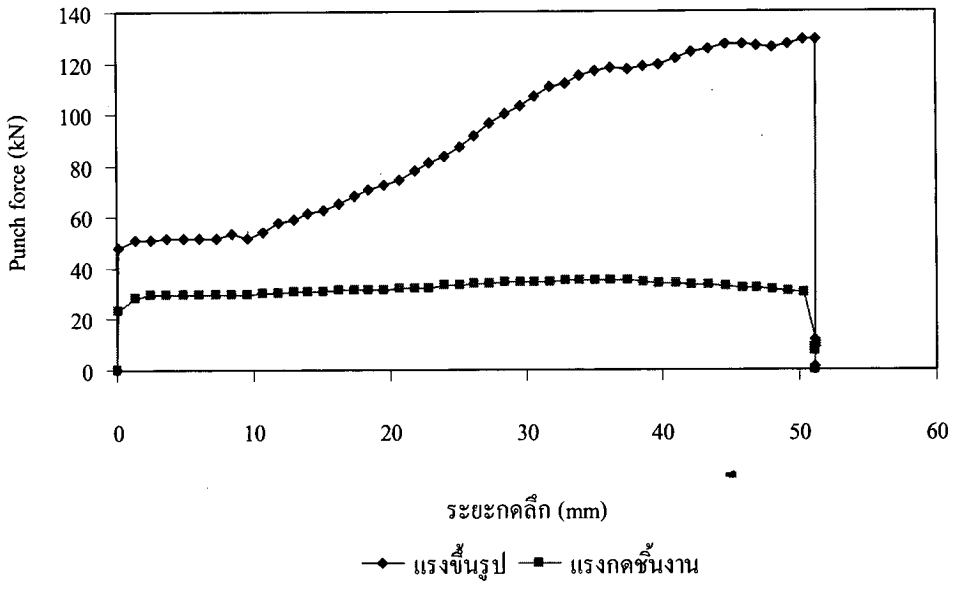


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงแรงขึ้นรูปกับแรงกดชิ้นงาน 70 % โดยใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางธรรมชาติ

จากรูปที่ 4.6 เป็นกราฟแสดงถึงแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานต่อระยะกดลึกของชิ้นงาน จะเห็นได้ว่าแรงในการลากขึ้นรูปจะค่อยๆ ปรับเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามสัดส่วนของระยะกดลึก จนถึงระยะกดลึกที่ 43 mm. ซึ่งเป็นจุดที่แรงของการลากขึ้นรูปสูงสุดที่ระดับ 200.10 kN เพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูป ต่อระยะความลึกของชิ้นงาน เมื่อแรงกดชิ้นงานสูงขึ้นจะควบคุมการไหลตัวของโลหะเข้าสู่ช่อง Die ได้ดี โดยที่แรงกดชิ้นงาน (Blank holder force) จะลดลงมาที่ 50 kN ในช่วงระยะความลึก 0 ถึง 10 mm. แล้วค่อยปรับขึ้น เนื่องจากใช้ดรอว์บีดยางเสริมแรง แรงกดชิ้นงานมีความราบเรียบ แสดงว่าการไหลตัวของโลหะเป็นไปได้อย่างสม่ำเสมอ ในช่วงสุดท้ายแรงกดชิ้นงานมีระดับลดต่ำลงมา

3) ผลการทดลองการใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางสังเคราะห์

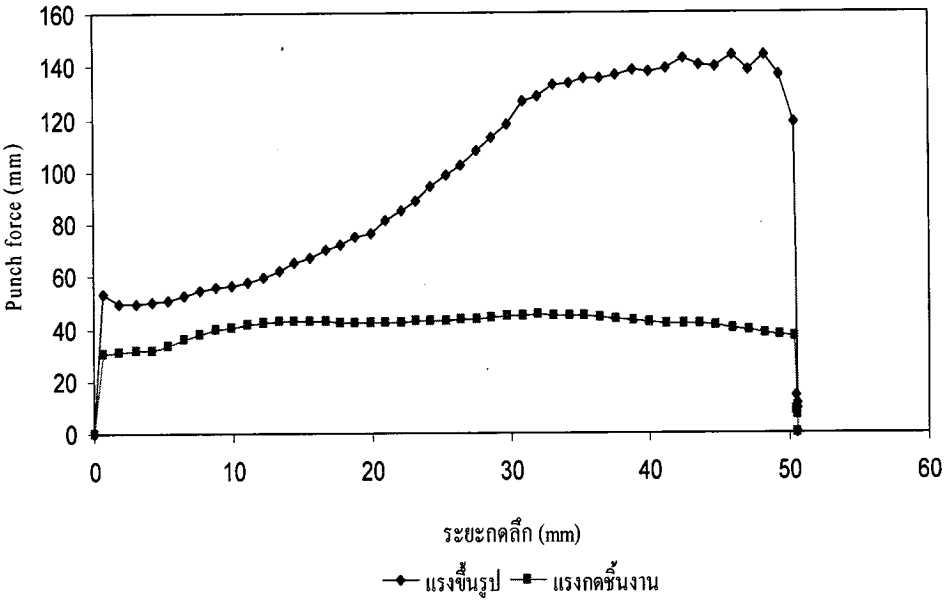
- แรงกดชิ้นงาน 30 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงแรงขึ้นรูปกับแรงกดชิ้นงาน 30 % โดยใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางสังเคราะห์

จากรูปที่ 4.7 เป็นกราฟแสดงถึงแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานต่อระยะกดลึกของชิ้นงาน จะเห็นได้ว่าแรงในการลากขึ้นรูปจะค่อยๆ ปรับเพิ่มสูงขึ้นเพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูป ต่อระยะความลึกของชิ้นงาน แรงลากขึ้นรูปสูงสุด 129.24 kN ที่ระยะความลึก 51 mm. แรงของการลากขึ้นรูปจากกราฟ จะเห็นได้ว่าไม่มีความราบเรียบอัตราการเพิ่มขึ้นของกราฟไม่สม่ำเสมอ ทำให้การไหลตัวของโลหะแผ่นไม่สม่ำเสมอด้วย ทำให้ชิ้นงานเกิดรอยย่นบริเวณปีกถ้วยแต่ในขณะที่แรงกดชิ้นงาน (Blank holder force) 30 เปอร์เซ็นต์ ยังมีความราบเรียบอยู่ตลอดระยะกดลึกของพั้นซ์

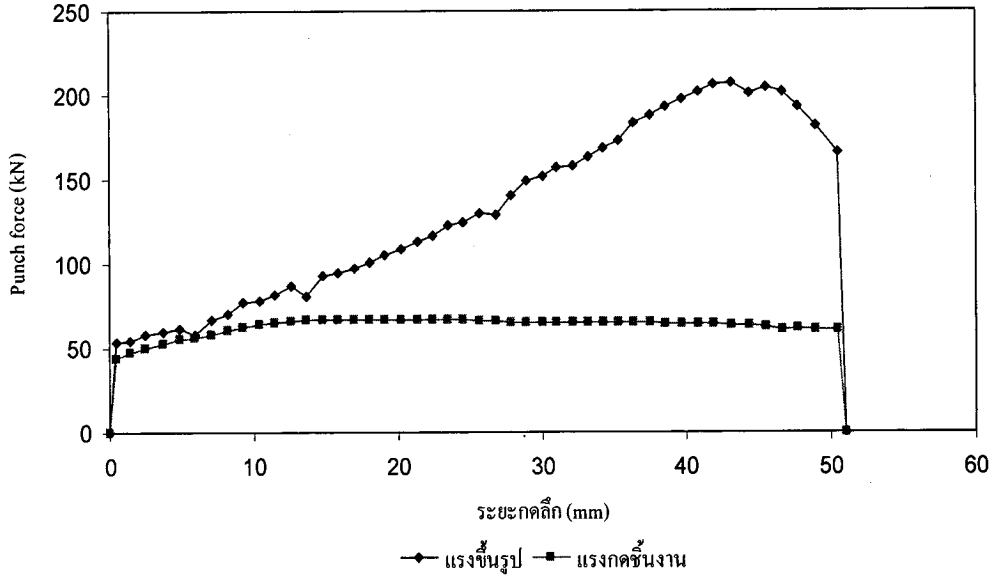
- แรงกดชิ้นงาน 50 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงแรงขึ้นรูปกับแรงกดชิ้นงาน 50 % โดยใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางสังเคราะห์

จากรูปที่ 4.8 เป็นกราฟแสดงถึงแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานต่อระยะกดลึกของชิ้นงาน จะเห็นได้ว่าแรงในการลากขึ้นรูปจะค่อยๆ ปรับเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามสัดส่วนของระยะกดลึก จนถึงระยะกดลึกที่ 46 mm. ซึ่งเป็นจุดที่แรงของการลากขึ้นรูปสูงสุดที่ระดับ 143.97 kN เพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูป ต่อระยะความลึกของชิ้นงาน แรงของการลากขึ้นรูปจากกราฟจะเห็นได้ว่าไม่มีความราบเรียบอัตราการเพิ่มขึ้นของกราฟไม่สม่ำเสมอต่อเนื่องกัน ทำให้การไหลตัวของโลหะแผ่นไม่สม่ำเสมอด้วย ทำให้ชิ้นงานยังเกิดรอยย่นอยู่ เมื่อแผ่นกดชิ้นงานเลื่อนลงกดชิ้นงานจะมีช่วงความเปลี่ยนแปลงของแรงกดที่ระดับต่างกัน เนื่องจากการยืดหยุ่นของเนื้อยางสังเคราะห์

- แรงกดชิ้นงาน 70 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 4.9



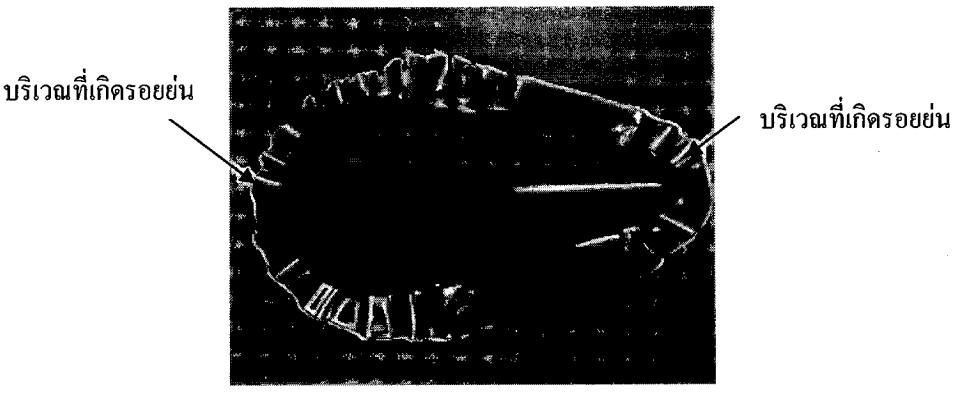
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงแรงขึ้นรูปกับแรงกดชิ้นงาน 70 % โดยใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางสังเคราะห์

จากรูปที่ 4.9 เป็นกราฟแสดงถึงแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานต่อระยะกดลึกของชิ้นงาน จะเห็นได้ว่าแรงในการลากขึ้นรูปจะค่อยๆ ปรับเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามสัดส่วนของระยะกดลึก จนถึงระยะกดลึกที่ 47 mm. ซึ่งเป็นจุดที่แรงของการลากขึ้นรูปสูงสุดที่ระดับ 201.90 kN เพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูป ต่อระยะความลึกของชิ้นงาน แรงของการลากขึ้นรูปจากกราฟจะเห็นได้ว่าไม่มีความราบเรียบอัตราการเพิ่มขึ้นของกราฟไม่สม่ำเสมอต่อเนื่องกัน เมื่อแรงกดชิ้นงานสูงขึ้นจะควบคุมการไหลตัวของโลหะเข้าสู่ช่อง Die ได้ดี โดยที่แรงกดชิ้นงาน (Blank holder force) จะลดลงมาที่ 50 kN แล้วค่อยปรับขึ้น แรงกดชิ้นงานมีความราบเรียบตลอดระยะกดลึก แสดงว่าการไหลตัวของโลหะเป็นไปได้อย่างสม่ำเสมอ

4.1.2 ผลการทดลองของชิ้นงานลากขึ้นรูป

1) ผลการทดลองชิ้นงานลากขึ้นรูป ใช้ดรอว์บีดโลหะ

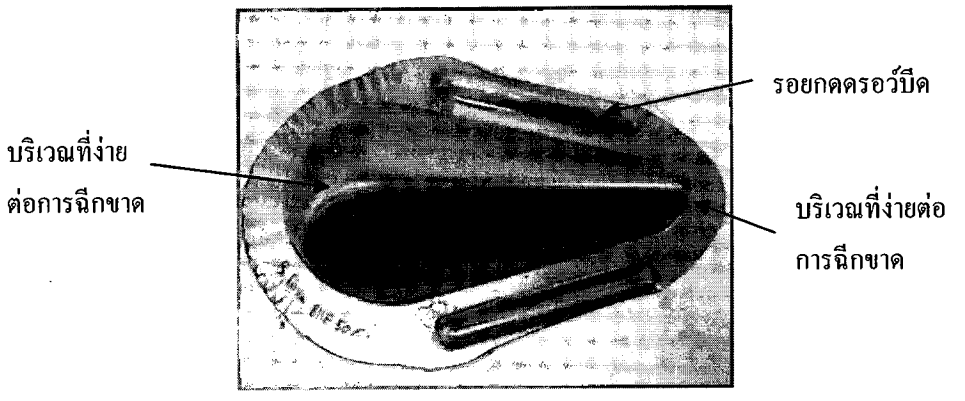
- แรงกดชิ้นงาน 30 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ชิ้นงานใช้ดรอว์บีดโลหะแรงกดชิ้นงาน 30 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.10 จะพบว่าชิ้นงานเกิดรอยย่นบริเวณขอบปีกชิ้นงาน เกิดขึ้นเนื่องจากแรงกดชิ้นงาน (Blank holder force) น้อยเกินไป และทำให้โลหะไหลเข้าสู่ช่อง Die มาก ทำให้ควบคุมการไหลตัวด้วยดรอว์บีดทำได้ยาก จึงทำให้เกิดลักษณะรอยย่นขึ้นบริเวณขอบปีกชิ้นงาน

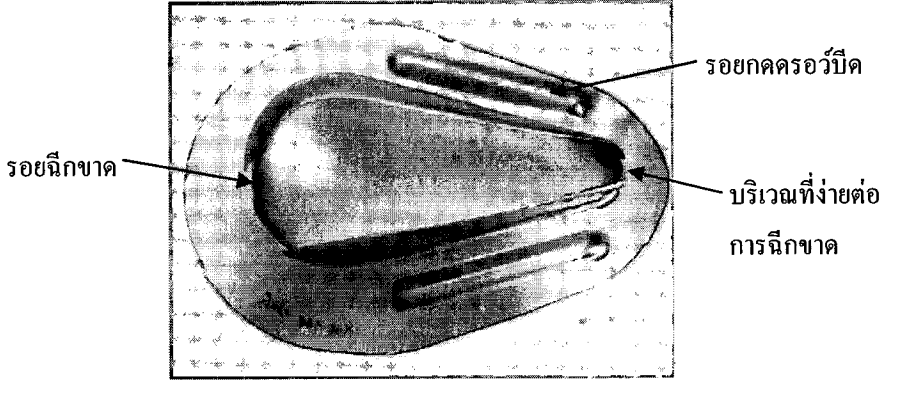
- แรงกดชิ้นงาน 50 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ชิ้นงานใช้ดรอว์บีดโลหะแรงกดชิ้นงาน 50 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.11 พบว่าบริเวณขอบปีกของชิ้นงานไม่เกิดรอยย่น เนื่องจากใช้แรงกดเพียงพอสำหรับการขึ้นรูป เมื่อแรงกดชิ้นงานสูงขึ้นจะควบคุมการไหลตัวของโลหะเข้าสู่ช่อง Die ได้ดี ทำให้ชิ้นงานออกมาไม่เกิดรอยย่นบริเวณขอบปีกชิ้นงาน ซึ่งเกิดการไหลตัวของชิ้นงานอย่างสม่ำเสมอ ที่ระยะความลึกสุดของชิ้นงานจะมีผนังบางทำให้ง่ายต่อการฉีกขาดบริเวณนี้ และตรงที่มีรัศมีในการดรอว์น้อย

- แรงกดชิ้นงาน 70 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 4.12



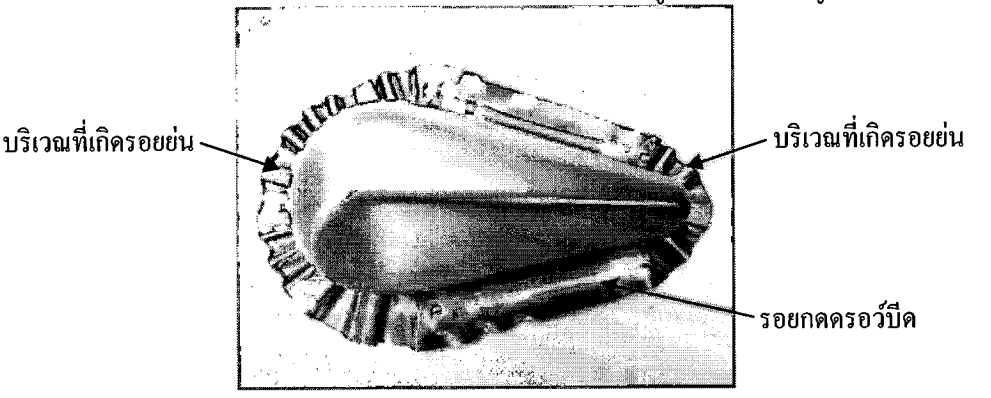
รูปที่ 4.12 ชิ้นงานใช้ดรอว์บีดโลหะแรงกดชิ้นงาน 70 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.12 จะพบว่าชิ้นงานเกิดการฉีกขาด เนื่องจากแรงกดชิ้นงาน (Blank holder force) มากเกินไป ทำให้ชิ้นงานเกิดการแตกหรือฉีกขาด เมื่อแรงกดชิ้นงานเพิ่มสูงขึ้น

ความสามารถของการไหลตัวของโลหะเข้าสู่ช่อง Die จึงเป็นไปได้น้อย เนื่องจากชิ้นงานเกิดการไหลตัวยาก จากการบีบอัดของแผ่นกดเหยียบ

2) ผลการทดลองชิ้นงานลากขึ้นรูป ใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางธรรมชาติ

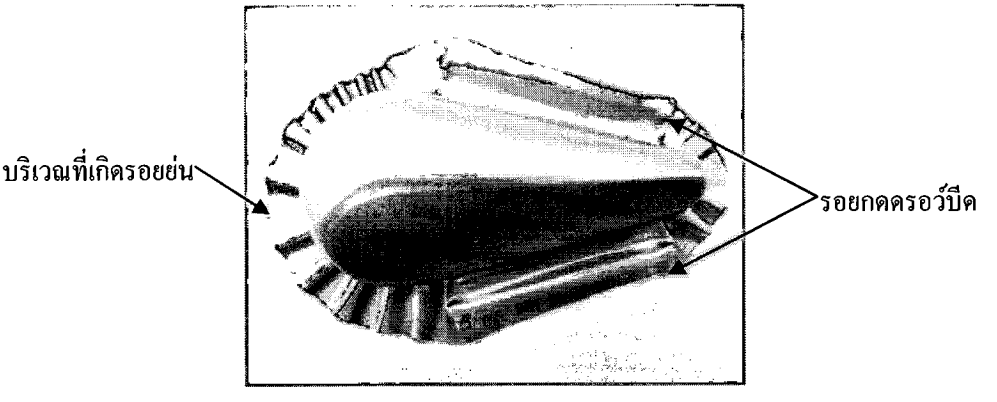
- แรงกดชิ้นงาน 30 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ชิ้นงานใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางธรรมชาติ แรงกดชิ้นงาน 30 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.13 จะพบว่าชิ้นงานเกิดรอยย่นบริเวณขอบปีกชิ้นงาน มีความถี่ของรอยย่นมาก เกิดขึ้นเนื่องจากแรงกดชิ้นงาน (Blank holder force) น้อยเกินไป และทำให้โลหะไหลเข้าสู่ช่อง Die มากเกินไป ซึ่งสังเกตพบจะเกิดบริเวณที่ไม่มีการควบคุมการไหลตัวด้วยดรอว์บีดนั้นเอง

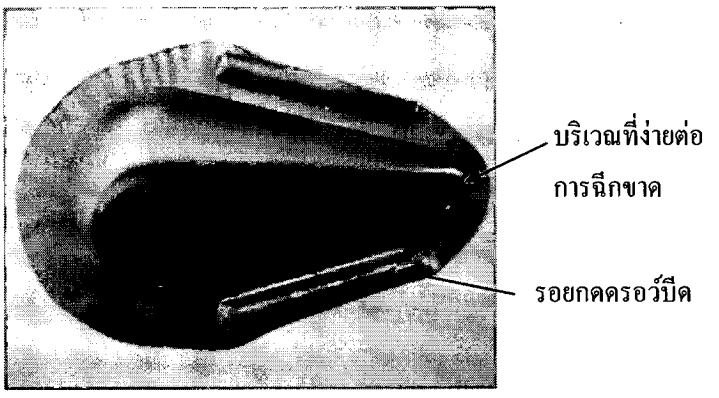
- แรงกดชิ้นงาน 50 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ชิ้นงานใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางธรรมชาติ แรงกดชิ้นงาน 50 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.14 จะพบว่าชิ้นงานเกิดรอยย่นบริเวณขอบปีกชิ้นงานน้อยลง เนื่องจากแรงกดชิ้นงาน (Blank holder force) เพิ่มขึ้น และทำให้โลหะไหลเข้าสู่ช่อง Die ดีขึ้น ในการใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางธรรมชาติ ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูปนั้น ไม่เพียงพอต่อการกดขึ้นรูปจึงทำให้ชิ้นงานเกิดการย่นบริเวณขอบปีกชิ้นงาน

- แรงกดชิ้นงาน 70 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 4.15

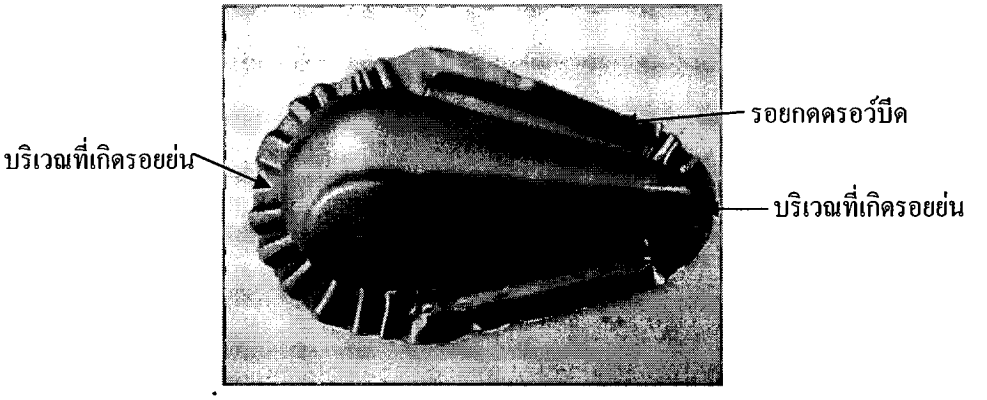


รูปที่ 4.15 ชิ้นงานใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางธรรมชาติ แรงกดชิ้นงาน 70 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.15 จะพบว่าบริเวณขอบปีกของชิ้นงานไม่เกิดรอยย่น เนื่องจากใช้แรงกดเพียงพอสำหรับการขึ้นรูป เมื่อแรงกดชิ้นงานสูงขึ้นจะควบคุมการไหลตัวของโลหะเข้าสู่ช่อง Die ได้ดี ทำให้ชิ้นงานออกมาไม่เกิดรอยย่นบริเวณขอบปีกชิ้นงานและผนังชิ้นงาน

2) ผลการทดลองชิ้นงานลากขึ้นรูป ใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางสังเคราะห์

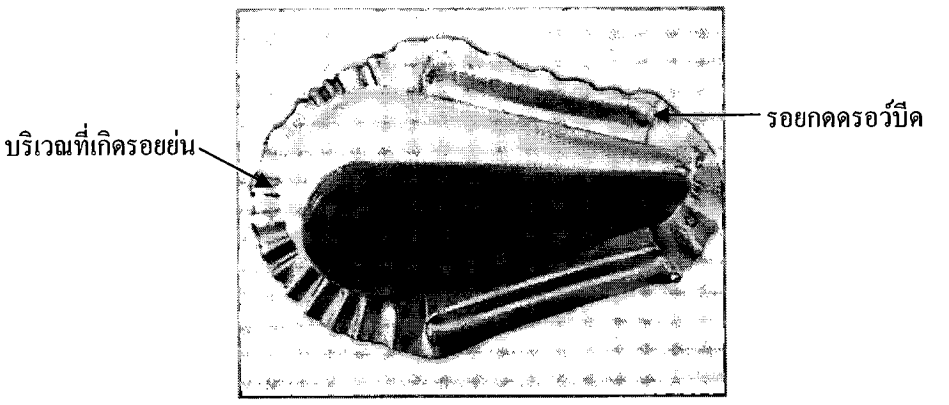
- แรงกดชิ้นงาน 30 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ชิ้นงานใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางสังเคราะห์ แรงกดชิ้นงาน 30 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.16 จะพบว่าชิ้นงานเกิดรอยย่นบริเวณขอบปีกชิ้นงานและผนังด้านข้าง มีความถี่ของรอยย่นเกิดขึ้นมาก เนื่องจากแรงกดชิ้นงาน (Blank holder force) น้อยเกินไป จึงทำให้โลหะไหลเข้าสู่ช่อง Die มาก บริเวณขอบปีกชิ้นงานแคบลง

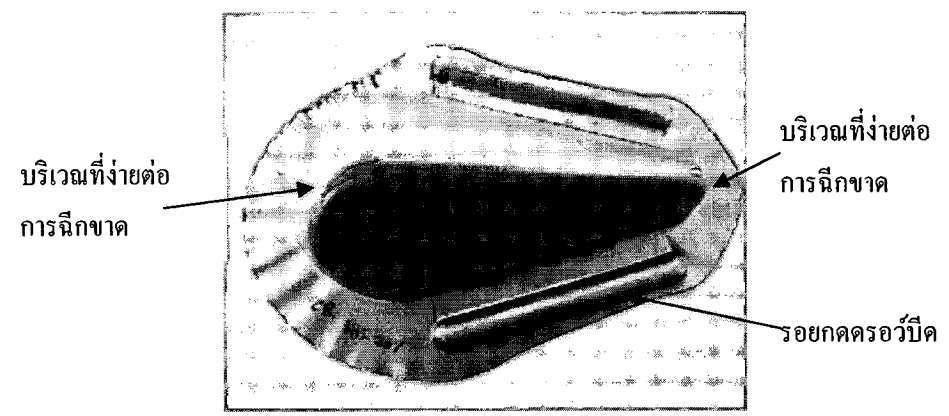
- แรงกดชิ้นงาน 50 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ชิ้นงานใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางสังเคราะห์ แรงกดชิ้นงาน 50 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.17 จะพบว่าชิ้นงานยังเกิดรอยย่นบริเวณขอบปีกชิ้นงานอยู่ แต่ที่ผนังด้านข้างไม่เกิดรอยย่น เนื่องจากแรงกดชิ้นงาน (Blank holder force) เพิ่มขึ้น และทำให้โลหะไหลเข้าสู่ช่อง Die ได้ดีขึ้น ในการใช้ดรอว์บีดเสริมแรงสังเคราะห์แรงกดที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูปนั้น ไม่เพียงพอต่อการกดขึ้นรูปจึงทำให้ชิ้นงานเกิดการย่นบริเวณขอบปีกชิ้นงาน

- แรงกดชิ้นงาน 70 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 4.18



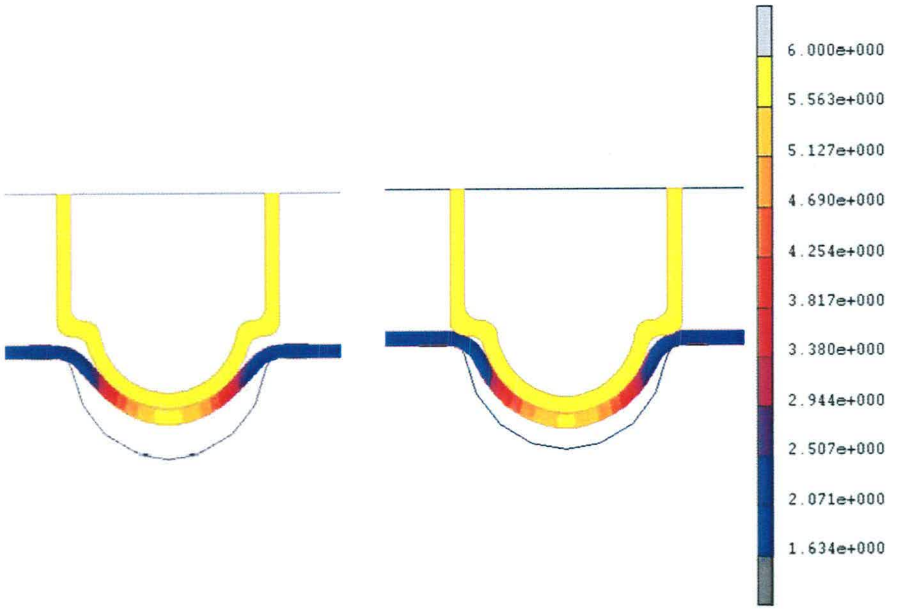
รูปที่ 4.18 ชิ้นงานใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางสังเคราะห์ แรงกดชิ้นงาน 70 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 4.18 จะพบว่าบริเวณขอบปีกของชิ้นงานและผนังด้านข้างไม่เกิดรอยย่น เนื่องจากใช้แรงกดเพียงพอสำหรับการขึ้นรูป เมื่อแรงกดชิ้นงานสูงขึ้นจะควบคุมการไหลตัวของโลหะเข้าสู่ช่อง Die ได้ดี ทำให้ชิ้นงานออกมาไม่เกิดรอยย่นบริเวณขอบปีกชิ้นงานและผนังด้านข้างขอบปีกชิ้นงานมีขนาดกว้างขึ้น ที่ระยะความลึกสุดของชิ้นงานจะมีผนังบางทำให้บริเวณนี้ง่ายต่อการฉีกขาดและตรงที่มีรัศมีในการดรอว์น้อย

4.1.3 ผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

4.1.3.1 ผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์โดยการใช้ดรอว์บิสโลหะ

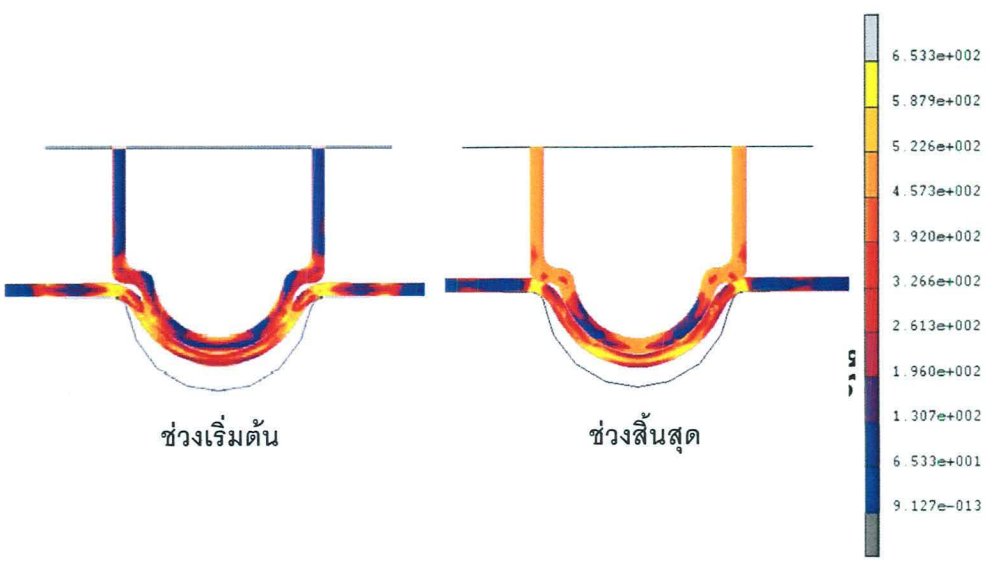
1) ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Displacement)



รูปที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของดรอว์บีสโลหะ โดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

จากรูปที่ 4.19 ผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของการลากขึ้นรูปโดยการใช้ดรอว์บิสโลหะ พบว่าเกิดการกระจายของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างสม่ำเสมอดีมาก ซึ่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างสูงสุดเท่ากับ 5.563 มม.

2) ผลการจำลองความเค้น (Stress)

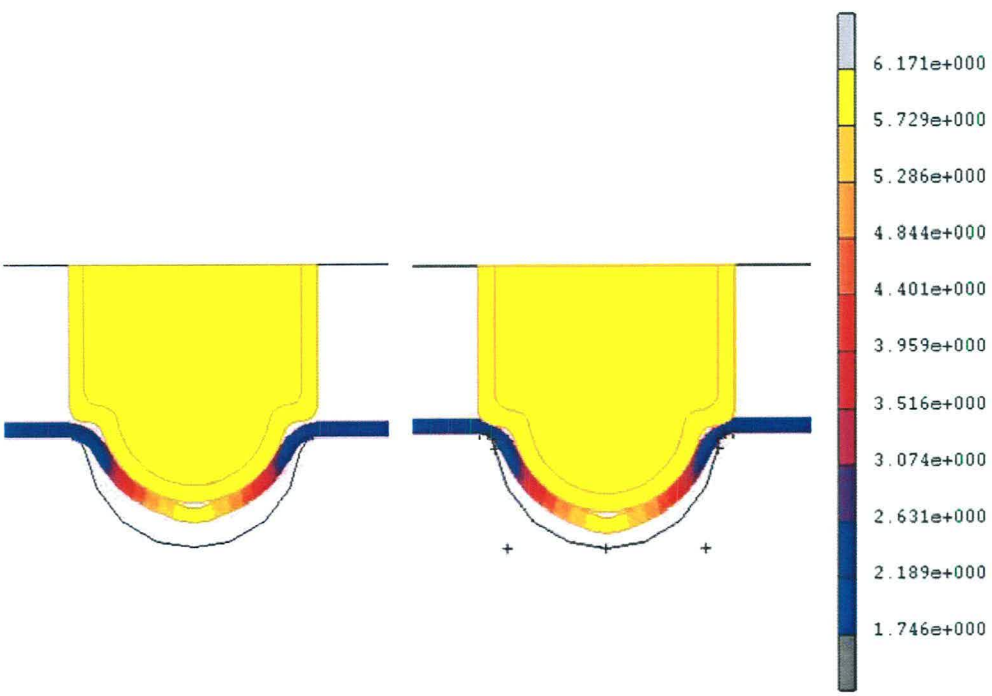


รูปที่ 4.20 การกระจายความเค้นของดรอว์บีสโลหะ โดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

จากรูปที่ 4.20 ผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของการลากขึ้นรูปโดยการใช้ดรอว์บิสโลหะ พบว่าเกิดความเค้นสองลักษณะ คือ ความเค้นอัด กับความเค้นดึง ซึ่งมีการกระจายของความเค้นตามส่วนโค้งของชิ้นงาน และพบว่าบริเวณส่วนโค้งที่เกิดการยืดตัวสูงสุด เป็นบริเวณที่มีค่าความเค้นสูงสุดเท่ากับ 5.879e+002 MPa

4.1.2 ผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์โดยการใช้ดรอว์บิสเสริมยางธรรมชาติ

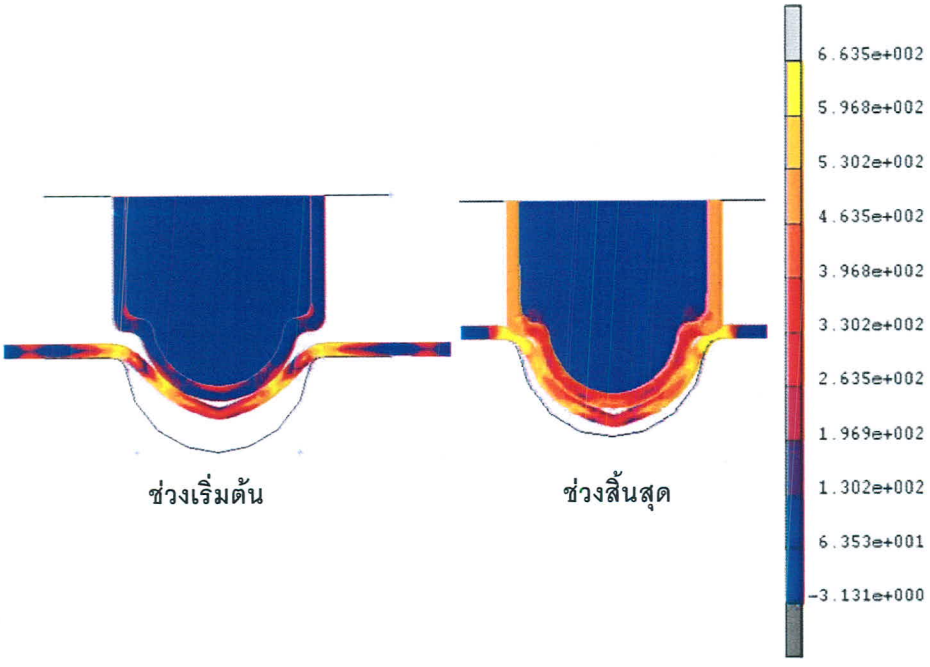
1) ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Displacement)



รูปที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของดรอว์บีสเสริมยางธรรมชาติ โดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

จากรูปที่ 4.21 ผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของการลากขึ้นรูปโดยการใช้ดรอว์บิสเสริมยางธรรมชาติ พบว่าเกิดการกระจายของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างสม่ำเสมอดีมาก และเกิดมากที่สุดบริเวณที่ดอร์บิสะกดลงต่ำสุด ซึ่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างสูงสุดเท่ากับ 5.729 มม.

2) ผลการจำลองความเค้น (Stress)

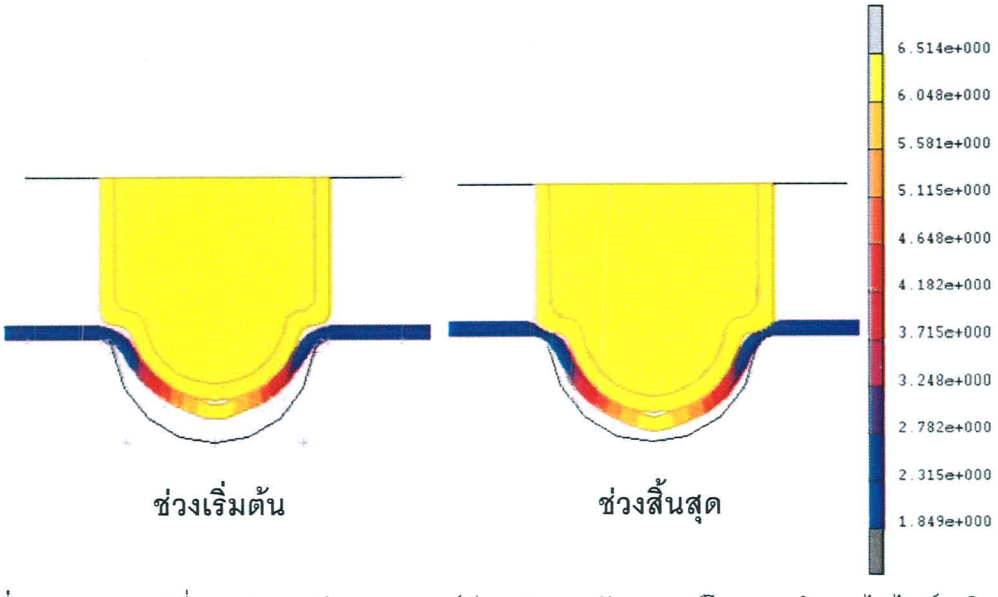


รูปที่ 4.22 การกระจายความเค้นของดรอว์บีดเสริมยางธรรมชาติ โดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

จากรูปที่ 4.22 ผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของการลากขึ้นรูปโดยการใช้ดรอว์บิสเสริมยางธรรมชาติ พบว่าเกิดความเค้นสองลักษณะ คือ ความเค้นอัด กับความเค้นดึง ซึ่งมีการกระจายของความเค้นตามส่วนโค้งของชิ้นงานตลอดแนวการกดของดอร์บิส และพบว่าบริเวณส่วนโค้งด้านบนที่เกิดการยืดตัวสูงสุด เป็นบริเวณที่มีค่าความเค้นสูงสุดเท่ากับ 5.968 e+002 MPa

4.1.3 ผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์โดยการใช้ดรอว์บิสเสริมยางสังเคราะห์

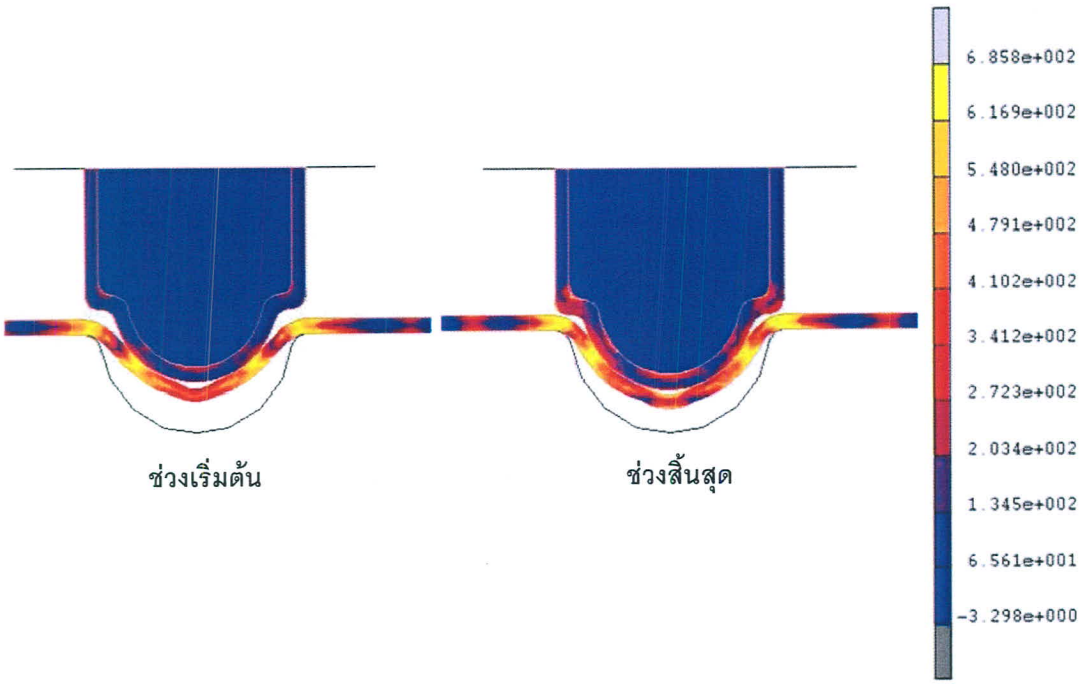
1) ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Displacement)



รูปที่ 4.23 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของดรอว์บีสเสริมยางสังเคราะห์โดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

จากรูปที่ 4.23 ผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของการลากขึ้นรูปโดยการใช้ดรอว์บิสเสริมยางสังเคราะห์ พบว่าเกิดการกระจายของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างสม่ำเสมอดีมาก และเกิดมากที่สุดบริเวณที่ดอร์บิสะกดลงต่ำสุด ซึ่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างสูงสุดเท่ากับ 6.048 มม.

2) ผลการจำลองความเค้น (Stress)



รูปที่ 4.24 การกระจายความเค้นของดรอว์บีดเสริมยางสังเคราะห์ โดยการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

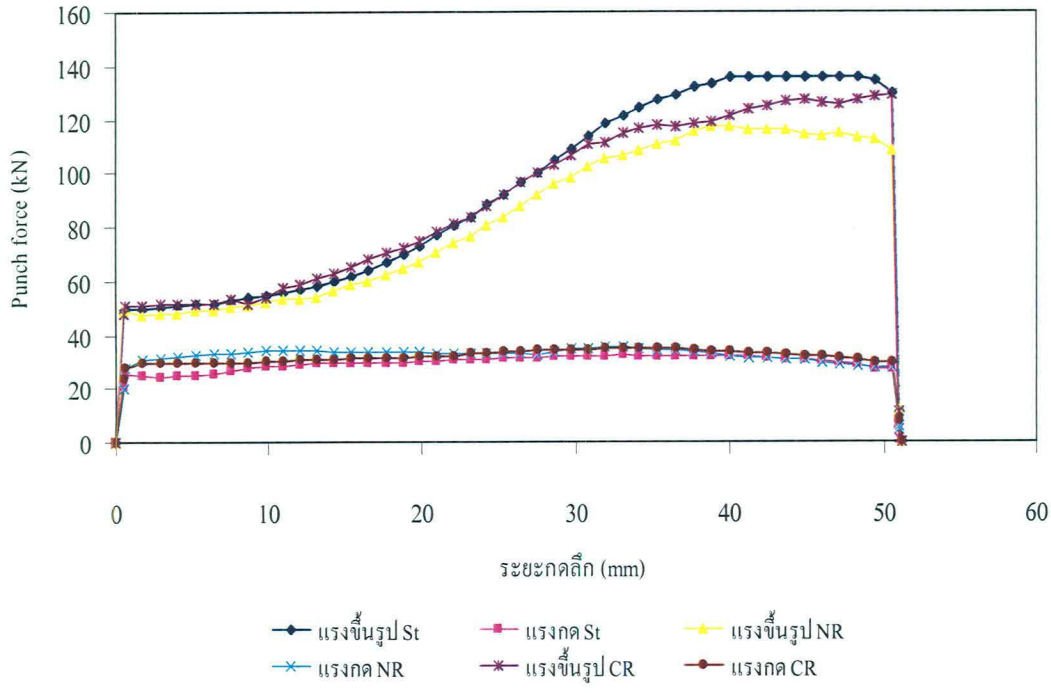
จากรูปที่ 4.24 ผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของการลากขึ้นรูปโดยการใช้ดรอว์บิสเสริมยางสังเคราะห์ พบว่าเกิดความเค้นสองลักษณะ คือ ความเค้นอัด กับความเค้นดึง ซึ่งมีการกระจายของความเค้นตามส่วนโค้งของชิ้นงาน แต่ไม่เกิดขึ้นตลอดตามแนวการกดของดอร์บิส และพบว่าบริเวณส่วนโค้งด้านบนที่เกิดการยืดตัวสูงสุด เป็นบริวเณที่มีค่าความเค้นสูงสุดเท่ากับ 6.169 e+002 MPa

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองในแต่ละตัวแปร นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์แรงขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด ที่ระดับแรงกดชิ้นงานต่างกัน 30% ,50% และ 70% วิเคราะห์ความเครียด (Strain) ในแนวความหนาที่เกิดขึ้นบนแผ่นโลหะในแต่ละจุดที่ตรวจวัด และวิเคราะห์คุณภาพผิวของชิ้นงานหลังการขึ้นรูป

4.2.1 วิเคราะห์แรงขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด ที่ระดับแรงกดชิ้นงานต่างกัน 30% ,50% และ 70%

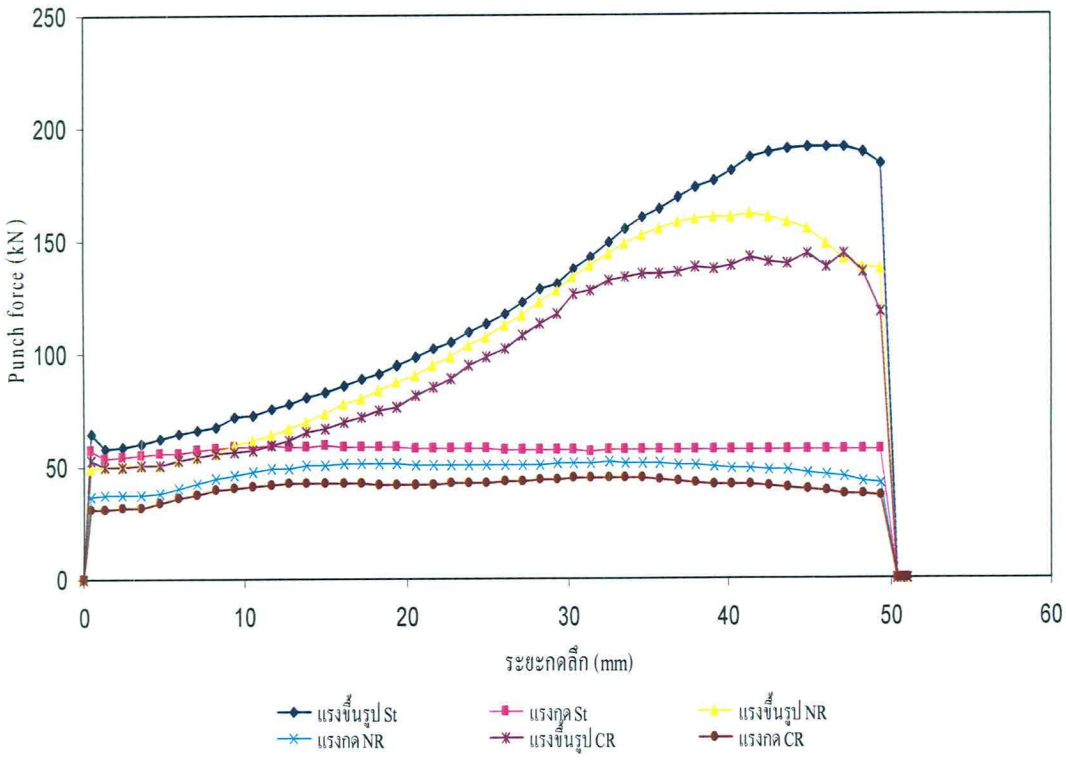
1) แรงขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด ที่แรงกดชิ้นงาน 30% ดังแสดงในรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงแรงขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด ที่แรงกด 30 %

จากรูปที่ 4.25 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงลากขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานต่อระยะกดลึก ในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด จะพบว่าแรงลากขึ้นรูปในการใช้ดรอว์บีดโลหะ (แรงขึ้นรูป St) มีระดับแรงสูงสุด 140 kN เพราะว่าเมื่อแรงกดชิ้นงานเพิ่มขึ้นดรอว์บีดที่เป็นโลหะไม่เกิดการยุบตัวแรงขึ้นรูปจึงมีค่าสูงทำให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูป รองลงมาเป็นการใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางสังเคราะห์ (แรงขึ้นรูปCR) เพราะว่าดรอว์บีดเสริมแรงยางสังเคราะห์ เกิดการยุบตัวน้อยกว่ายางธรรมชาติ มีระดับแรงขึ้นรูปต่ำสุดเนื่องจากมีการยุบตัวมากสุด แรงกดชิ้นงานของดรอว์บีดโลหะจะสูงสุด เมื่อเปลี่ยนมาใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางธรรมชาติ และดรอว์บีดเสริมแรงยางสังเคราะห์ แรงกดชิ้นงานมีระดับลดต่ำลงกว่าการใช้ดรอว์บีดโลหะและแรงขึ้นรูปก็ลงด้วย ทำให้ลดความเสียดทานผิวชิ้นงานที่สัมผัสกับแผ่นกดชิ้นงาน กับดาย ได้ แต่จะทำให้เกิดรอยย่นบริเวณขอบปีกชิ้นงานและผนังด้านข้าง

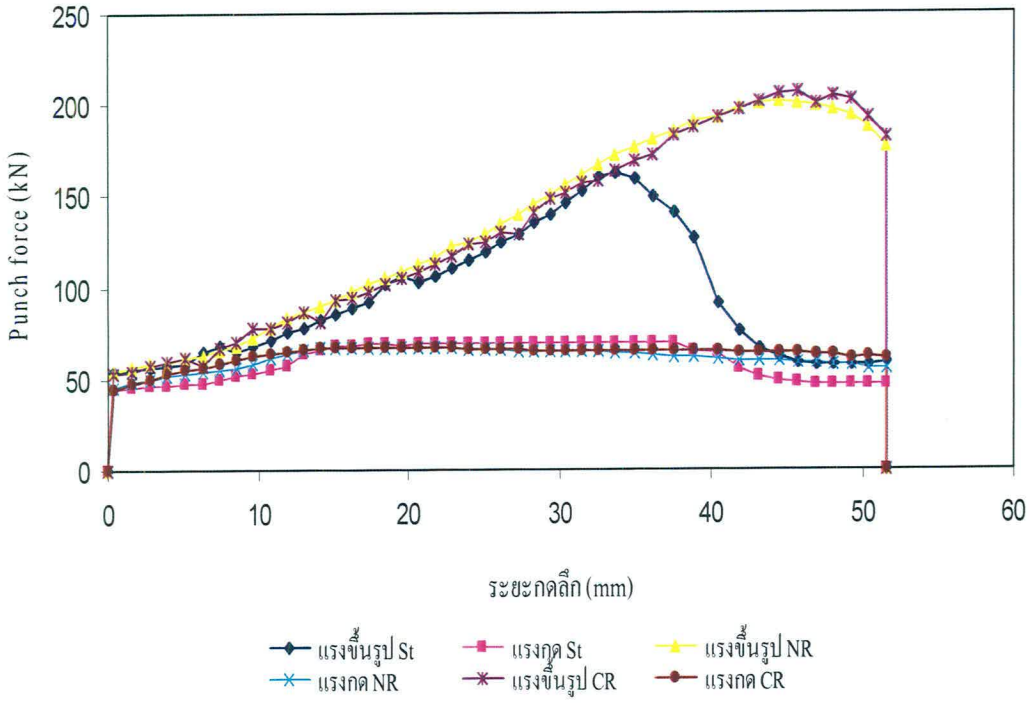
2) แรงขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด ที่แรงกดชิ้นงาน 50 % ดังแสดงในรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงแรงขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด ที่แรงกด 50 %

จากรูปที่ 4.26 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงลากขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานต่อระยะกดลึก ในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด จะพบว่าแรงลากขึ้นรูปในการใช้ดรอว์บีดโลหะ (แรงขึ้นรูป St) มีระดับแรงสูงสุด 193 kN เพราะว่าเมื่อแรงกดชิ้นงานเพิ่มขึ้นดรอว์บีดที่เป็นโลหะไม่เกิดการยุบตัวแรงขึ้นรูปจึงเพิ่มสูงขึ้นทำให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูป รองลงมาเป็นการใช้ดรอว์บีดเสริมแรงธรรมชาติ (แรงขึ้นรูป NR) เพราะว่าดรอว์บีดเสริมแรงยางธรรมชาติเกิดการยุบตัวน้อยกว่ายางสังเคราะห์ และดรอว์บีดเสริมแรงยางสังเคราะห์ (แรงขึ้นรูปCR) มีระดับแรงขึ้นรูปต่ำสุดเนื่องจากมีการยุบตัวมากสุด แรงกดชิ้นงานของดรอว์บีดโลหะจะสูงสุด เมื่อเปลี่ยนมาใช้ดรอว์บีดเสริมแรงธรรมชาติ และดรอว์บีดเสริมแรงยางสังเคราะห์ แรงกดชิ้นงานมีระดับลดต่ำลงกว่าการใช้ดรอว์บีดโลหะและแรงขึ้นรูปก็ลงด้วย ทำให้ลดความเสียดทานผิวชิ้นงานที่สัมผัสกับแผ่นกดชิ้นงาน (Blank holder force) กับดาย (Die) ได้ แต่จะทำให้เกิดรอยย่นบริเวณขอบปีกชิ้นงาน

3) แรงขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด ที่แรงกดชิ้นงาน 70 % ดังแสดงในรูปที่ 4.27

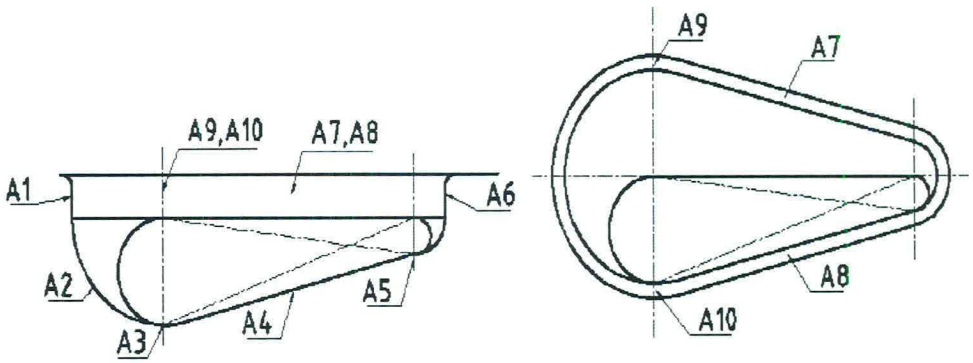


รูปที่ 4.27 กราฟแสดงแรงขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด ที่แรงกด 70 %

จากรูปที่ 4.27 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงลากขึ้นรูปและแรงกดชิ้นงานต่อระยะกดลึก ในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด จะพบว่าแรงลากขึ้นรูปในการใช้ดรอว์บีดโลหะ (แรงขึ้นรูป St) ขึ้นสูงที่ 162 kN ที่ระยะความลึก 34 mm. แล้วชิ้นงานเกิดการฉีกขาด เพราะว่าปริมาณแรงกดชิ้นงาน ที่สูงกดลงที่ดรอว์บีดทำให้โลหะไม่สามารถไหลเข้าสู่ช่องดายได้ ทำให้เกิดความรุนแรงของการเปลี่ยนรูปวัสดุที่จุดนี้ สำหรับดรอว์บีดโลหะไม่เหมาะกับการใช้แรงกดที่สูง เมื่อเปลี่ยนมาใช้ดรอว์บีดเสริมแรงธรรมชาติ จะเห็นได้ว่ากราฟแรงขึ้นรูป (แรงขึ้นรูป NR) ขึ้นสูงถึง 200.1 kN ชิ้นงานไม่เกิดการฉีกขาด เพราะว่าเกิดการยุบตัวของเนื้อยาง ทำให้ใช้ได้กับแรงกดที่สูง และดรอว์บีดเสริมแรงยางสังเคราะห์แรงในการลากขึ้นรูปมีระดับต่างกันเล็กน้อยกับดรอว์บีดเสริมแรงยางธรรมชาติ และแรงกดชิ้นงานมีความราบเรียบ แสดงว่าการไหลตัวของโลหะเป็นไปได้อย่างสม่ำเสมอ

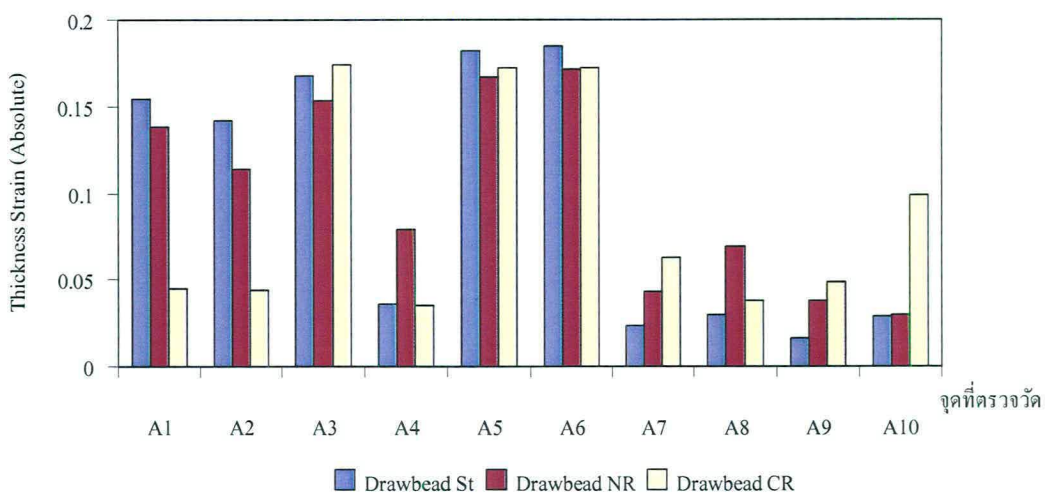
4.2.2 วิเคราะห์ความเครียดแนวความหนา (Thickness strain) ของชิ้นงานในแต่ละจุดของการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด ที่ระดับแรงกดชิ้นงานต่างกัน 30% ,50% และ 70%

บริเวณจุดที่ตรวจวัดความเครียดบนชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 บริเวณจุดที่ตรวจวัดความเครียดบนชิ้นงาน [9]

1) ค่าความเครียดชิ้นงานแต่ละจุดในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด ที่แรงกดชิ้นงาน 30 % ดังแสดงในรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงความเครียดแนวความหนาชิ้นงานในแต่ล่ะจุด ที่แรงกด 30 %

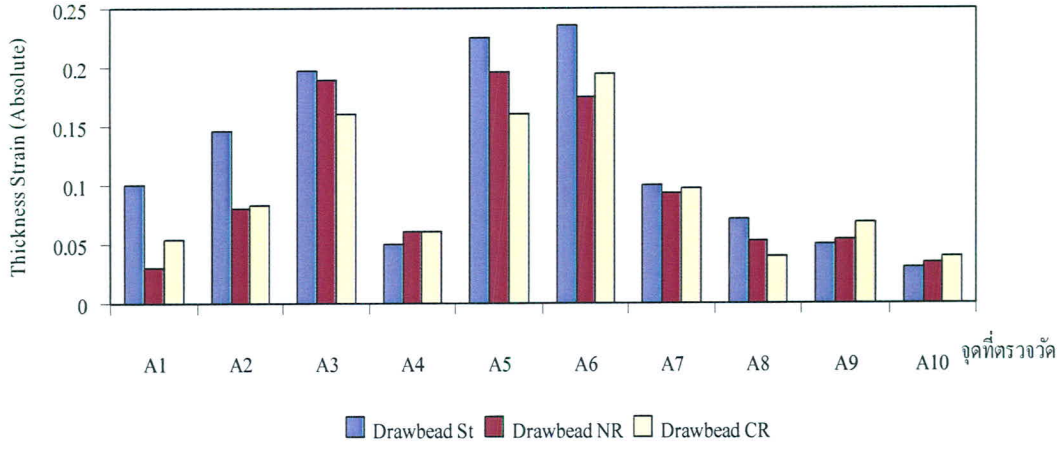
จากรูปที่ 4.29 เป็นกราฟแสดงความเครียด จากความหนาของชิ้นงานที่เปลี่ยนแปลงในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด ที่แรงกดชิ้นงาน 30 เปอร์เซ็นต์ จะพบว่าระดับความเครียดในแต่ละจุดมีระดับที่แตกต่างกัน ที่จุด A6 มีความรุนแรงความเครียดสูงสุด ซึ่งเป็นพื้นที่จุดวิกฤติ เนื่องจากมีรัศมีในการดรอว์น้อย จึงทำให้ชิ้นงานง่ายต่อการฉีกขาดบริเวณนี้ ในการใช้ดรอว์บีดโลหะที่จุด A1 , A2 , A3 และ A5 จะมีความเครียดที่เกิดขึ้นสูงกว่าใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยาง เพราะว่าชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดโลหะกดจะมีผนังบางทำให้เกิดความเครียดมากกว่าใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยาง บริเวณจุด A7 , A8 , A9 และA10 ความเครียดเกิดขึ้นน้อยมาก เพราะว่าเป็นบริเวณขอบปีกชิ้นงาน ที่จุด A4 เป็นจุดศูนย์กลางชิ้นงานเมื่อแรงกดชิ้นงานน้อยทำให้โลหะไหลเข้าไปสู่จุดนั้นทำให้บริเวณนั้นมีความหนาที่เปลี่ยนแปลงน้อย ความเครียดจึงเกิดขึ้นน้อย

จากผลการทดลองเปรียบเทียบความเครียดหนาชิ้นงานในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิดที่แรงกดชิ้นงาน 30 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบความเครียดในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิดที่แรงกดชิ้นงาน 30 %

ชนิดดรอว์บีด	บริเวณจุดที่เกิดความเครียดสูงสุด	ค่าความเครียดสูงสุด
ดรอว์บีดโลหะ	A6	0.185
ดรอว์บีดเสริมแรงยางธรรมชาติ	A6	0.171
ดรอว์บีดเสริมแรงยางสังเคราะห์	A5 , A6	0.172

2) ค่าความเครียดชิ้นงานแต่ละจุดในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด ที่แรงกดชิ้นงาน 50 % ดังแสดงในรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงความเครียดแนวความหนาชิ้นงานในแต่ล่ะจุด ที่แรงกด 50 %

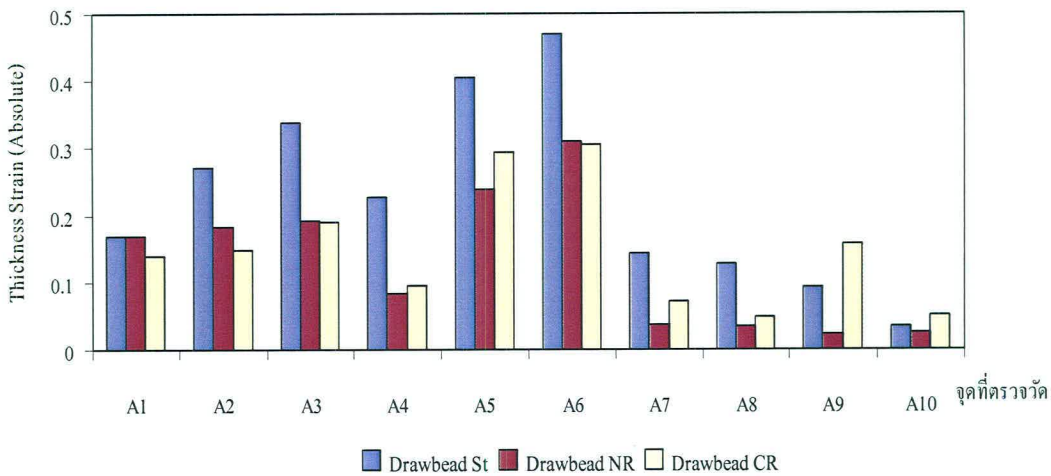
จากรูปที่ 4.30 เป็นกราฟแสดงความเครียด จากความหนาของชิ้นงานที่เปลี่ยนแปลงในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด ที่แรงกดชิ้นงาน 50 เปอร์เซ็นต์ จะพบว่าระดับความเครียดในแต่ละจุดมีระดับที่แตกต่างกัน ที่จุด A6 มีความรุนแรงความเครียดสูงสุด ซึ่งเป็นพื้นที่จุดวิกฤติ เนื่องจากมีรัศมีในการดรอว์น้อย จึงทำให้ชิ้นงานฉีกขาดบริเวณนี้ ในการใช้ดรอว์บีดโลหะที่จุด A1 , A2 , A3 , A5 , A6 , A7 , และ A8 จะมีความเครียดที่เกิดขึ้นสูงกว่าใช้ดรอว์บีดชนิดอื่น เพราะว่าเมื่อแรงกดชิ้นงานที่สูงขึ้นดรอว์บีดโลหะควบคุมการไหลตัวของชิ้นงานเข้าไปในดาย ทำให้ชิ้นงานมีผนังบาง ความเครียดเลยเกิดขึ้นมากกว่าดรอว์บีดชนิดอื่น เมื่อเปลี่ยนมาใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางธรรมชาติและดรอว์บีดเสริมแรงยางสังเคราะห์ พบว่าความเครียดยังมีระดับใกล้เคียงกับการใช้แรงกดชิ้นงานที่ 30 เปอร์เซ็นต์อยู่ บริเวณจุด A7 , A8 , A9 และA10 ความเครียดเกิดขึ้นน้อยมาก เพราะว่าเป็นบริเวณขอบปีกชิ้นงาน ที่จุด A4 เป็นจุดศูนย์กลางชิ้นงานเมื่อแรงกดชิ้นงานน้อยทำให้โลหะไหลเข้าไปสู่จุดนั้น ทำให้บริเวณนั้นมีความหนาที่เปลี่ยนแปลงน้อย ความเครียดจึงเกิดขึ้นน้อย

จากผลการทดลองเปรียบเทียบความเครียดหนาชิ้นงานในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิดที่แรงกดชิ้นงาน 50 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางเปรียบเทียบความเครียดในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิดที่แรงกดชิ้นงาน 50 %

ชนิดดรอว์บีด	บริเวณจุดที่เกิดความเครียดสูงสุด	ค่าความเครียดสูงสุด
ดรอว์บีดโลหะ	A6	0.236
ดรอว์บีดเสริมแรงยางธรรมชาติ	A5	0.196
ดรอว์บีดเสริมแรงยางสังเคราะห์	A6	0.195

3) ค่าความเครียดชิ้นงานแต่ละจุดในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด ที่แรงกดชิ้นงาน 70 % ดังแสดงในรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 กราฟแสดงความเครียดแนวความหนาชิ้นงานในแต่ล่ะจุด ที่แรงกด 70 %

จากรูปที่ 4.31 เป็นกราฟแสดงความเครียด จากความหนาของชิ้นงานที่เปลี่ยนแปลงในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด ที่แรงกดชิ้นงาน 70 เปอร์เซ็นต์ จะพบว่าระดับความเครียดในแต่ละจุดมีระดับที่แตกต่างกัน เมื่อแรงกดชิ้นงานเพิ่มสูงขึ้นทำให้ความสามารถการไหลตัวของโลหะลดลง เพราะเกิดการขึ้นรูปแบบดึงยืด ทำให้ความหนาผนังของชิ้นงานลดลง ที่จุด A6 มีความรุนแรงความเครียดสูงสุด ซึ่งเป็นพื้นที่จุดวิกฤติ เนื่องจากมีรัศมีในการดรอว์น้อย จึงทำให้ชิ้นงานฉีกขาดบริเวณนี้ ในการใช้ดรอว์บีดโลหะจะพบความรุนแรงความเครียดที่จุด A1 ถึง A8 สูงกว่าดรอว์บีดชนิดอื่น และจุดตรวจ A9 และ A10 จะเห็นว่าความเครียดสูงเป็นของการใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางสังเคราะห์

จากผลการทดลองเปรียบเทียบความเครียดหนาชิ้นงานในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิดที่แรงกดชิ้นงาน 70 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางเปรียบเทียบความเครียดในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิดที่แรงกดชิ้นงาน 70 %

ชนิดดรอว์บีด	บริเวณจุดที่เกิดความเครียดสูงสุด	ค่าความเครียดสูงสุด
ดรอว์บีดโลหะ	A6	0.469
ดรอว์บีดเสริมแรงยางธรรมชาติ	A6	0.311
ดรอว์บีดเสริมแรงยางสังเคราะห์	A6	0.306

4.2.3 วิเคราะห์คุณภาพชิ้นงานหลังการขึ้นรูป

1) คุณภาพชิ้นงานในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด ที่แรงกดชิ้นงาน 30 เปอร์เซ็นต์

ชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูป ที่แรงกดชิ้นงาน 30 เปอร์เซ็นต์ของแรงลากขึ้นรูป ในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด จะพบว่าชิ้นงานเกิดรอยย่นที่บริเวณขอบปีกชิ้นงานและตรงผนังด้านข้างเล็กน้อยความถี่ของการย่นมีมาก และขนาดความหนาของชิ้นงานมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ทำให้ความเครียดที่เกิดขึ้นในชิ้นงาน จากรูปที่ 4.29 จะเห็นได้ว่าความความเครียดของชิ้นงานมีค่าน้อย เนื่องจากมีแรงกดชิ้นงานต่ำ ในการใช้ดรอว์บีดโลหะ ดรอว์บีดเสริมแรงยางธรรมชาติ และดรอว์บีดเสริมแรงยางสังเคราะห์ ชิ้นงานที่ได้มีคุณภาพผิวชิ้นงานและรอยย่นใกล้เคียงกัน

2) คุณภาพชิ้นงานในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด ที่แรงกดชิ้นงาน 50 เปอร์เซ็นต์

ชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูป ที่แรงกดชิ้นงาน 50 เปอร์เซ็นต์ของแรงลากขึ้นรูป ในการใช้ดรอว์บีดโลหะ พบว่าชิ้นงานไม่เกิดรอยย่นที่ผนังชิ้นงานและขอบปีกชิ้นงาน เนื่องจากแรงกดชิ้นงานมีความเหมาะสมกับการขึ้นรูป แต่ที่ระยะลึดสุดของชิ้นงานบริเวณนี้จะมีขนาดความหนาลดลงที่จุด A3 จากรูปที่ 2.30 จะเห็นได้ว่ามีค่าความเครียดเกิดขึ้นสูง และตรงที่ชิ้นงานมีรัศมีในการดรอว์น้อย ที่จุด A5 และ A6 จะทำให้ชิ้นงานง่ายต่อการฉีกขาดบริเวณนี้ แต่ในขณะที่ใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางนั้น พบว่าชิ้นงานเกิดรอยย่นที่ขอบปีกชิ้นงาน ความถี่การเกิดรอยย่นลดลง และไม่เกิดการฉีกขาด ความเครียดที่เกิดขึ้นจะมีค่าน้อยกว่าการใช้ดรอว์บีดโลหะ ในการใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ ชิ้นงานที่ได้มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน

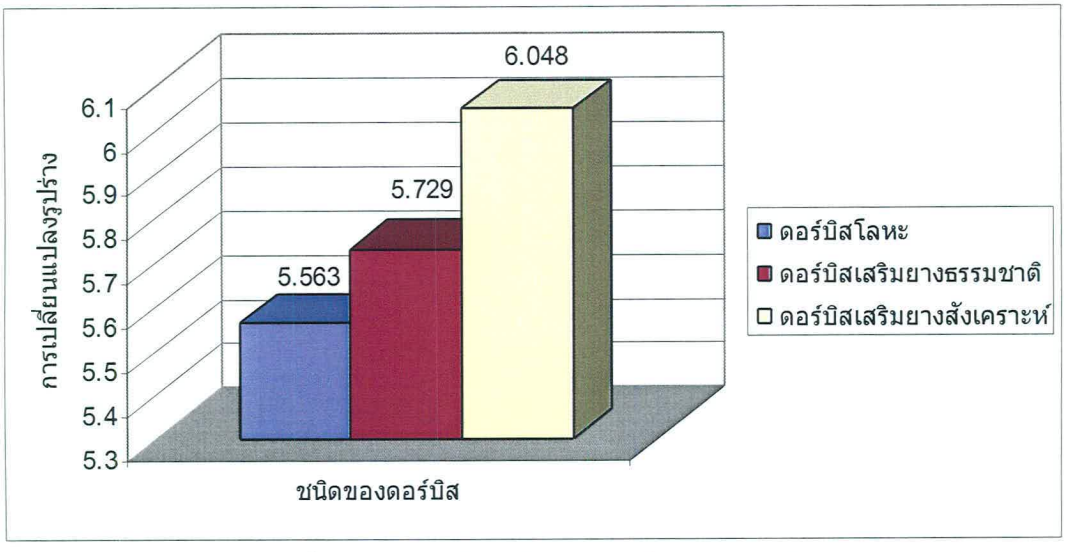
3) คุณภาพชิ้นงานในการใช้ดรอว์บีดแต่ละชนิด ที่แรงกดชิ้นงาน 70 เปอร์เซ็นต์

ชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูป ที่แรงกดชิ้นงาน 70 เปอร์เซ็นต์ของแรงลากขึ้นรูป ในการใช้ดรอว์บีดโลหะ พบว่าชิ้นงานเกิดการฉีกขาดบริเวณก้นถ้วยชิ้นงาน เพราะว่าปริมาณแรงกดชิ้นงานที่สูงกดลงที่ดรอว์บีดทำให้โลหะไม่สามารถไหลเข้าสู่ช่องดายได้ ทำให้เกิดความรุนแรงของการเปลี่ยนรูปวัสดุ เกิดความเค้นสูงสุดทำให้ชิ้นงานเกิดความเสียหาย จากรูปที่ 4.31 จะเห็นได้ว่าในการใช้ดรอว์บีดโลหะจะมีค่าความเครียดสูงสุด แต่ในขณะที่ใช้ดรอว์บีดเสริมแรงยางนั้น พบว่าชิ้นงานไม่เกิดรอยย่นที่ขอบปีกและผนังชิ้นงาน ที่ระยะลึดสุดของชิ้นงานบริเวณนี้จะมีขนาดความหนาลดลง ที่จุด A3 จากรูปที่ 4.31 จะเห็นได้ว่ามีค่าความเครียดเกิดขึ้นสูงกว่าการใช้ดรอว์บีดชนิดอื่น และตรงที่ชิ้นงานมีรัศมีในการดรอว์น้อย ที่จุด A5 และ A6 เกิดความเครียดสูงสุด จะทำให้ชิ้นงานง่ายต่อการฉีกขาดบริเวณนี้

4.2.4 การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

4.2.4.1 วิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง

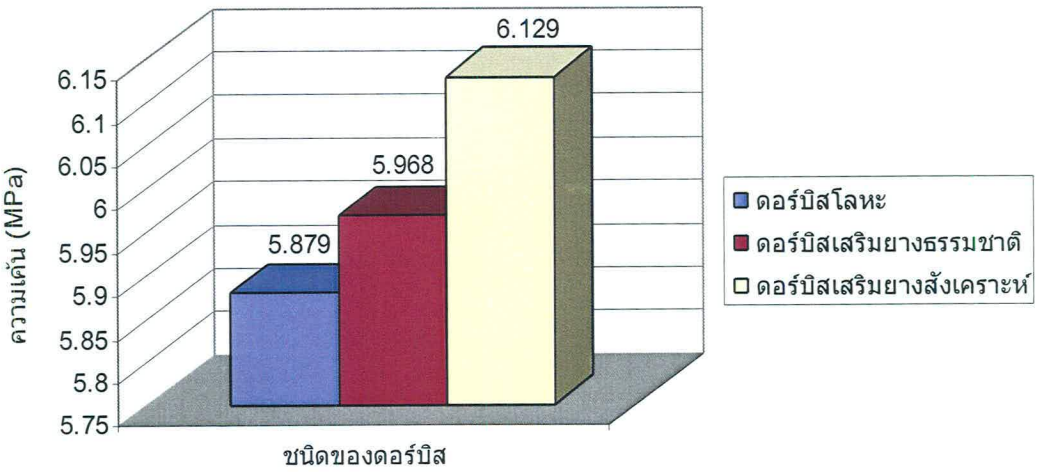
จากรูปที่ 4.32 พบว่าอิทธิพลของการเสริมยางในดอร์บิสส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของชิ้นงานอย่างชัดเจน ซึ่งดอร์บิสเสริมยางสังเคราะห์ได้ช่วยในการขึ้นรูปชิ้นงานได้ดีกว่าดอร์บิสโลหะ และดอร์บิสเสริมยางธรรมชาติ นั้นแสดงว่าการยืดตัวของชิ้นงานเกิดขึ้นสูง แต่อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์พบว่าการแปลี่ยนแปลงรูปร่างโดยรวมของชิ้นงานค่อนข้างสม่ำเสอ และมีค่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างใกล้เคียงกันของการขึ้นรูปด้วยดอร์บิสทั้งสามชนิด



รูปที่ 4.32 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง

4.2.4.2 วิเคราะห์ผลการกระจายความเค้น

จากรูปที่ 4.33 พบว่าอิทธิพลของการเสริมยางในดอร์บิสส่งผลโดยตรงต่อความเค้นในชิ้นงานอย่างชัดเจน ซึ่งดอร์บิสเสริมยางสังเคราะห์ได้ช่วยในการขึ้นรูปชิ้นงานได้ดีกว่าดอร์บิสโลหะ และดอร์บิสเสริมยางธรรมชาติ นั้นแสดงว่าการยืดตัวของชิ้นงานเกิดขึ้นสูง บริเวณส่วนนี้จึงเกิดความเค้นสูงสุด แต่อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์พบว่าความเค้นโดยรวมบนชิ้นงานเกิดขึ้นบริเวณส่วนโค้งด้านล่าง ซึ่งเกิดความเค้นแรงดึงสูงกว่าความเค้นแรงอัด และมีค่าความเค้นใกล้เคียงกันของการขึ้นรูปด้วยดอร์บิสทั้งสามชนิด



รูปที่ 4.33 การเปรียบเทียบความเค้น

4.2.4.3 วิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบผลการทดลอง

ได้มีการทดลองเปรียบเทียบกับการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ ดังรูปที่ 4.26 พบว่าจากผลการทดลองสอดคล้องกับผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยพบว่าดอร์บิสเสริมยางสังเคราะห์ใช้แรงในการขึ้นรูปน้อย ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของชิ้นงานได้ง่าย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างชิ้นงานได้สูงสุด รองลงมากเป็นดอร์บิสเสริมยางธรรมชาติ และดอร์บิสโลหะตามลำดับ