



การศึกษาอิทธิพลรูปร่างของดรอว์บีตในการลากขึ้นรูปโลหะแผ่นโดยวิธีการ วิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์

Effect Study of Drawbead Shape in Deep Draw Process using Finite Element Method

สุริยา ประสมทอง^{1*} ศิริชัย ต่อสกุล²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110

E-mail: Suriya_tea12@hotmail.com*

บทคัดย่อ

ปัญหาการลากขึ้นรูปที่พบบ่อยมากคือ เกิดการฉีกขาดและการเกิดรอยย่นสาเหตุเกิดจากแรงกดของแบงด์โฮลเดอร์ ถ้าแรงกดมากเกินไปอาจทำให้เกิดการฉีกขาดของวัสดุและถ้าแรงกดน้อยเกินไปทำให้เกิดรอยย่นของวัสดุ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงมีการหาวิธีการควบคุมการไหลตัวของโลหะโดยใช้ดรอว์บีตมาช่วยควบคุมการไหลตัวของวัสดุ สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ดรอว์บีตที่มีรูปร่าง แบบครึ่งวงกลม และดรอว์บีตแบบสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า โดยมีตัวแปรที่ศึกษา คือ รูปร่างของดรอว์บีต อิทธิพลของแรงกดแบงด์โฮลเดอร์ และชนิดของวัสดุ ที่มีผลกระทบต่อการควบคุมการไหลของโลหะแผ่นที่ไหลเข้าสู่ช่องเปิดตาย ในการลากขึ้นรูปโดยใช้รูปทรงของดรอว์บีตที่แตกต่างกันและแรงกดแบงด์โฮลเดอร์ที่แตกต่างกันแล้วนำมาเปรียบเทียบกับผลการจำลองด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ จากการเปรียบเทียบผลพบว่าแรงกดขึ้นงานแบงด์โฮลเดอร์ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ดรอว์บีตแบบครึ่งวงกลม กับดรอว์บีตแบบสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่าพบว่าดรอว์บีตแบบครึ่งวงกลม วัสดุสามารถไหลตัวได้ดีกว่าแบบสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า โดยวัดจากความหนาที่เปลี่ยนไปของวัสดุแต่ละจุดที่ทำการวัดซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการจำลองด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จากผลการทดลองจึงสรุปได้ว่าการขึ้นรูปควรเลือกใช้ดรอว์บีตรูปทรงหน้าตัดแบบครึ่งวงกลมที่แรงกดขึ้นงาน 50 เปอร์เซ็นต์ ผลการเปลี่ยนรูปร่างสุดท้ายของวัสดุจากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สอดคล้องกับรูปร่างจริง ซึ่งผลการทดลองและวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่าการประยุกต์ใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถทำนายและหาแนวทางการแก้ไขรูปทรงของดรอว์บีตในการลากขึ้นรูปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำหลัก ไฟไนต์เอลิเมนต์/การขึ้นรูปโลหะแผ่น/แม่พิมพ์/การย่น

1. บทนำ

ดรอว์บีตที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในงานอุตสาหกรรมการขึ้นรูปโลหะแผ่นมีหลายลักษณะเช่น เป็นแบบสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า (Angular-bead), ดรอว์บีตแบบครึ่งวงกลม (Round Drawbead) , ซึ่งสิ่งที่มีผลต่อการควบคุมการไหลของโลหะแผ่นของดรอว์บีต คือ รูปร่างของดรอว์บีต ความเสียดทานระหว่างผิวของดรอว์บีตกับโลหะแผ่น ความเร็วในการดึงขึ้นรูปและคุณสมบัติด้านแอนไอโซโทรปิก (Anisotropy)

จากที่ได้กล่าวมาแล้วนี้จึงได้จัดทำโครงการวิจัยขึ้นเพื่อศึกษาผลกระทบจากดรอว์บีตในการควบคุมการไหลของโลหะแผ่น โดยวิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM) เพื่อมุ่งเน้นการประยุกต์รูปร่างของดรอว์บีต[1] โดยการทดลองทำการเปรียบเทียบดรอว์บีต แบบครึ่งวงกลม (Round bead) และ ดรอว์บีตแบบสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า (Angular-bead) ที่มีผลต่อการไหลตัวของโลหะในการลากขึ้นรูปโลหะแผ่นโดยวิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อศึกษาผลการวิเคราะห์กับผลการทดลองซึ่งจะสามารถช่วยลดเวลาในการทดลองแม่พิมพ์เพื่อการผลิตจริงต่อไปเกี่ยวข้องกับหลัก SPCE และเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานต่อไป

2. ลักษณะของชิ้นงาน

2.1 การออกแบบชิ้นงาน

การออกแบบชิ้นงานซึ่งประกอบไปด้วยการขึ้นรูปหลายรูปแบบทั้งการดัดงอการดึงการกดอัดขึ้นงานจะมีรัศมีของปลายทั้งสองด้านไม่เท่ากันคือมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 37.5 มม. เส้นศูนย์กลาง 25 มม. [2] จัดวางอยู่ในแนวเดียวกันมีระยะเท่ากับ 105 มม. และเงื่อนไขข้างเป็นแนวยาวตลอดหลักการออกแบบชิ้นงานทำการคำนวณแรงในการขึ้นรูปของวัสดุเหล็กเกรด SPCE มีความหนา 1 มม. ในการตรวจสอบความเป็นไปได้ในการขึ้นรูปโลหะสำหรับชิ้นส่วนที่ออกแบบสามารถใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีศักยภาพคือ Finite Element Method (FEM) โดยใช้โปรแกรม Dynaform ในการวิเคราะห์เพื่อช่วยในการตรวจสอบการขึ้น

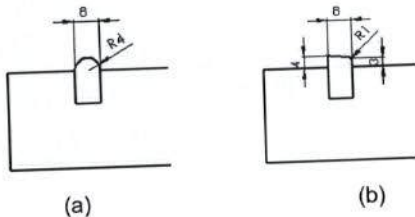
รูปโลหะ ซึ่งในบทความนี้ได้มีการออกแบบชิ้นงานดังแสดงรูปที่ 1



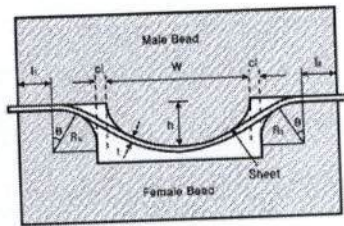
รูปที่ 1 ลักษณะชิ้นงาน

2.2 กำหนดปัจจัยในการทดสอบ

1. ดรอว์บีด



รูปที่ 2 (a) ดรอว์บีดแบบครึ่งวงกลม (Round bead)
(b) ดรอว์บีดแบบสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า (Angular-bead)



รูปที่ 3 ภาพตัดดรอว์บีดแบบครึ่งวงกลมขณะขึ้นรูป

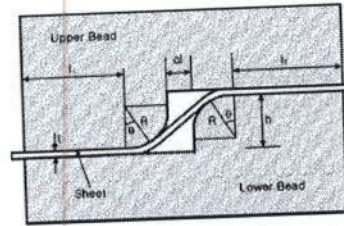
จากรูปที่ 3 สามารถคำนวณแรงในการควบคุมการไหลตัวของวัสดุได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$F_e = \frac{16Ew\delta t^3}{(2R_s + W + 2cl)^3} \quad (1)$$

แต่

$$\delta = \min \left(h, 2(2R+t) \frac{RY_p}{tE} \right) \quad (2)$$

F_e คือ แรงในการขึ้นรูปโลหะ, δ คือ แรงในการควบคุมการไหลตัวของโลหะ, E ค่ามอดูลัส, Y_p คือ Yield stress, w ความกว้างของแผ่นโลหะ, t คือความหนาของวัสดุ, W ความกว้างของดรอว์บีด, h คือ ความสูงของดรอว์บีด, R คือรัศมีของดรอว์บีด, Cl คือ Clearance ระหว่างดรอว์บีดกับวัสดุ

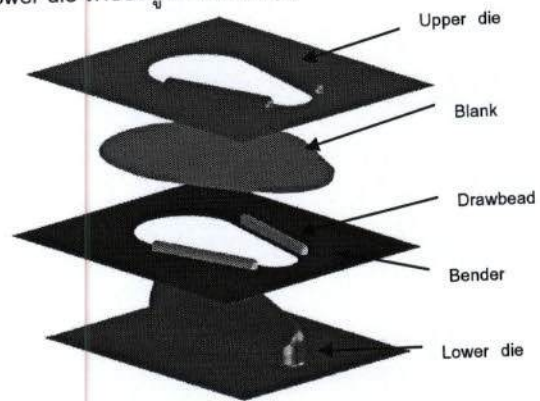


รูปที่ 4 ภาพตัดดรอว์บีดแบบสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า
จากรูปที่ 4 สามารถคำนวณแรงในการควบคุมการไหลตัวของวัสดุได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$F_e = \frac{16Ew\delta t^3}{(4R_s + 2cl)^3} \quad (3)$$

2.3 ลักษณะและตำแหน่งของแม่พิมพ์

CAD ชุดแม่พิมพ์ จากชิ้นงานแสดงดังรูปที่ 1 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การขึ้นรูปโลหะ โดยที่แม่พิมพ์จะจัดวางแบบการขึ้นรูป 4 ชุด upper die อยู่ด้านบน ถัดมาเป็น Blank size, Drawbead, Binder และ Lower die อยู่ด้านล่าง ตามลำดับ ซึ่งชุด Lower die จะไม่เคลื่อนที่ตลอดการทำงาน ในการทำงานชุด Upper die จะเคลื่อนที่ลงมากดกับ Binder และ Lower die เพื่อขึ้นรูปตามลำดับ[3]



รูปที่ 4 ชุดแม่พิมพ์

3. คุณสมบัติทางกลของวัสดุ

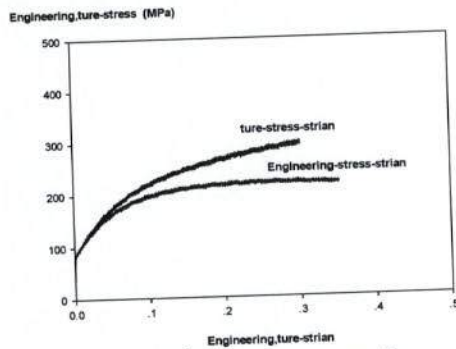
สำหรับวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูป คือ เหล็กกรีดเย็นเกรด SPCE ความหนา 1 มม. แล้วนำมาหาข้อมูลมาตรฐานของ Flow Curve จึงต้องใช้เครื่องทดสอบหาคุณสมบัติของวัสดุ โดยวิธีการดึง (uniaxial tensile test) และคำนวณหาค่า True stress และ True strain ออกมา โดยใช้ความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$\sigma = s(1+e) \quad (4)$$

$$\epsilon = \ln(1+e)$$



โดยที่ σ คือ True stress, s คือ Engineering stress, ϵ คือ True strain และ e คือ Engineering strain



รูปที่ 5 Flow Curve ของวัสดุ

ซึ่งข้อมูลจาก Flow curve สามารถแทนด้วยความสัมพันธ์ด้วยกฎยกกำลังดังนี้

$$\sigma = K\epsilon^n \quad (5)$$

โดยที่ K คือ Strength coefficient และ n คือ Hardening exponent จากการใช้ Regression Analysis จะได้ค่า $K = 319.29$ MPa และ $n = 0.22$ นอกจากนี้ทำการทดสอบค่าอัตราส่วนความเครียดถาวร (R-value หรือ Plastic Strain Ratio, R) โดยกำหนดให้

$$R = \frac{\epsilon_w}{\epsilon_t} \quad (6)$$

โดยที่ ϵ_w คือ Width Strain และ ϵ_t คือ Thickness strain ตารางที่ 1 ตารางแสดงคุณสมบัติทางกลของวัสดุ

วัสดุ	σ_y (MPa)	K (MPa)	n	r_0	r_{45}	r_{90}
SPCE	290	319	0.215	2.04	1.78	2.258

จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ย r_{av} เพื่อหาค่า Anisotropy ดังต่อไปนี้

$$r_{av} = \frac{r_0 + r_{45} + r_{90}}{4} \quad (7)$$

โดยที่ r_{av} คือ ค่าเฉลี่ยของ R-value ; r_0, r_{45}, r_{90} คือ ค่า R-value ที่วัดได้ตามแนว 0, 45, 90 องศา ตามแนวรีของโลหะแผ่นตามลำดับซึ่งสำหรับวัสดุนี้มีค่า r_{av} เป็น 1.52

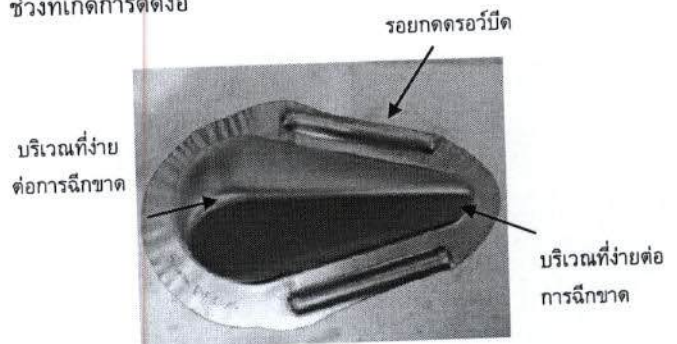
4.การดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน วัสดุชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง เป็นเหล็กกล้ารีดเย็นเกรด SPCE ความหนา 1 มม. โดยสร้างโครงตาข่ายด้วยไฟฟ้า (Electro chemical marking) จึงตัด

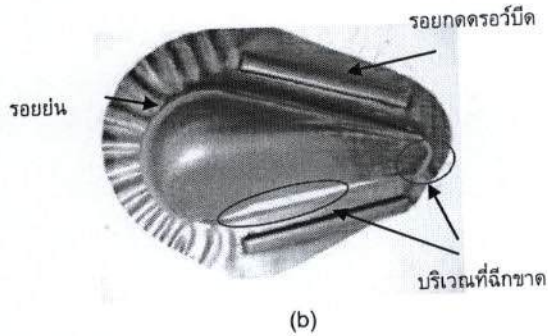
แผ่นเปล่าที่ได้จากการคำนวณโดยประมาณค่าขนาด 220x160x1 มม. ทดลองโดยภายใต้สภาวะต่าง ๆ ที่เหมือนกันได้แก่ ช่องว่าง (Clearance) ระหว่างพื้นที่กับด้ายสารหล่อลื่น (Lubricant) แรงขึ้นรูป (Drawing force) และกำหนดอัตราส่วนการลากขึ้นรูป (Drawing ratio : β) เท่ากับ 2.0 ทำการลากขึ้นรูปด้วยเครื่องปั๊มไฮดรอลิกขนาดแรงดันสูงสุด 80 ตัน จะสามารถทดสอบการขึ้นรูปลึกในชนิดของดรอว์บีต ทั้ง 2 แบบ คือ (1) ดรอว์บีตแบบครึ่งวงกลม (Round-bead) (2) ดรอว์บีตแบบสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า (Angular-bead) และ แรงกดของแบบลึงค์โฮลเดอร์ (Blank holder) ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 52.42 KN ซึ่งทดสอบ 5 ชิ้น ในแต่ละเงื่อนไขของการทดลอง แล้วทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของโครงตาข่ายแบบวงกลม (Circles grid pattern) และวัดขนาดความเปลี่ยนแปลงเพื่อหาความเครียดของแต่ละจุดที่กำหนด

5.ผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่าความสัมพันธ์ของแรงกดขึ้นงานจากการคำนวณได้เท่ากับ 52.42 KN แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปลึกมีความแตกต่างกันเนื่องจากรูปทรงของการขึ้นรูปกับรูปร่างของดรอว์บีตซึ่งการเปลี่ยนรูปบริเวณหน้าตัดพื้นที่ที่ไม่สมมาตรส่งผลทำให้การไหลตัวของแผ่นงานเข้าสู่ด้ายเป็นไปได้อาจจะต้องใช้แรงในการขึ้นรูปสูงขึ้นมีแนวโน้มทำให้แผ่นงานเกิดการฉีกขาดตามขอบรัศมีด้ายและตามจุดวิกฤตต่าง ๆ เป็นไปได้สูงด้วย [2] สาเหตุของความเค้นในแนวแกนการยึดตัวของวัสดุมากกว่าจุดคราก (yields) อย่างไรก็ดีตามแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปกับแรงกดขึ้นงานจะเป็นไปตามชนิดของดรอว์บีตความแตกต่างของแรงกดขึ้นรูปลึกขึ้นงานจะแปรผันตามแรงกดขึ้นงานเป็นไปตามชนิดของดรอว์บีตแรงที่เกิดขึ้นงานจะเพิ่มสูงขึ้นเป็นแรงขึ้นรูปซึ่งเป็นช่วงที่เกิดการดัดงอ



(a)

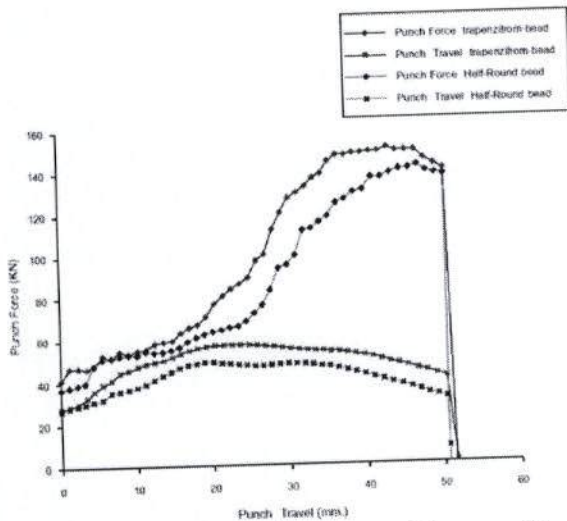


รูปที่ 5 แรงกดขึ้นงาน 50 เปอร์เซ็นต์

(a) ตรอว์บีตแบบครึ่งวงกลม (Round-bead)

(b) ตรอว์บีตแบบสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า (Angular-bead)

จากรูปที่ 6 ความต้องการของแรงกดขึ้นงานของตรอว์บีตแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันกล่าวคือ ในการลากขึ้นรูป และแรงกดขึ้นงานต่อระยะกดลึกของขึ้นงานด้วยตรอว์บีตแบบครึ่งวงกลม (Round-bead) จะเห็นได้ว่าแรงในการลากขึ้นรูปจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเพื่อให้เพียงพอสำหรับการขึ้นรูป ต่อระยะความลึกของขึ้นงาน



รูปที่ 6 แรงขึ้นรูปและแรงกดขึ้นงาน 50 เปอร์เซ็นต์ของตรอว์บีต

แรงลากขึ้นรูปสูงสุด 149.03 kN ที่ระยะความลึก 46.02 mm. โดยที่แรงกดขึ้นงาน (Blank holder force) 50 เปอร์เซ็นต์ ของแรงลากขึ้นรูป แรงกดขึ้นงานมีความราบเรียบ แสดงว่าการไหลตัวของโลหะเป็นไปได้อย่างสม่ำเสมอ แต่ขึ้นงานที่ได้จะมีรอยย่นส่วนบนของขึ้นงาน ลักษณะดังรูปที่ 5 (a) แต่ในขณะเดียวกันในการลากขึ้นรูป และแรงกดขึ้นงานต่อระยะกดลึกของขึ้นงานด้วยตรอว์บีตแบบสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า (Angular-bead) จะเห็นได้ว่าแรงใน

การลากขึ้นรูปจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แรงของระยะความลึก 43.08 mm. การลากขึ้นรูปสูงสุดที่ระดับ 150.58 kN อย่างสม่ำเสมอโดยที่แรงกดขึ้นงาน(Blank holder force) อยู่ที่ประมาณ 57 kN แล้วจึงลดลง จากกราฟแสดงให้เห็นว่าการไหลตัวของเนื้อโลหะเข้าสู่ช่อง DIE มีการไหลตัวที่ไม่ดีทำให้เกิดรอยย่นที่ขอบด้านบนและล่างของตัวขึ้นงานและทำให้ขึ้นงานเกิดการฉีกขาดที่ขอบของขึ้นงานดังรูปที่ 5 (b)

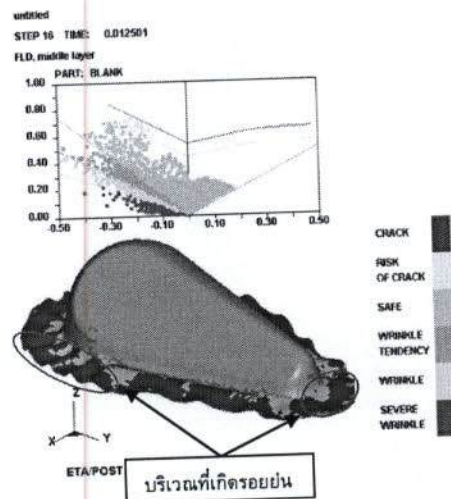
6. แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของการขึ้นรูป

การสร้างแบบจำลองเริ่มต้นจากการสร้างแบบจำลองตาข่าย (Mesh Model) เพื่อการแบ่งเอลิเมนต์ (Elements) ของแม่พิมพ์แต่ละชุดและแบลงค์ โดย Mesh ของ Die, Binder, Punch และ Blank ถูกสร้างในโปรแกรม Dynaform [4] ถูกนำมาประมวลผลด้วย Explicit Nonlinear FEM โดยใช้โปรแกรม Dynaform 5.6 เพื่อประเมินความสามารถในการขึ้นรูปในแต่ละแบบได้อย่างสม่ำเสมอ การคำนวณทั้งหมดทำบน PC workstation ที่มีตัวประมวลผล Intel Core i3 2.26 GHz และ RAM ที่ 4 GB โดยใช้เวลาคำนวณแต่ละแบบประมาณ 2 ชั่วโมง

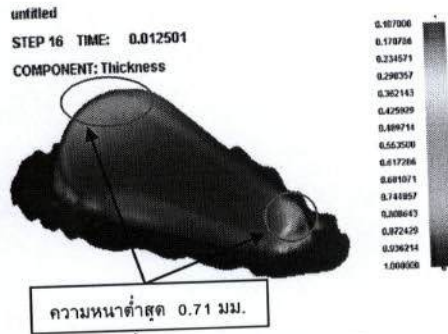
6.1 ตรอว์บีตแบบครึ่งวงกลม (Round-bead)

จากรูปที่ 13 จะเห็นว่าขึ้นงานจากการขึ้นรูป มีรอยย่นเกิดขึ้นมากบริเวณปีกด้านบนและด้านปลายทั้ง 2 ด้านซึ่งแสดงเป็นสีม่วงและวงไว้ ขึ้นงานนี้มีความหนาต่ำสุดอยู่ที่ 0.71 มม. โดยเกิดบริเวณจุดบนสุดของขึ้นงาน แสดงในรูปที่

14



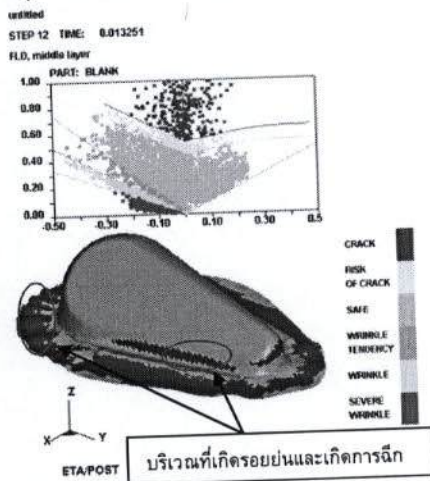
รูปที่ 13 ผลการวิเคราะห์ FLD



รูปที่ 14 การกระจายความหนา

6.2 ดรรชนีแบบสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า (Angular-bead)

จากรูปที่ 15 จะเห็นว่าชิ้นงานจากการขึ้นรูป มีรอยย่นเกิดขึ้นบริเวณปีกด้านบนซึ่งแสดงเป็นสีม่วงและวงไว้ และชิ้นงานเกิดการฉีกขาดบริเวณด้านข้างของชิ้นงานและชิ้นงานนี้มีความหนาต่ำสุดอยู่ที่ 0.4 มม. โดยเกิดบริเวณจุดด้านข้างของชิ้นงาน แสดงในรูปที่ 16 สาเหตุเกิดจากหน้าสัมผัสของชิ้นงานกับหน้าสัมผัสของดรรชนีมีมากเกินไปทำให้การไหลตัวของวัสดุเป็นไปได้อย่างทำให้ชิ้นงานเกิดการฉีกขาด



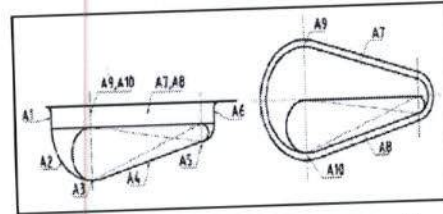
รูปที่ 15 ผลการวิเคราะห์ FLD



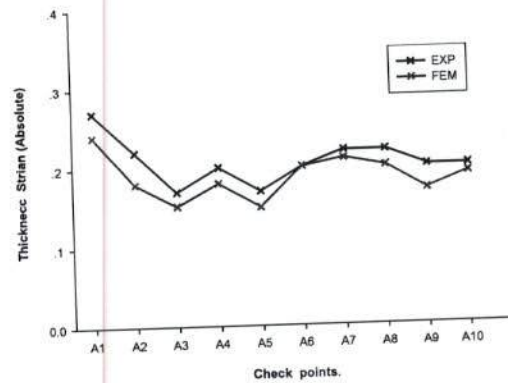
รูปที่ 16 การกระจายความหนา

7.ผลการวิเคราะห์และอภิปรายผล

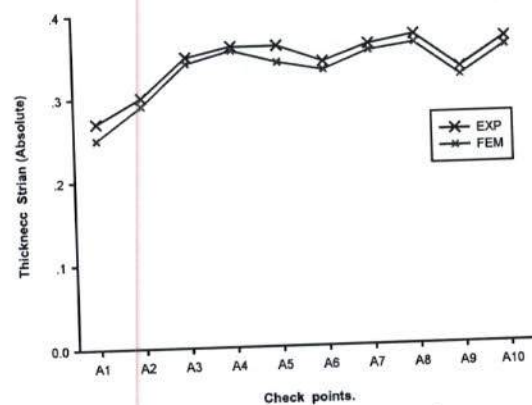
วิเคราะห์ความเครียดแนวความหนา (Thickness strain) ของชิ้นงานในแต่ละจุด ของการใช้ดรรชนีแต่ละชนิดที่ระดับแรงกดชิ้นงาน 50 เปอร์เซ็นต์บริเวณจุดที่ตรวจวัดความเครียดบนชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 17



รูปที่ 17 บริเวณจุดที่ตรวจวัดความเครียดบนชิ้นงาน



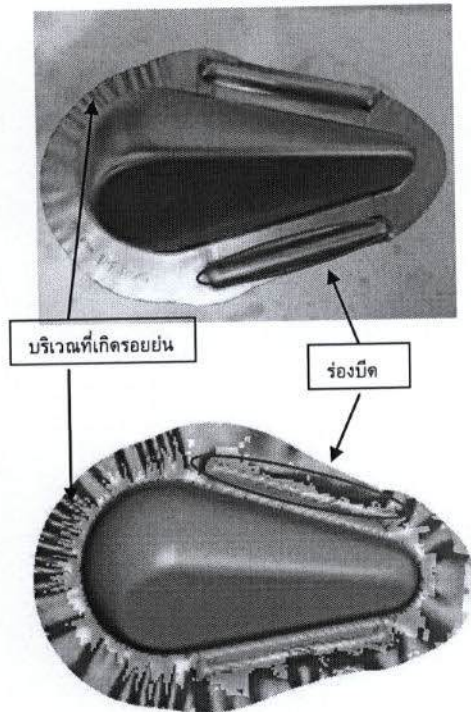
รูปที่ 18 กราฟแสดงความเครียดแนวความหนาชิ้นงานในแต่ละจุดที่แรงกดชิ้นงาน 50 % ของดรรชนีแบบครึ่งวงกลมเปรียบเทียบกับ FEM



รูปที่ 19 กราฟแสดงความเครียดแนวความหนาชิ้นงานในแต่ละจุดที่แรงกดชิ้นงาน 50 % ของดรรชนีแบบครึ่งวงกลมเปรียบเทียบกับ FEM

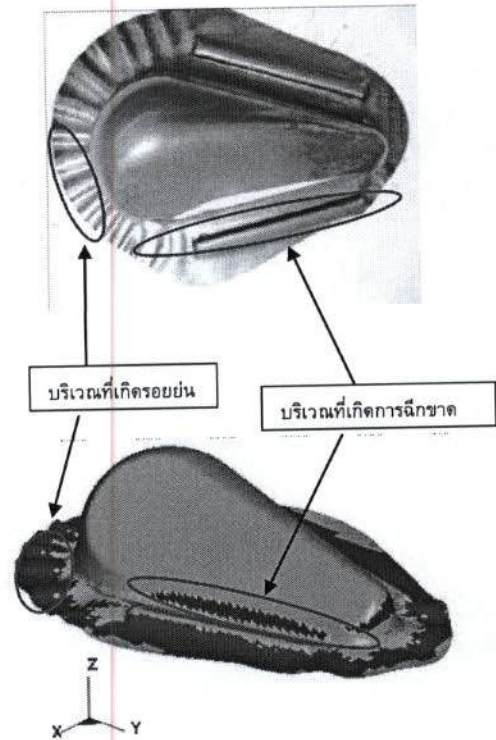
จุดที่แรงกดชิ้นงาน 50 % ของดรอว์บีดแบบสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า
เปรียบเทียบกับ FEM

จากรูปที่ 18 เป็นกราฟแสดงความเครียด จากความ
หนาของชิ้นงานที่เปลี่ยนแปลง ในการใช้ดรอว์บีดแบบครึ่ง
วงกลมเปรียบเทียบกับ FEM ที่แรงกดชิ้นงาน(Blank Holder
Force) 50 % จะพบว่าระดับความเครียดในแต่ละจุดมีระดับที่
แตกต่างกัน จะเห็นได้ว่าดรอว์บีดแบบหน้าตัดครึ่งวงกลม
(Round-bead) การไหลตัวของโลหะสม่ำเสมอที่สุดแต่ชิ้นงาน
จะเกิดรอยยับบริเวณขอบของชิ้นงานอยู่บ้าง ซึ่งมีความ
แตกต่างกับดรอว์บีดแบบสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า (Angular-
bead) มีความรุนแรงความเครียดสูงสุดที่จุด A10 , A8 ดังรูป
ที่ 19 จึงทำให้ชิ้นงานบริเวณนั้นเกิดการฉีกขาด และผลการ
ทดลองมีความสอดคล้องกับการจำลองด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์

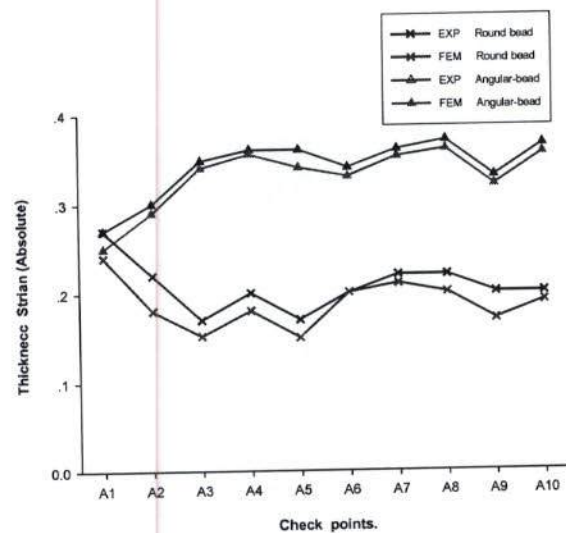


รูปที่ 20 การเปรียบเทียบการขึ้นรูปจริงกับการวิเคราะห์ด้วย
FEM ของดรอว์บีดแบบครึ่งวงกลม

ในการเปรียบเทียบการขึ้นรูปชิ้นงานจริงกับการจำลอง
ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ในแต่ละจุดที่เปรียบเทียบมีความ
สอดคล้องกันจากรูปที่ 20 และ 21



รูปที่ 21 การเปรียบเทียบการขึ้นรูปจริงกับการวิเคราะห์ด้วย
FEM ของดรอว์บีดแบบสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า



รูปที่ 21 การเปรียบเทียบการขึ้นรูปจริงกับการวิเคราะห์ด้วย
FEM ของดรอว์บีดแบบครึ่งวงกลมกับดรอว์บีดแบบสี่เหลี่ยมด้าน
ไม่เท่า



จากรูปที่ 21 แรงกดขึ้นงาน (Blank holder force) 50 เปอร์เซนต์ ดรอว์บีตรูปทรงแบบหน้าตัดครึ่งวงกลม (Round-bead) จะใช้แรงในการลากขึ้นรูปขึ้นงานที่ระดับ 142.15 kN เมื่อแรงกดขึ้นงานเพิ่มขึ้น แรงในการลากขึ้นรูปจึงเพิ่มสูงตาม ค่าความเครียด (Strain) สูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 0.27 ขึ้นงานเกิดรอยยับน้อยลง ใช้ดรอว์บีตแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยม ด้านไม่เท่า (Angular-bead) จะใช้แรงในการลากขึ้นรูปขึ้นงานที่ระดับ 150.38 kN เมื่อแรงกดขึ้นงานเพิ่มขึ้น แรงในการลากขึ้นรูปจึงเพิ่มสูงตาม ค่าความเครียด (Strain) สูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 0.36 ขึ้นงานเกิดรอยยับและเกิดการฉีกขาด

8.สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษารูปทรงของดรอว์บีตผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

8.1 ในการขึ้นรูปดรอว์บีตรูปทรงแบบหน้าตัดครึ่งวงกลม (Round-bead) โลหะสามารถไหลตัวได้ดีกว่าดรอว์บีตแบบสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า (Angular-bead) ที่แรงกดขึ้นงาน 50 เปอร์เซนต์เป็นแรงที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูป

8.2 ดรอว์บีตที่มีรูปทรงแตกต่างกันจึงต้องใช้ขนาดของแรงที่แตกต่างกันซึ่งการเปรียบเทียบทั้งสองแบบจะใช้แรงแตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งดรอว์บีตรูปทรงแบบหน้าตัดครึ่งวงกลมใช้แรงในการขึ้นรูปต่ำกว่าดรอว์บีตแบบสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า

8.3 การนำเอาวิธี FEM มาใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ผลกระทบของดรอว์บีตในกระบวนการลากขึ้นรูปซึ่งผลการทดลองและวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่าการประยุกต์ใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถทำนายและหาแนวทางการแก้ไขรูปทรงของดรอว์บีตในการลากขึ้นรูปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก แผนกวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Y.T.Keum "Expert drabead models for finite element analysis of sheet metal forming processes" Division of Mechanical Engineering ,Hanyang University,1999

- [2] บุญส่ง จงกลณี "การศึกษาอิทธิพลของดรอว์บีตในกระบวนการลากขึ้นรูปลึกขึ้นงานที่รูปทรงมาตรฐาน" มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี 2552
- [3] พร้อมพันธ์ เกิดสวัสดิ์ "การประยุกต์ใช้การทำแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อวิเคราะห์ข้อบกพร่องและลดเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์สำหรับงานขึ้นรูปโลหะแผ่น" มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี 2552
- [4] ETA, Dynaform: User's Manual Version 5.6, 2010.
- [5] กิตติภูมิ รัตนจันทร์ "ผลกระทบจากดรอว์บีตในการขึ้นรูปโลหะแผ่น" มหาวิทยาลัยพระจอมพระนครเหนือ 2542