บทที่ 4
ผลและวิเคราะห์การทดสอบ

ในการศึกษาความหนาของผนังชิ้นงานของกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานที่มีรูปทรงไม่สมมาตร วัสดุเกรด JIS: SPCC –SD ที่มีความหนา 1 มม. พอที่จะสรุปผลที่ได้ในขั้นตอนการทดลองที่มีหลายตัวแปรในการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดสอบอิทธิพลของรูปร่างแผ่นตัดเปล่า

4.2 ผลการทดสอบแรงกดที่ชิ้นงาน

4.3 ผลการทดสอบอิทธิพลของดรอว์บีด

4.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

4.1 ผลการทดสอบอิทธิผลของรูปร่างแผ่นตัดเปล่า

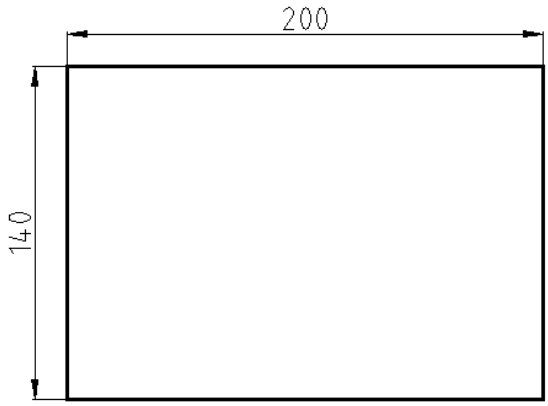
ในการทดสอบของการขึ้นรูปชิ้นงานที่มีรูปทรงไม่สมมาตร เริ่มจากการเตรียมวัสดุเหล็กแผ่นรีดเย็น SPCC – SD ความหนา 1 มม. ตัดตามขนาดที่กำหนดของแต่ละปัจจัยทดสอบ ดังภาพที่ 4.1, 4.4 และ 4.7 เมื่อได้ชิ้นงานแล้วนำแผ่นเปล่ามาทำความสะอาดก่อนจะวางบนแม่พิมพ์ บนเครื่องปั๊มไฮดรอลิกขนาดแรงดันสูงสุด 80 ตัน ซึ่งประกอบด้วย พั้นซ์ ดาย และแบลงก์โฮลเดอร์ แล้วนำแผ่นพลาสติก (Polyethylene) ความหนา 1 มม. ตัดขนาด 200 x 140 มม. วางบนแผ่นตัดเปล่าก่อนทำการปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน ซึ่งใช้เป็นสารหล่อลื่นในการขึ้นรูป เมื่อตั้งค่าระยะกดลึกของพันซ์และค่าของแรงกดชิ้นงาน แล้วการปั๊มชิ้นงาน โดยแรงกดชิ้นงาน (Blank Holder Force) เท่ากับ 49.69 kN ได้จากการคำนวณภาคผนวก ก (ก-2) แล้วบันทึกและวิเคราะห์ผลทดสอบ

ตารางที่ 4.1 ปัจจัยที่ใช้ควบคุมการขึ้นรูปชิ้นงานตามชนิดของแผ่นตัดเปล่า

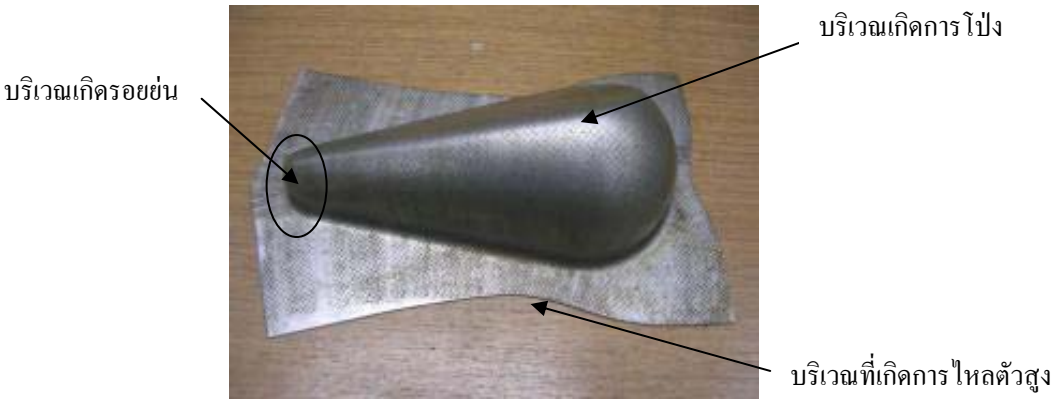
ปัจจัยควบคุม	ปัจจัยทดสอบ
สารหล่อลื่นแผ่นพลาสติกโพลีเอทธีลีน	แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้า
แรงกดชิ้นงาน (Blank Holder Force) = 49.69 kN	แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมชนิดบากมุม
ระยะกดลึกของพันซ์ = 52 มม.	แผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่า

4.1.1 แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้า

นำแผ่นวัสดุ SPCC-SD ตัดขนาด 200 x 140 มม. ดังแสดงในภาพที่ 4.1 ชิ้นงานสำเร็จหลังจากการขึ้นรูป ดังภาพแสดงในภาพที่ 4.2

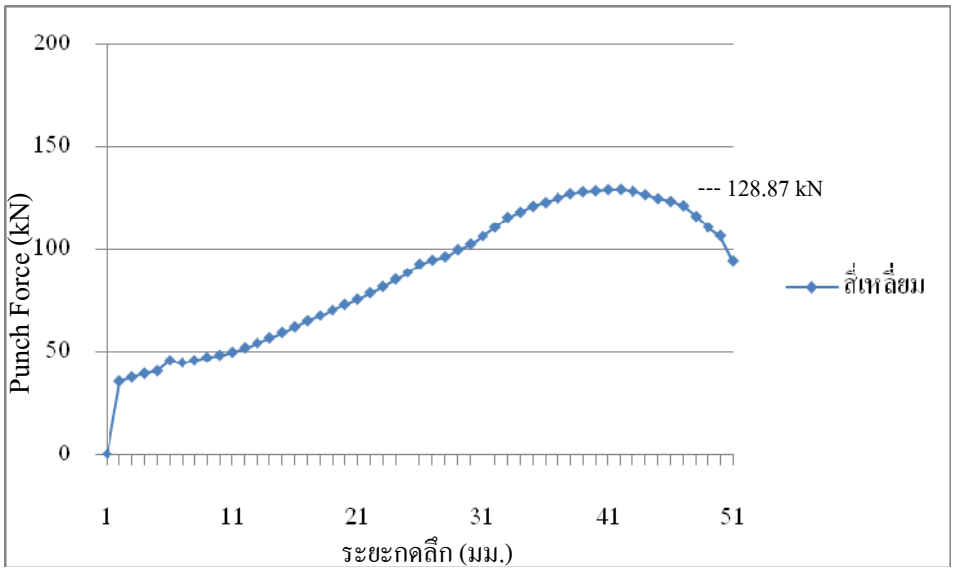


ภาพที่ 4.1 แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้า



ภาพที่ 4.2 ชิ้นงานสำเร็จจากการขึ้นรูปของแผ่นเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพื่อวิเคราะห์ผล

จากภาพที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าแผ่นรูปร่างของชิ้นงาน (Blank Geometry) มีลักษณะแตกต่างทั้งความสูงและขนาดหน้าตัดของพั้นซ์ในการเปลี่ยนรูปบริเวณหน้าตัดพั้นซ์ เมื่อการไหลตัวของแผ่นงานไม่สมมาตรกันความสามารถในการไหลตัวเข้าสู่ช่องดาย (Die) ก็จะแตกต่างกัน เมื่อทำการขึ้นรูปชิ้นงานจะเห็นได้ว่าชิ้นงานจะมีหน้าตัดต่างกันไปบริเวณที่ไหลตัวของชิ้นงานเกิดการโป่งบริเวณสันของชิ้นงานและมีรอยย่นที่บริเวณปลายแหลมอย่างชัดเจน

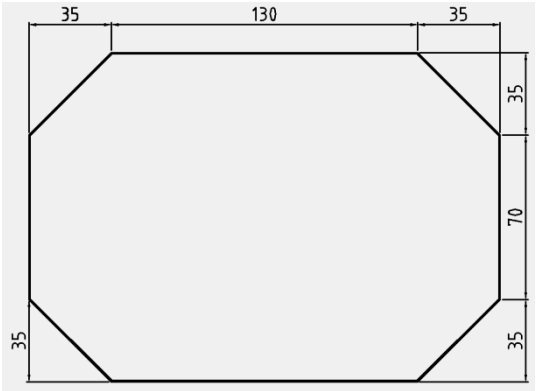


ภาพที่ 4.3 แรงกดขึ้นรูปของแผ่นเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้า

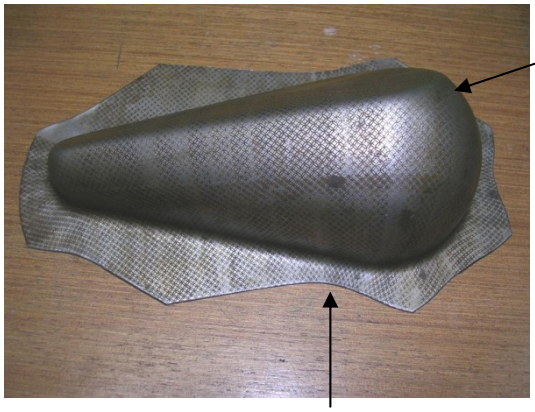
จากกราฟแสดงแรงกดจะเห็นได้ว่าแรงที่ใช้กดชิ้นงานระยะกดลึก 10 มม. 20 มม. 30 มม. 40 มม. 50 มม. และระยะสุดท้ายที่ 52 มม. จะได้แรงขึ้นรูปที่ 47.07 kN, 70.35 kN, 99.65 kN, 127.78 kN, 110.54 kN และ 94.32 kN ตามลำดับ พบว่าแรงขึ้นรูปสูงสุดเท่ากับ 128.87 kN ทีระยะกดลึกประมาณ 43 มม.

4.1.2 แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมชนิดบากมุม

นำแผ่นวัสดุ SPCC-SD ตัดแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมชนิดบากมุมทั้งสี่ด้านขนาดเท่ากับแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้า คือ 200 x 140 มม. และบากมุมทุกด้าน โดยแต่ละด้านมีขนาด 35 มม. ดังภาพที่ 4.4

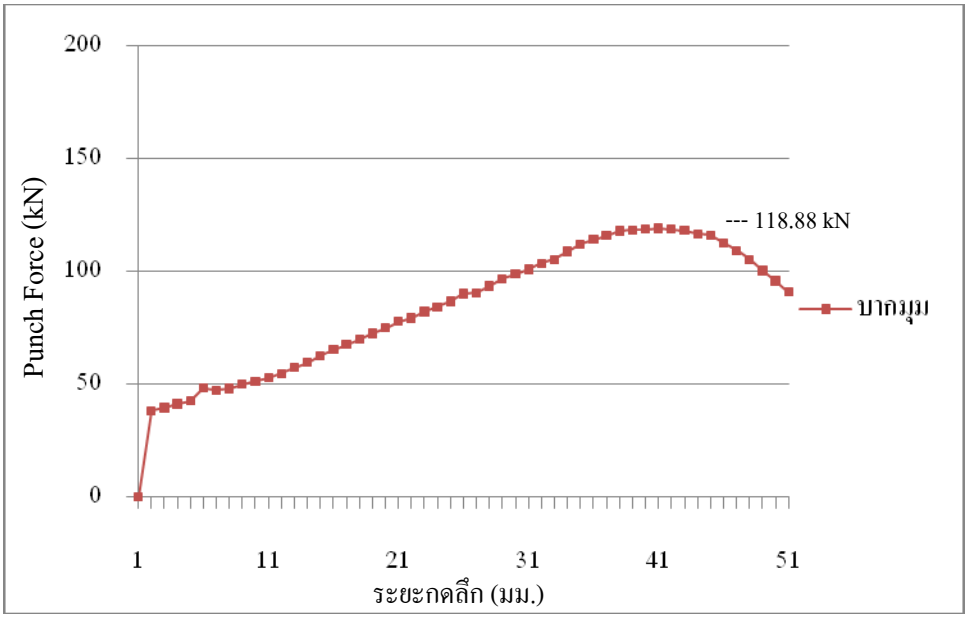


ภาพที่ 4.4 แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมชนิดบากมุม



ภาพที่ 4.5 ชิ้นงานสำเร็จจากการขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมชนิดบากมุมเพื่อวิเคราะห์ผล

จากภาพที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าบริเวณที่ไหลตัวของชิ้นงานมีลักษณะที่คล้ายกันเนื่องจากการบากมุมของชิ้นงานทำให้การไหลตัวของวัสดุมีมากกว่าชิ้นงานแรกแต่พบว่าชิ้นงานที่ได้พบว่าชิ้นงานสำเร็จมีลักษณะโป่งบริเวณสันของชิ้นงานและพบรอยย่นขนาดเล็กที่บริเวณปีกชิ้นงานลดลง

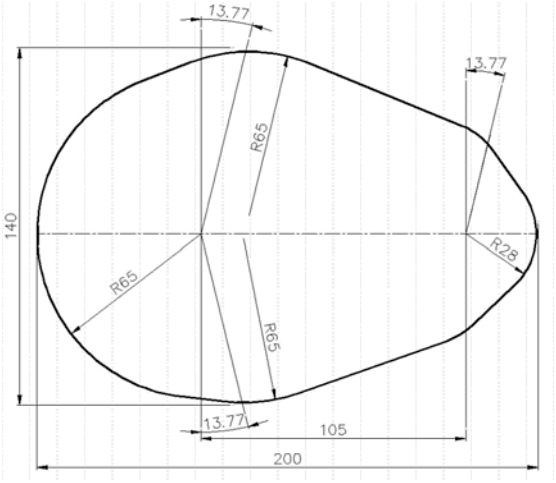


ภาพที่ 4.6 แรงกดขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมชนิดบากมุม

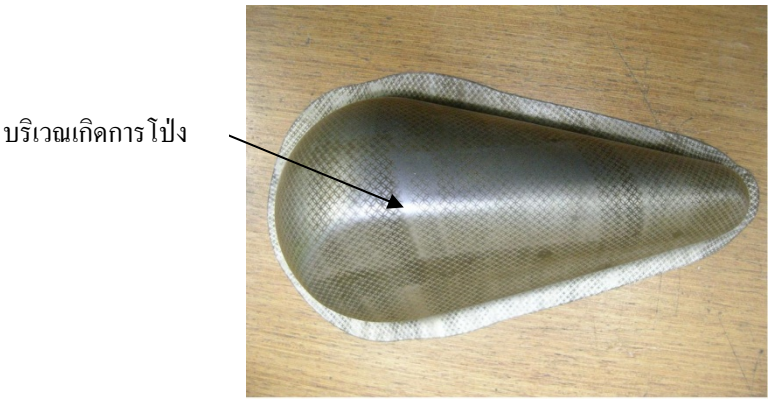
จากกราฟแสดงให้เห็นว่าแรงที่ใช้กดชิ้นงานที่ระยะกดลึก 10 มม. 20 มม. 30 มม. 40 มม. 50 มม. และระยะกดสุดท้ายที่ 52 มม. จะได้แรงขึ้นรูปจริงที่ 49.75kN, 72.20kN, 96.61 kN, 118.12 kN, 100.12 kN และ 90.70 kN ตามลำดับพบว่าแรงขึ้นรูปจริงสูงสุดเท่ากับ 118.88 kN ที่ระยะกดลึกประมาณ 42 มม.

4.1.3 แผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่า

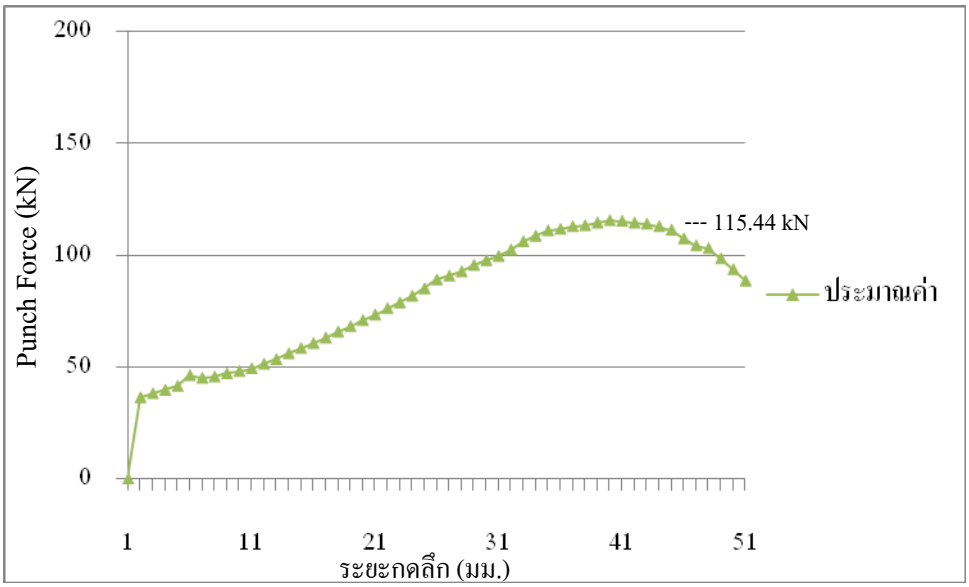
ทำการสร้างแผ่นตัดเปล่าที่ได้จากการคำนวณโดยการประมาณค่า ซึ่งดูขนาดของแผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณได้จาก (ภาคผนวก ง) เมื่อสร้างเสร็จจะได้แผ่นตัดเปล่าดังแสดงในภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 แผ่นตัดเปล่าคำนวณโดยการประมาณค่า



ภาพที่ 4.8 ชิ้นงานสำเร็จจากการขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่าคำนวณโดยการประมาณค่าเพื่อวิเคราะห์ผล

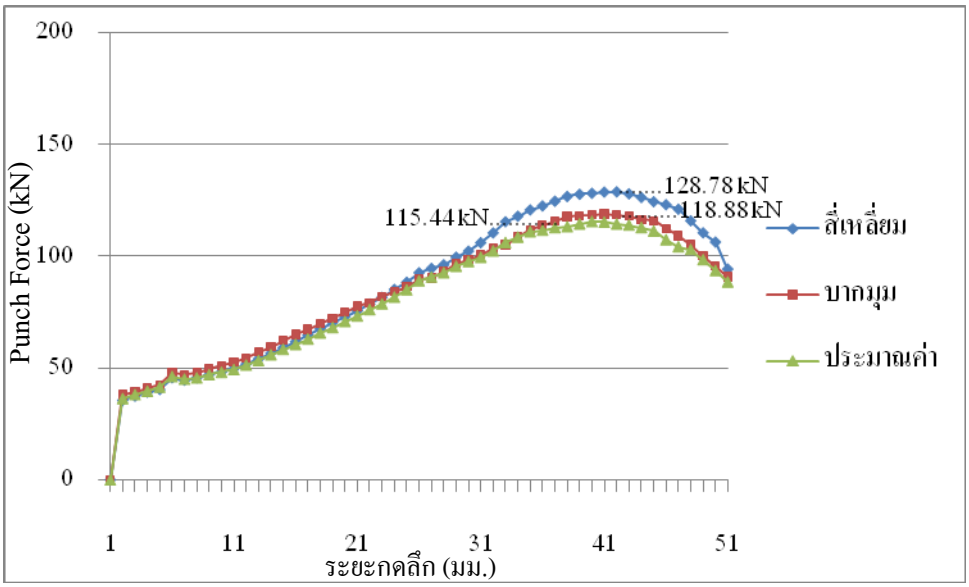


ภาพที่ 4.9 แรงกดขึ้นรูปของแผ่นเปล่าคำนวณโดยการประมาณค่า

จากกราฟแสดงแรงกดจะเห็นได้ว่าแรงที่ใช้กดชิ้นงานระยะกดลึก 10 มม. 20 มม. 30 มม. 40 มม. 50 มม. และระยะสุดท้ายที่ 52 มม. จะได้แรงขึ้นรูปที่ 46.98 kN, 68.01 kN, 95.44 kN, 114.35 kN, 98.35 kN และ 88.40 kN ตามลำดับ พบว่าแรงขึ้นรูปสูงสุดเท่ากับ 115.44 kN ทีระยะกดลึกประมาณ 46 มม.

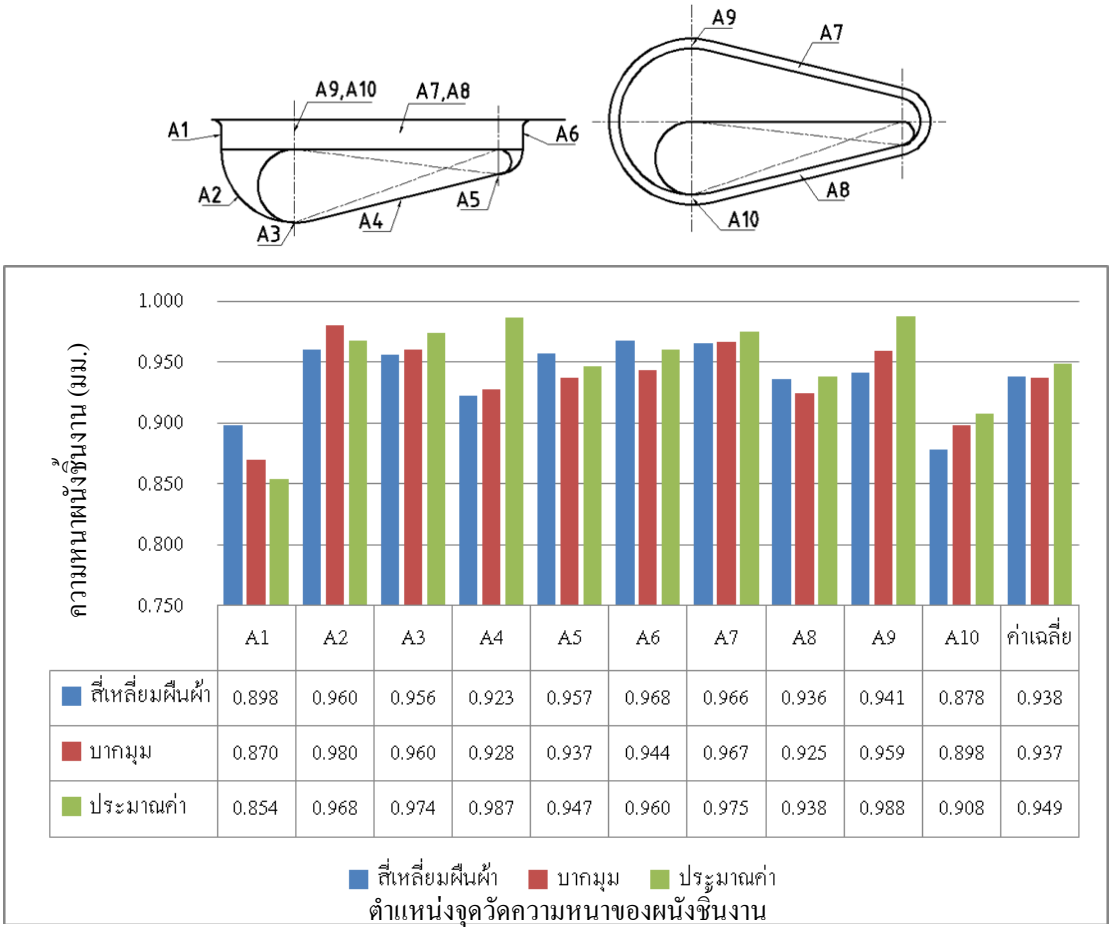
4.1.4 เปรียบเทียบแรงตามชนิดของแผ่นเปล่า 3 ชนิด

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



ภาพที่ 4.10 การเปรียบเทียบแรงกดขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่าทั้ง 3 ชนิด

จากภาพที่ 4.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบแรงกดขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่าทั้ง 3 ชนิด จะพบว่าแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานของแผ่นตัดเปล่าทั้ง 3 ชนิด จะสังเกตได้ว่าเมื่อเริ่มให้ค่าแรงกดจะมาทิศทางเดียวกันและเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อถึงระยะกดลึกที่ประมาณ 29 มม. หลังจากนั้นจะได้แรงในการขึ้นรูปที่ต่างกัน ซึ่งจะส่งผลถึงความหนาของผนังชิ้นงาน ตามตำแหน่งวัดความหนาของแต่ละจุดดังแสดงในภาพที่ 4.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนาของผนังชิ้นงานของแผ่นตัดเปล่าทั้ง 3 ชนิด โดยแผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่าจะใช้แรงในการขึ้นรูปน้อยสุด (115.44 kN.) ซึ่งส่งผลให้ความหนาของผนังชิ้นงานที่จุดวิกฤต A1 มีความหนามากสุด (0.898 มม.) ในขณะที่การขึ้นรูปด้วยแผ่นตัดเปล่าแบบสี่เหลี่ยมจะใช้แรงในการขึ้นรูปมากที่สุด (128.78 kN.) เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นตัดเปล่าแบบอื่นๆ และจากการวัดค่าความหนาของผนังชิ้นงานที่จุด A1 พบว่ามีค่าความหนาน้อยที่สุด (0.854 มม.) ซึ่งผลการเปรียบเทียบความหนาผนังชิ้นงานที่วัดได้ในบริเวณจุดสนใจต่างๆ จะแสดงไว้ในภาพที่ 4.11 Punch 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

ภาพที่ 4.11 การเปรียบเทียบความหนาของผนังชิ้นงานจากการขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่าที่แรงกดชิ้นงาน (Blank Holder Force) เท่ากับ 49.69 kN.

จากการวิเคราะห์การกระจายตัวของความหนาผนังชิ้นงานจะพบว่าแผนตัดเปล่าแบบจากการคำนวณโดยการประมาณค่า มีค่าความแตกต่างของความหนาผนังชิ้นงานน้อยสุด ที่ค่าเฉลี่ย 0.949 มม.

4.2 ผลการทดสอบอิทธิผลแรงกดชิ้นงาน

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

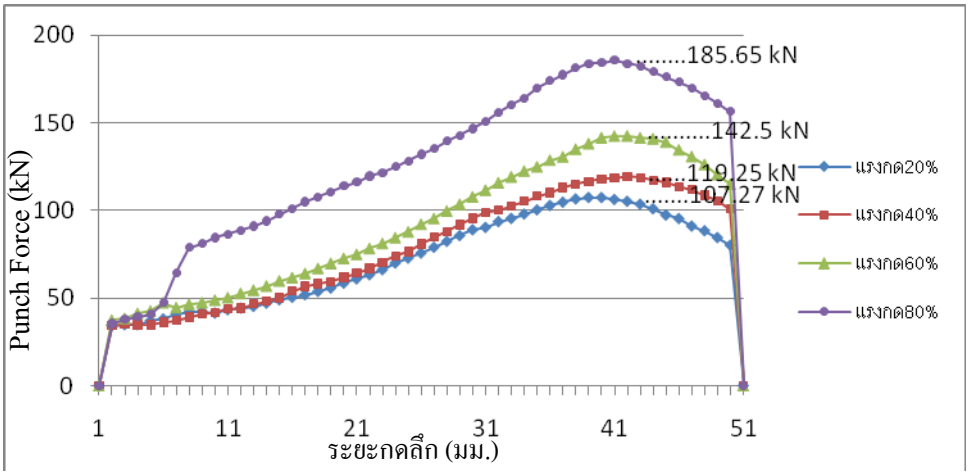
ตารางที่ 4.2 แสดงปัจจัยที่ใช้ควบคุมการขึ้นรูปชิ้นงานตามชนิดของแรงกดชิ้นงาน

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

4.2.1 การทดสอบแรงกดแผ่นตัดเปล่า โดยไม่ใช้ดอรว์บีด

1) ใช้แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ผลการวัดแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานโดยใช้ขนาดแรงกดแผ่นตัดเปล่าต่างกันที่ 20%, 40%, 60% และ 80% แสดงในภาพที่ 4.12 จากการทดสอบพบว่าเมื่อใช้แรงกดแผ่นตัดเปล่ามากจะทำให้แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปสูงขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน โดยที่แรงกดขึ้นรูปจะเริ่มยกระดับสูงขึ้นและเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนเมื่อระยะกดชิ้นงานลึกประมาณ 5 มม. และจะยังคงรักษาระดับที่สูงกว่าไปเรื่อยๆ จนกระทั่งจบกระบวนการขึ้นรูป



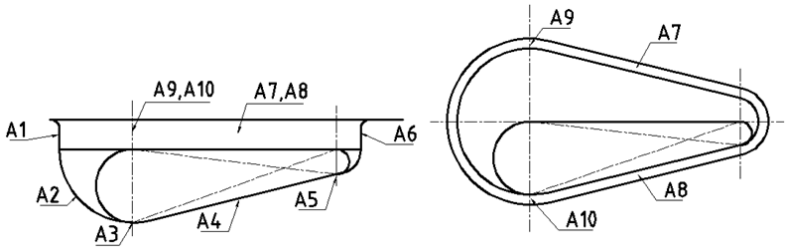
ภาพที่ 4.12 การเปรียบเทียบแรงกดที่ชิ้นงานที่ 20%, 40%, 60% และ 80% ของแผ่นตัดเปล่า สี่เหลี่ยมผืนผ้า

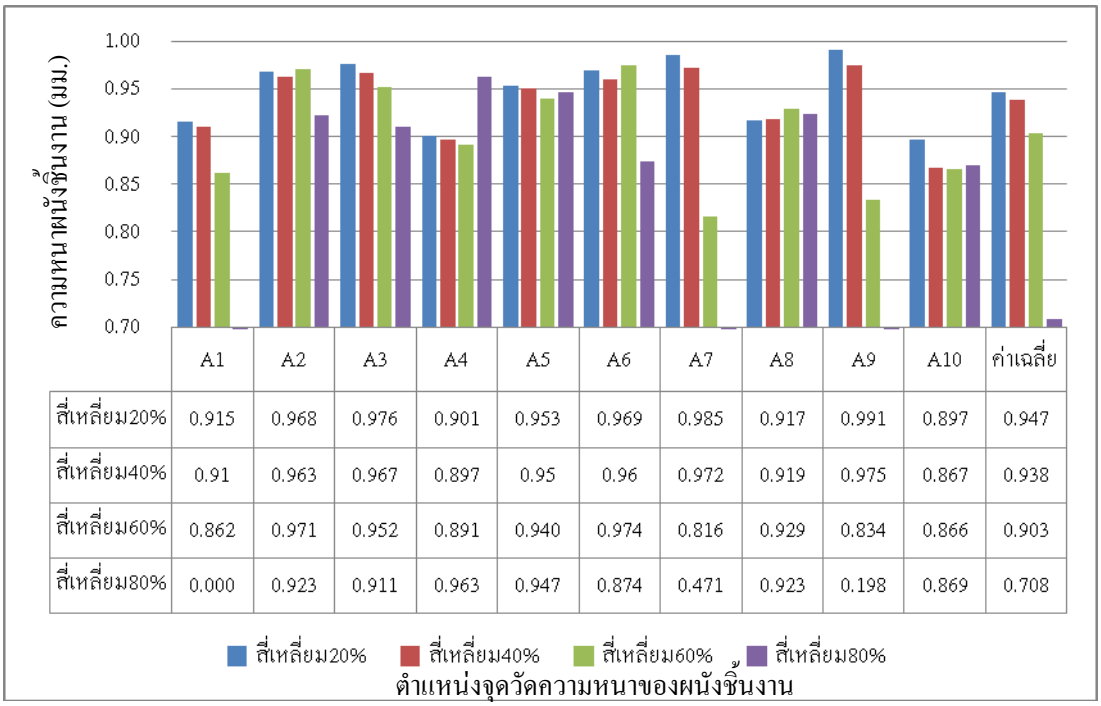
ผลจากการตรวจสอบชิ้นงานภายหลังการขึ้นรูปด้วยสายตา พบว่าการแรงกดที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปชิ้นจากแผ่นตัดเปล่ารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า พบว่าแรงกดขนาด 40% (41.93 kN) จะสามารถลากขึ้นรูปชิ้นงานได้สมบูรณ์ที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแรงกดขนาดอื่นๆ (ดูตารางที่ 4.3)

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 4.13 ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดแรงกดแผ่นตัดเปล่าชิ้นงานมีอิทธิพลต่อความหนาของชิ้นงาน ซึ่งเมื่อใช้แรงกดชิ้นงานมากขึ้นผนังของชิ้นงานจะบางลง จนเกิดการฉีกขาดเมื่อใช้แรงกด 80% และจากการหาค่าเฉลี่ยความหนาผนังชิ้นงานพบว่า แรงกดชิ้นงานที่ 20% มีความหนาของผนังชิ้นงานโดยเฉลี่ยมากที่สุด แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของแรงกดเป็น 40%, 60% และ 80% ความหนาของผนังชิ้นงานจะลดลงขึ้นตามลำดับ จุด A10 ได้ค่าความหนาของผนังชิ้นงานอยู่ในระต่ำ ซึ่งความรุนแรงสูงที่สุดของชิ้นงานสำเร็จ ณ A10 ซึ่งเป็นพื้นที่ของจุดวิกฤติ และจุด A6 และ A7 มีความหนาของผนังชิ้นงานสูงกว่าตำแหน่งอื่น



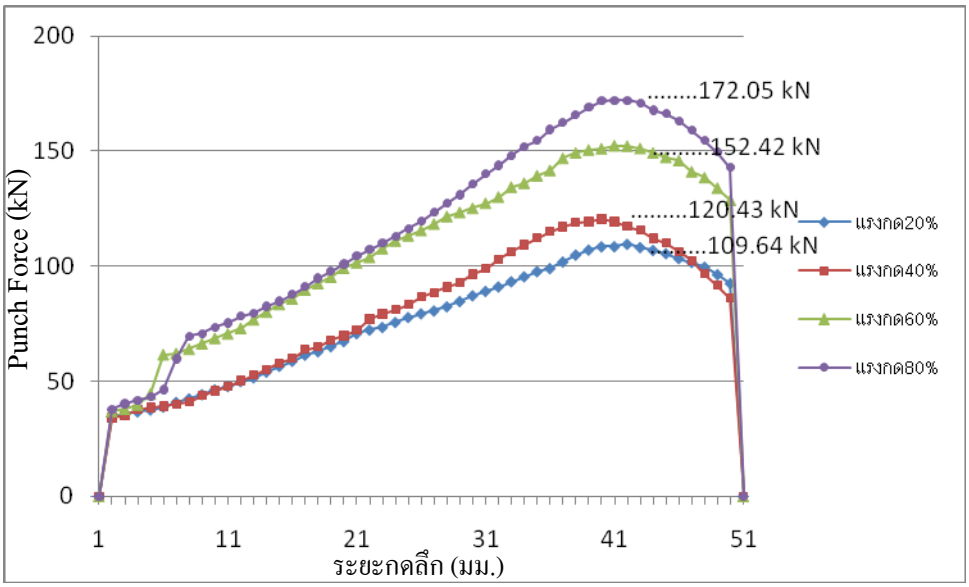


	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	ค่าเฉลี่ย
สี่เหลี่ยม20%	0.915	0.968	0.976	0.901	0.953	0.969	0.985	0.917	0.991	0.897	0.947
สี่เหลี่ยม40%	0.91	0.963	0.967	0.897	0.95	0.96	0.972	0.919	0.975	0.867	0.938
สี่เหลี่ยม60%	0.862	0.971	0.952	0.891	0.940	0.974	0.816	0.929	0.834	0.866	0.903
สี่เหลี่ยม80%	0.000	0.923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

ภาพที่ 4.13 การเปรียบเทียบความหนาของผนังชิ้นงานจากการขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่า

2) ใช้แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม

ผลการวัดแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานจากแผ่นตัดเปล่ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม โดยใช้ขนาดแรงกดแผ่นตัดเปล่าต่างกันที่ 20%, 40%, 60% และ 80% แสดงในภาพที่ 4.14 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบกราฟแรงลากขึ้นรูปชิ้นงานเมื่อใช้แรงกดแผ่นตัดเปล่าขนาดต่างๆ กัน และจะเห็นได้ว่าการเพิ่มขนาดแรงกดแผ่นตัดเปล่าจะมีอิทธิพลต่อแรงที่ใช้ในการขึ้นรูป เมื่อใช้แรงกดแผ่นตัดเปล่าสูงขึ้น จะส่งผลทำให้แรงลากขึ้นรูปจะมีขนาดสูงขึ้น



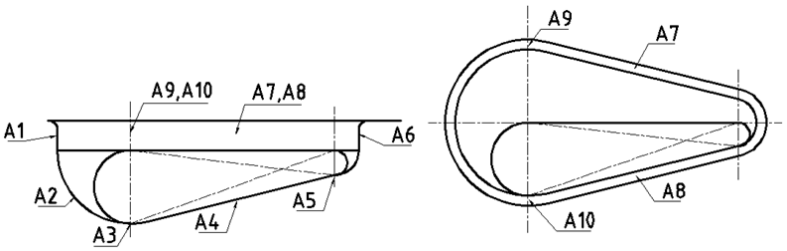
ภาพที่ 4.14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบแรงกดที่ชิ้นงานที่ 20%, 40%, 60% และ 80% ของแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม

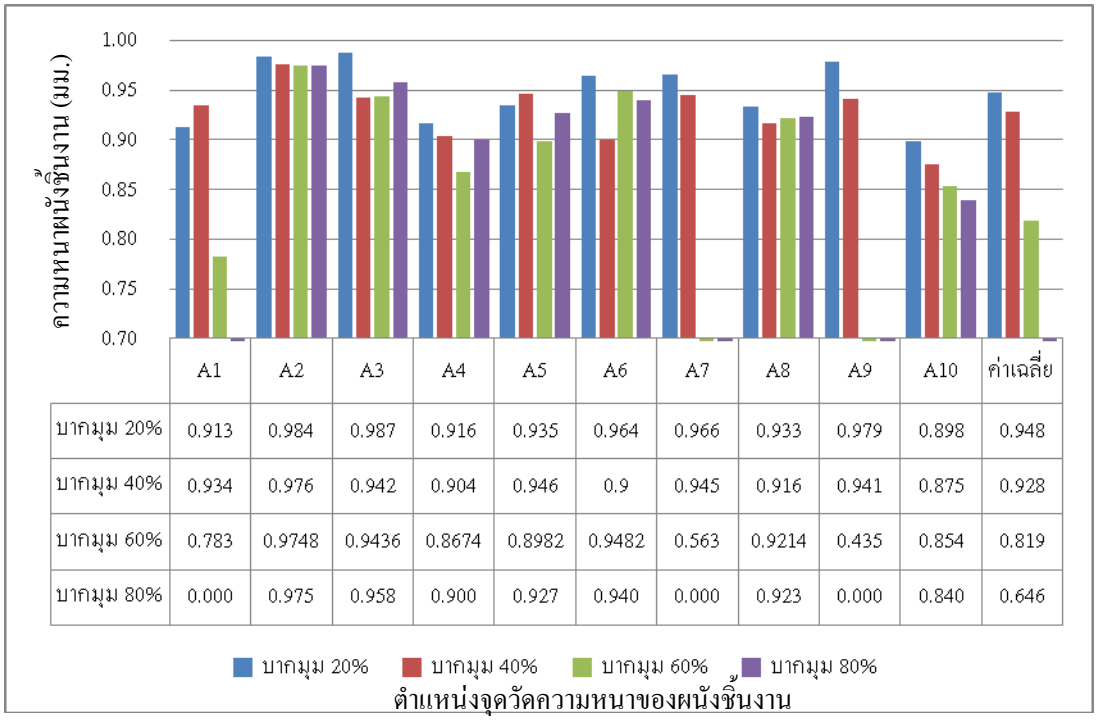
ผลจากการตรวจสอบชิ้นงานภายหลังการขึ้นรูปด้วยสายตา พบว่าการแรงกดที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปจากแผ่นตัดเปล่ารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม พบว่าแรงกดขนาด 40% (41.93 kN) จะสามารถลากขึ้นรูปชิ้นงานได้สมบูรณ์ที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแรงกดขนาดอื่นๆ (ดูตารางที่ 4.4)

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 4.15 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



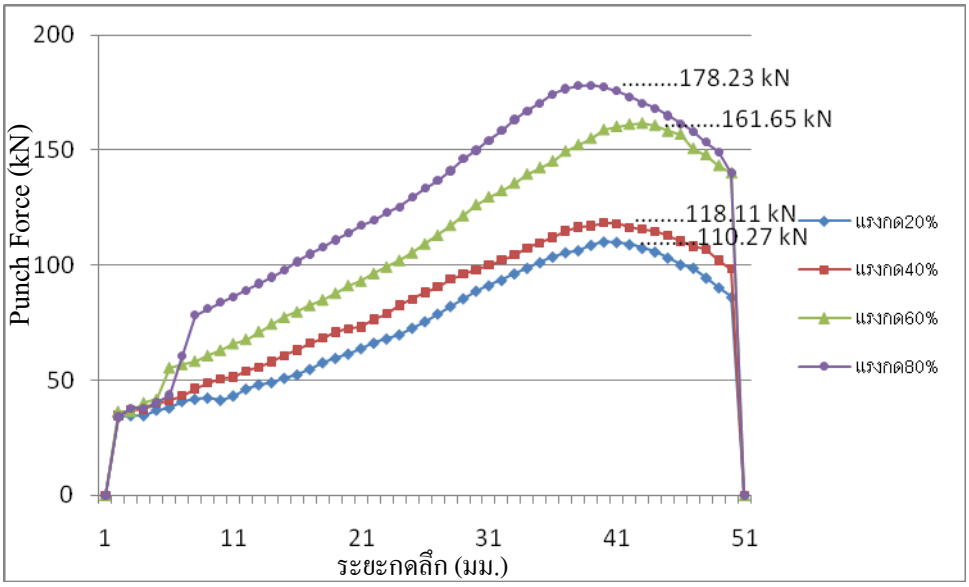


	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	ค่าเฉลี่ย
บากมุม 20%	0.913	0.984	0.987	0.916	0.935	0.964	0.966	0.933	0.979	0.898	0.948
บากมุม 40%	0.934	0.976	0.942	0.904	0.946	0.9	0.945	0.916	0.941	0.875	0.928
บากมุม 60%	0.783	0.9748	0.9436	0.8674	0.8982	0.9482	0.563	0.9214	0.435	0.854	0.819
บากมุม 80%	0.000	0.975	0.958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

ภาพที่ 4.15 การเปรียบเทียบความหนาของผนังชิ้นงานจากการขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่า

3) ใช้แผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณ

ผลการวัดแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานจากแผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณ โดยใช้ขนาดแรงกดแผ่นตัดเปล่าต่างกันที่ 20%, 40%, 60% และ 80% แสดงในภาพที่ 4.15 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบกราฟแรงลากขึ้นรูปชิ้นงานเมื่อใช้แรงกดแผ่นตัดเปล่าขนาดต่างๆ กัน และจะเห็นได้ว่าการเพิ่มขนาดแรงกดแผ่นตัดเปล่าจะมีอิทธิพลต่อแรงที่ใช้ในการขึ้นรูป เมื่อใช้แรงกดแผ่นตัดเปล่าสูงขึ้น จะส่งผลทำให้แรงลากขึ้นรูปจะมีขนาดสูงขึ้น



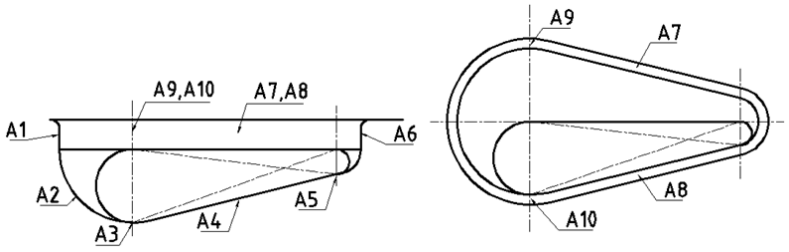
ภาพที่ 4.16 การเปรียบเทียบแรงกดที่ชิ้นงานที่ 20%, 40%, 60% และ 80%
ของแผ่นตัดเปล่า ที่ได้จากการคำนวณโดยการประมาณค่า

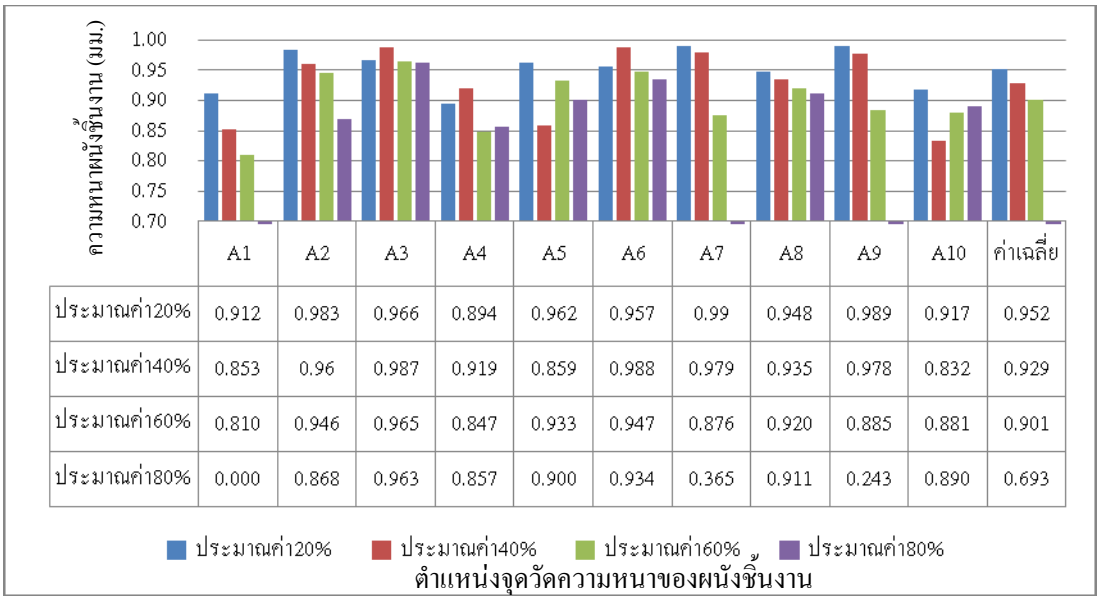
ผลจากการตรวจสอบชิ้นงานภายหลังการขึ้นรูปด้วยสายตา พบว่าการแรงกดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการขึ้นรูปชิ้นจากแผ่นตัดเปล่าแบบที่ได้จากการคำนวณโดยการประมาณค่าเป็นแรงกดขนาด 40% (41.93 kN) ซึ่งจะสามารถใช้กดชิ้นงานและลากขึ้นรูปชิ้นงานได้สมบูรณ์ที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแรงกดขนาดอื่นๆ (ดูตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการตรวจสอบชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยแรงกดขึ้นรูปต่างๆ

แรงกดขึ้นรูป	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	ชิ้นงานมีการโป่งของสัน ณ จุดวัด A4 และเกิดการฉีกขาดของชิ้นงาน ณ จุด A1, A7, A9

ผลการวัดความหนาผนังชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากแผ่นตัดเปล่าแบบที่ได้จากการคำนวณโดยการประมาณค่า โดยใช้แรงกดชิ้นงานขนาดต่างๆ กัน แสดงไว้ในภาพที่ 4.17 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



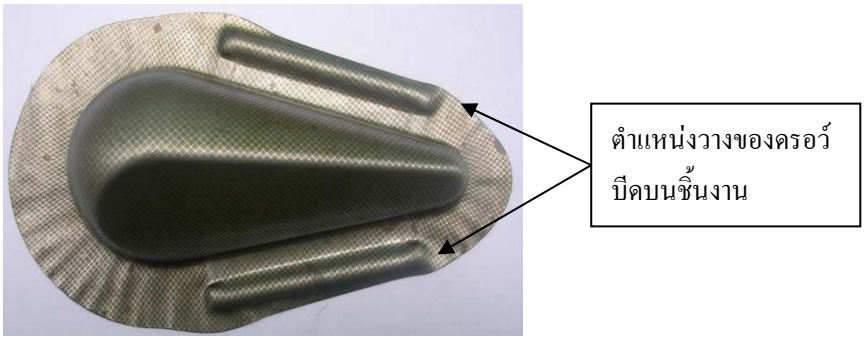


	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	ค่าเฉลี่ย
ประมาณค่า120%	0.912	0.983	0.966	0.894	0.962	0.957	0.99	0.948	0.989	0.917	0.952
ประมาณค่า140%	0.853	0.96	0.987	0.919	0.859	0.988	0.979	0.935	0.978	0.832	0.929
ประมาณค่า160%	0.810	0.946	0.965	0.847	0.933	0.947	0.876	0.920	0.885	0.881	0.901
ประมาณค่า180%	0.000	0.868	0.963	0.857	0.900	0.934	0.365	0.911	0.243	0.890	0.693

ภาพที่ 4.17 การเปรียบเทียบความหนาของผนังชิ้นงานจากการขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่า ที่ได้จากการคำนวณโดยการประมาณค่า

4.2.2 ผลการทดสอบแรงกดแผ่นตัดเปล่า โดยใช้ดรอว์บีด

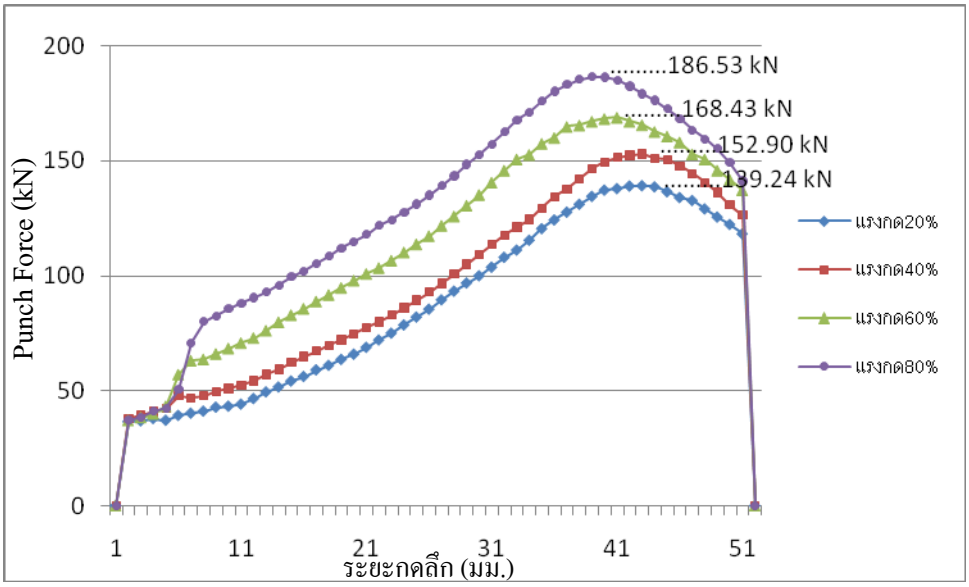
กาทดสอบอิทธิพลของแรงกดแผ่นตัดเปล่า ที่มีการใช้ดอรว์บีดแบบ ครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 8.0 มม. วางในตำแหน่งปีกที่เป็นเส้นตรงทั้งสองข้าง (ดูภาพที่ 4.18) เพื่อควบคุมการไหลตัวของวัสดุในขณะขึ้นรูป



ภาพที่ 4.18 แสดงรูปร่างและตำแหน่งของดอรว์บีดที่ใช้ในการทดสอบ

1) ใช้แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ผลการวัดแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยแผ่นตัดเปล่ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ใช้ดอรว์บีด ควบคุมการไหลตัวของวัสดุ โดยทดสอบที่ขนาดแรงกดแผ่นตัดเปล่าต่างๆ กันที่ 20%, 40%, 60% และ80% ตามลำดับ จากภาพที่ 4.18 แสดงให้เห็นว่าขนาดของแรงกดแผ่นตัดเปล่ามีอิทธิผลต่อขนาดของแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูป ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อแรงกดแผ่นตัดเปล่ามีขนาดสูงขึ้น แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปก็จะต้องมีขนาดสูงขึ้นตามไปด้วย



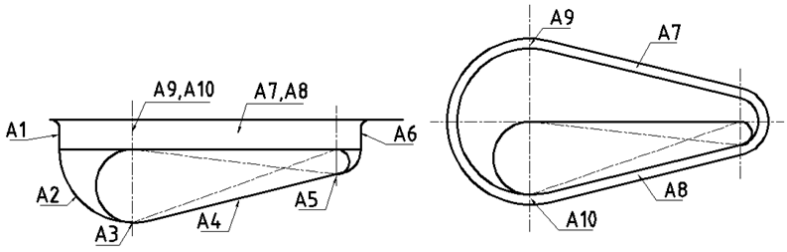
ภาพที่ 4.19 การเปรียบเทียบแรงกดที่ชิ้นงานที่ 20%, 40%, 60% และ 80% ของแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยใช้ดรอว์บีดชชนิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.0 มม.

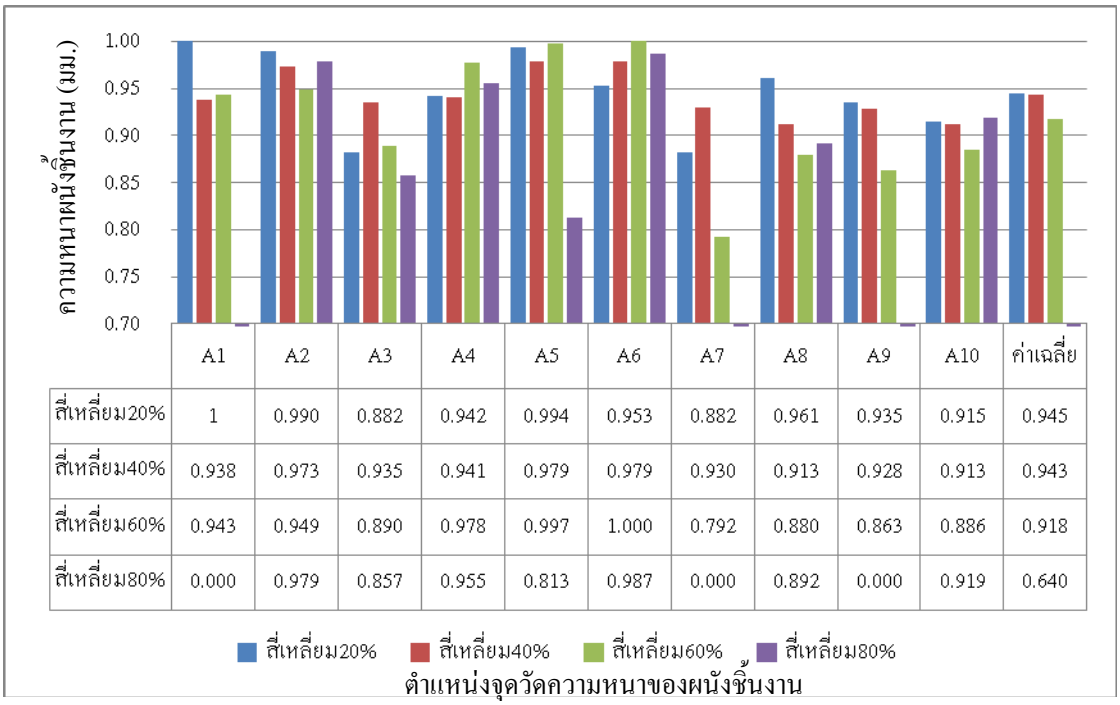
ผลจากการตรวจสอบชิ้นงานภายหลังการขึ้นรูปด้วยสายตา พบว่าการแรงกดที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปจากแผ่นตัดเปล่ารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีการใช้ดรอว์บีดควบคุมการไหลตัวของวัสดุ เป็นแรงกดแผ่นตัดเปล่าขนาด 40% (41.93 kN) แรงลากขึ้นชิ้นงานที่ 152.90 kN. ซึ่งสามารถใช้ลากขึ้นรูปชิ้นงานได้สมบูรณ์ที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแรงกดขนาดอื่นๆ (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 โดยใช้ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.0 มม. โดยใช้แรงกดชิ้นงานขนาดต่างๆ กัน แสดงไว้ในภาพที่ 4.20 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



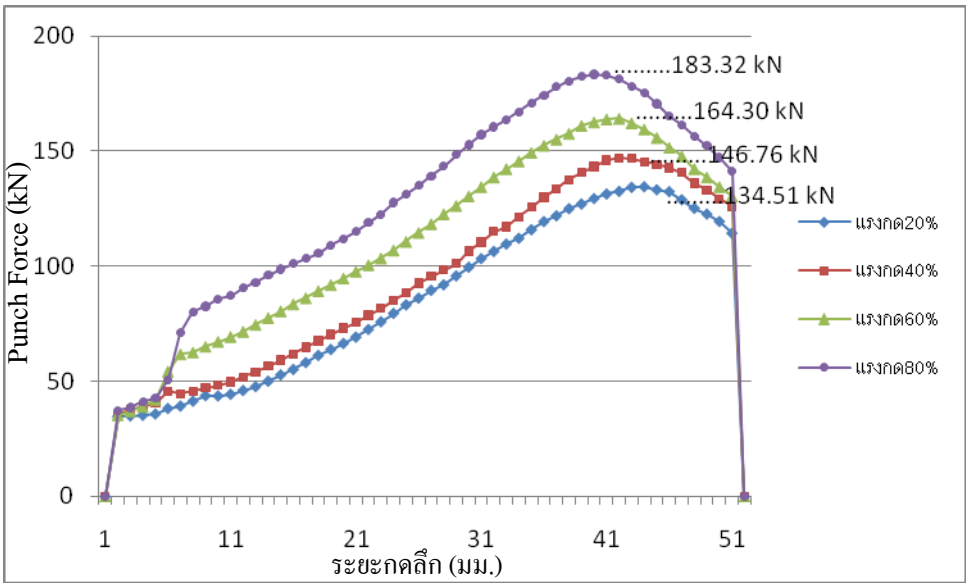


	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	ค่าเฉลี่ย
สี่เหลี่ยม20%	1	0.990	0.882	0.942	0.994	0.953	0.882	0.961	0.935	0.915	0.945
สี่เหลี่ยม40%	0.938	0.973	0.935	0.941	0.979	0.979	0.930	0.913	0.928	0.913	0.943
สี่เหลี่ยม60%	0.943	0.949	0.890	0.978	0.997	1.000	0.792	0.880	0.863	0.886	0.918
สี่เหลี่ยม80%	0.000	0.979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

ภาพที่ 4.20 การเปรียบเทียบความหนาของผนังชิ้นงานจากการขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยใช้ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.0 มม.

2) ใช้แผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม

ผลการวัดแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยแผ่นตัดเปล่ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม ที่มีดอรว์บีดควบคุมการไหลตัวของวัสดุ โดยทดสอบที่ขนาดแรงกดแผ่นตัดเปล่าต่างๆ กันที่ 20%, 40%, 60% และ 80% ตามลำดับ จากภาพที่ 4.18 แสดงให้เห็นว่าขนาดของแรงกดแผ่นตัดเปล่ามีอิทธิผลต่อขนาดของแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูป ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อแรงกดแผ่นตัดเปล่ามีขนาดสูงขึ้น แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปก็จะต้องมีขนาดสูงขึ้นตามไปด้วย



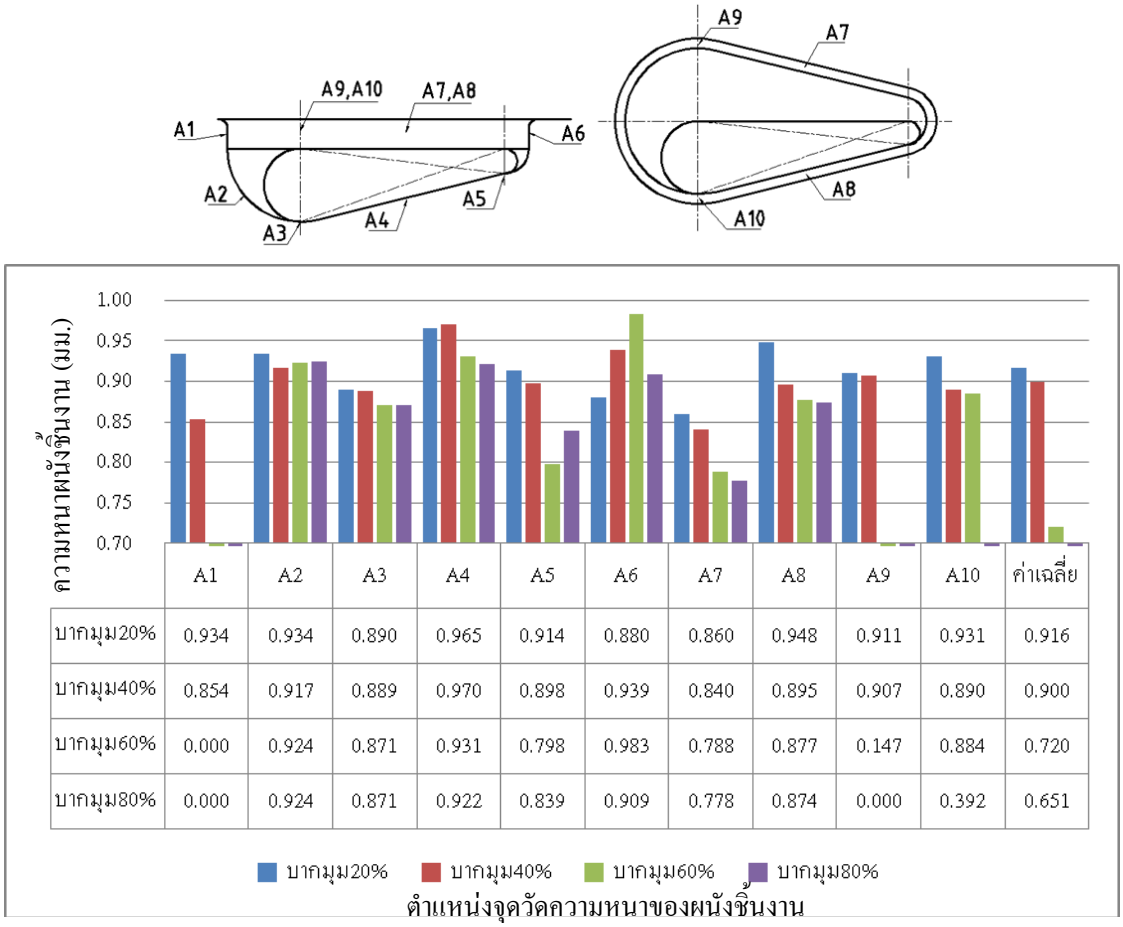
ภาพที่ 4.21 การเปรียบเทียบแรงกดที่ชิ้นงานที่ 20%, 40%, 60% และ 80% ของแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม โดยใช้ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.0 มม

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	ชิ้นงงานที่ได้มีรอยย่นเล็กน้อย บริเวณปีกชิ้นงาน การไหลตัวสม่ำเสมอ
60% (62.90 kN)	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานมีการโป่งของสัน ณ จุดวัด A5
80% (83.87 kN)	ไม่ผ่าน	ชิ้นงานมีการโป่งของชิ้นงาน ณ จุดวัด A4, A7 และ เกิดการฉีกขาดของชิ้นงาน ณ จุด A1, A9 และ A10

ผลการวัดความหนาผนังชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุม โดยใช้ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.0 มม. ซึ่งใช้แรงกดชิ้นงานขนาดต่างๆ กัน แสดงไว้ในภาพที่ 4.20 ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดความหนาของผนังชิ้นงานจะ ลดลงเมื่อใช้แรงกดชิ้นงานมากขึ้น จนเกิดการฉีกขาดเมื่อใช้แรงกด 60% ขึ้นไป และจากการหาค่าเฉลี่ยความหนาผนังชิ้นงานพบว่าแรงกดชิ้นงานที่ 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

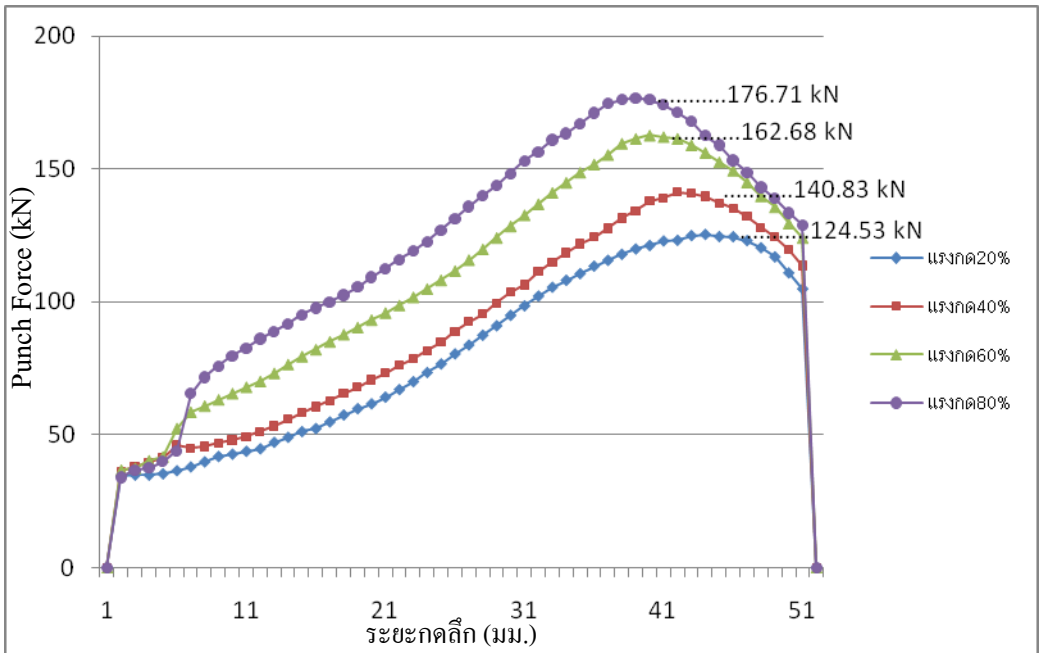


	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	ค่าเฉลี่ย
บากมุม20%	0.934	0.934	0.890	0.965	0.914	0.880	0.860	0.948	0.911	0.931	0.916
บากมุม40%	0.854	0.917	0.889	0.970	0.898	0.939	0.840	0.895	0.907	0.890	0.900
บากมุม60%	0.000	0.924	0.871	0.931	0.798	0.983	0.788	0.877	0.147	0.884	0.720
บากมุม80%	0.000	0.924	0.871	0.922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

ภาพที่ 4.22 การเปรียบเทียบความหนาของผนังชิ้นงานจากการขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่าสี่เหลี่ยมผืนผ้าบากมุมโดยใช้ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.0 มม.

3) ใช้แผ่นตัดเปล่าที่ได้จากการคำนวณ

ผลการวัดแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยแผ่นตัดเปล่าที่ได้จากการคำนวณโดยการประมาณค่า ที่มีดอรว์บีดควบคุมการไหลตัวของวัสดุ โดยทดสอบที่ขนาดแรงกดแผ่นตัดเปล่าต่างๆ กันที่ 20%, 40%, 60% และ 80% ตามลำดับ จากภาพที่ 4.18 แสดงให้เห็นว่าขนาดของแรงกดแผ่นตัดเปล่ามีอิทธิผลต่อขนาดของแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูป ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อแรงกดแผ่นตัดเปล่ามีขนาดสูงขึ้น แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปก็จะต้องมีขนาดสูงขึ้นตามไปด้วย



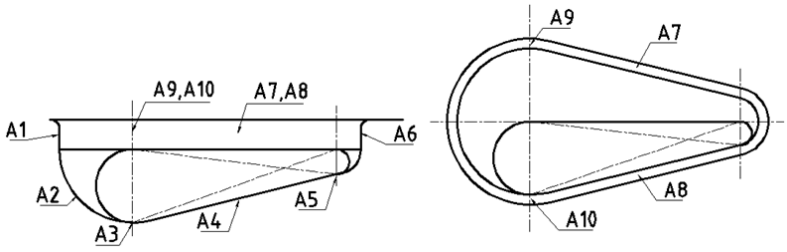
ภาพที่ 4.23 การเปรียบเทียบแรงกดที่ชิ้นงานที่ 20%, 40%, 60% และ 80% ของแผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณและใช้ดรอว์บีด

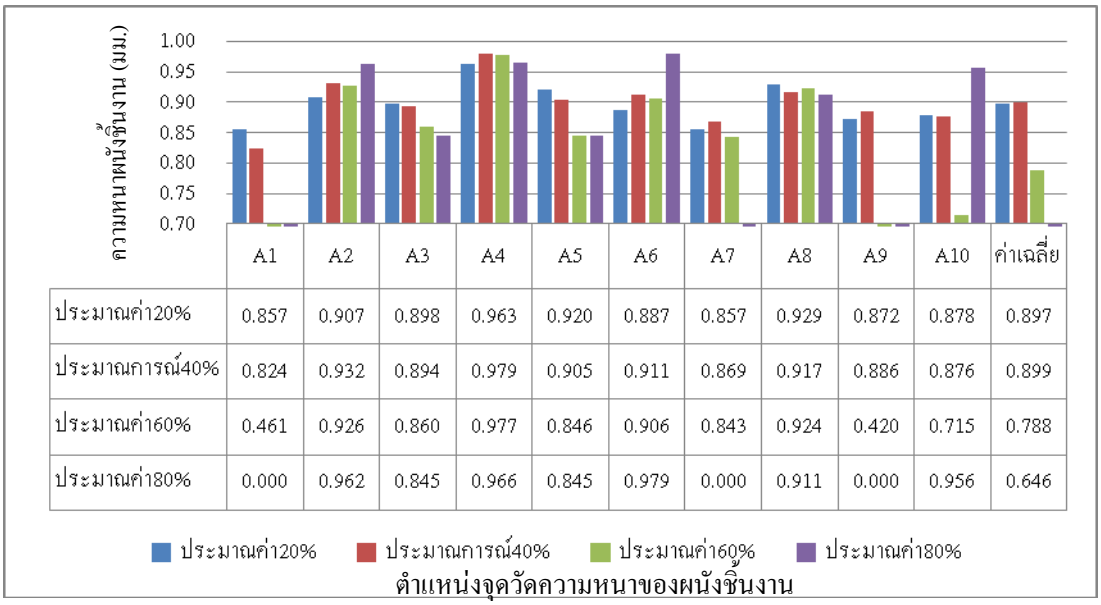
ผลจากการตรวจสอบชิ้นงานภายหลังการขึ้นรูปด้วยสายตา พบว่าการแรงกดที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปจากแผ่นตัดเปล่าที่ได้จากการคำนวณโดยการประมาณค่า ที่มีการใช้ดรอว์บีดควบคุมการไหลตัวของวัสดุ เป็นแรงกดแผ่นตัดเปล่าที่มีขนาด 40% (41.93 kN) ได้ชิ้นงานที่พบจุบกพร่องน้อย ซึ่งสามารถใช้ลากขึ้นรูปชิ้นงานได้สมบูรณ์ที่สุด ที่ 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 4.23 ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดความหนาของผนังชิ้นงานจะ ลดลงเมื่อใช้แรงกดชิ้นงานมากขึ้น จนเกิดการฉีกขาดเมื่อใช้แรงกด 60% ขึ้นไป และจากการหาค่าเฉลี่ยความหนาผนังชิ้นงานพบว่า แรงกดชิ้นงานที่ 20% มีความหนาของผนังชิ้นงานโดยเฉลี่ยมากที่สุด แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของแรงกดเป็น 40%, 60% และ80% ความหนาของผนังชิ้นงานจะลดลงขึ้นตามลำดับ จุด A1, A7, A9 และ A10 ได้ค่าความหนาของผนังชิ้นงานอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งความรุนแรงสูงที่สุดของชิ้นงานสำเร็จ ณ A1 , A7, A9 และ A10 ซึ่งเป็นพื้นที่ของจุดวิกฤติ และจุด A2 และ A4 มีความหนาของผนังชิ้นงานสูงกว่าตำแหน่งอื่น





	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	ค่าเฉลี่ย
ประมาณค่า120%	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

ภาพที่ 4.24 การเปรียบเทียบความหนาของผนังชิ้นงานจากการขึ้นรูปของแผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่าโดยใช้ดรอว์บีด

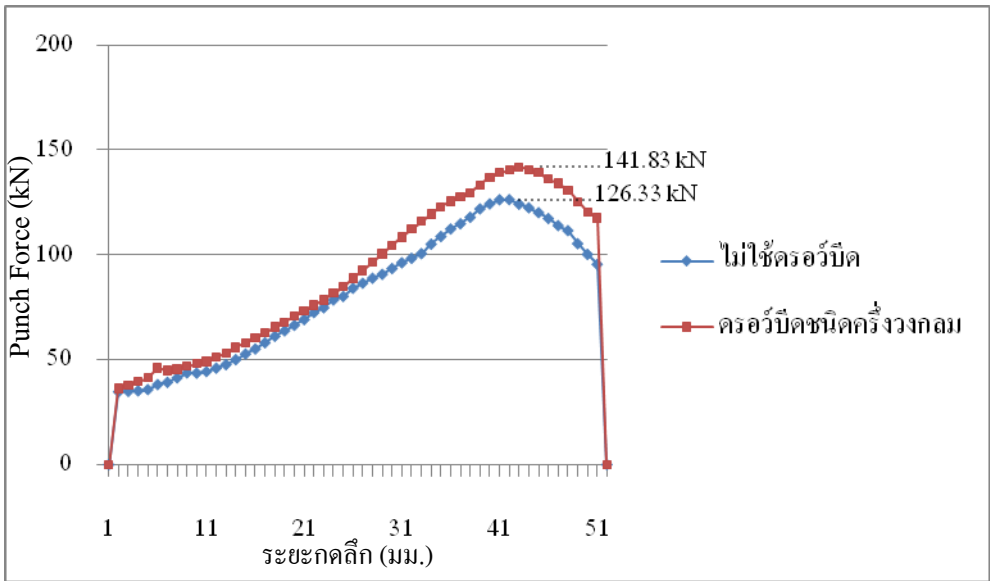
4.3 ผลการทดสอบอิทธิพลของดรอว์บีด

ในการทดสอบอิทธิพลของดรอว์บีดจะกำหนดปัจจัยควบคุม และปัจจัยทดสอบ ดังตารางที่ 4.9 ทั้งนี้เพื่อให้สามารถทำการวิเคราะห์หาอิทธิพลของการใช้ดอรว์บีดต่อการขึ้นรูปได้

ตารางที่ 4.9 แสดงปัจจัยที่ใช้ควบคุมการขึ้นรูปชิ้นงานตามชนิดของดรอว์บีด

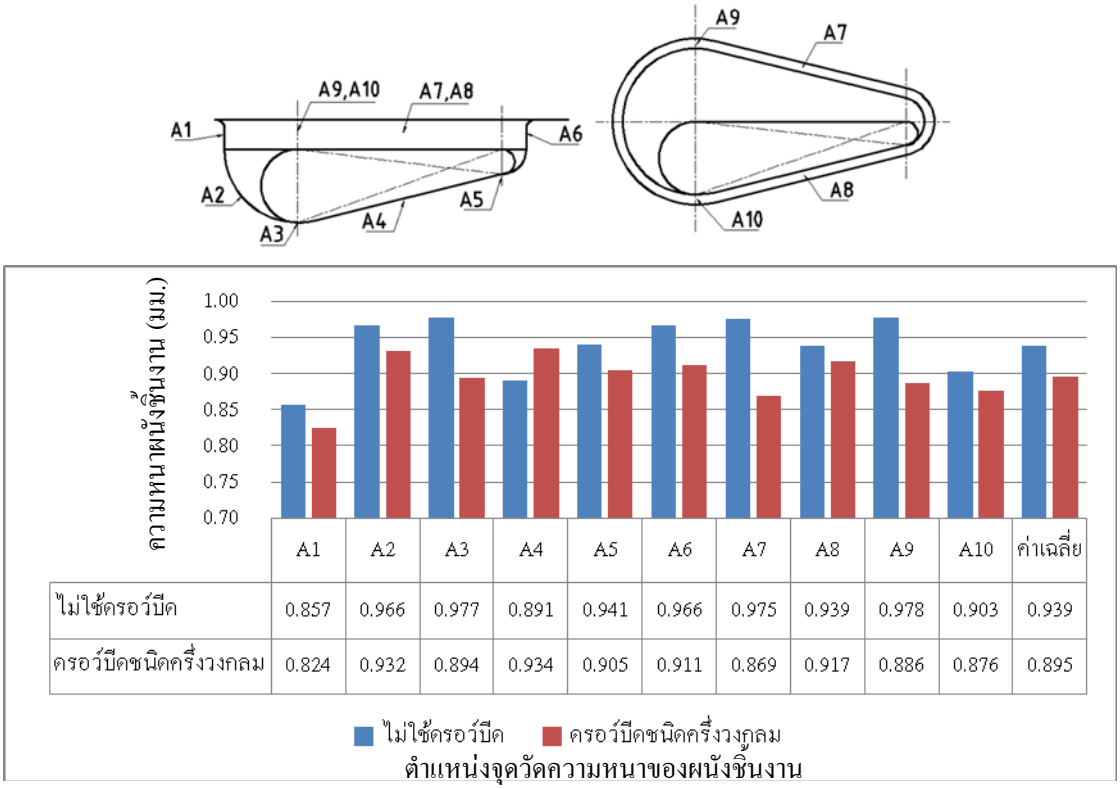
ปัจจัยควบคุม	ปัจจัยทดสอบ
สารหล่อลื่นแผ่นพลาสติกโพลีเอทธีลีน	ไม่ใช้ ดรอว์บีด
แรงกดชิ้นงาน เท่ากับ 41.93 kN. (40% ของแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานจากการคำนวน)	ใช้ ดรอว์บีด
แผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่า	
ระยะกดลึกของพันซ์ = 52 มม.	

จากภาพที่ 4.25 กราฟแสดงอิทธิพลของดรอว์บีดที่ปัจจัยทดสอบ แรงกดชิ้นงาน 40% ของแผ่นตัดเปล่าที่ได้จากการคำนวณโดยการประมาณค่า พบว่าแผ่นชิ้นงานที่ใช้ดรอว์บีดชนิดครึ่งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.0 มม.จะใช้แรงในการขึ้นรูปที่ 144.90 kN. ซึ่งสูงกว่าแผ่นชิ้นงานที่ไม่มีดรอว์บีด



ภาพที่ 4.25 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

ภาพที่ 4.26 อิทธิพลของดรอว์บีดที่ปัจจัยทดสอบ ความหนาของผนังชิ้นงานแผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่า

ผลการทดสอบการขึ้นรูปแบบทั้งสองแบบ แสดงให้เห็นว่าจุดวิกฤติที่จุด A1 เป็นจุดที่มีความหนาน้อยสุด แสดงว่ามีการยืดตัวของวัสดุมาก ซึ่งถ้าวิเคราะห์ประกอบแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปจะพบว่าการขึ้นรูปแบบที่ไม่มีดรอว์บีด แรงในการขึ้นรูปชิ้นงาน (124.60 kN.) จะขนาดน้อยกว่าแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานที่มีดรอว์บีด (144.90 kN.) ซึ่งจะทำให้ความหนาของผนังชิ้นที่ขึ้นรูปโดยมีดรอว์บีดมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า ชิ้นงานที่ขึ้นรูปโดยไม่ดีดรอบีด

4.4 การวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรการขึ้นรูปจากโปรแกรมทางสถิติ Minitab

การวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรการขึ้นรูปต่อค่าความหนาเฉลี่ยของผนังชิ้นงาน 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%

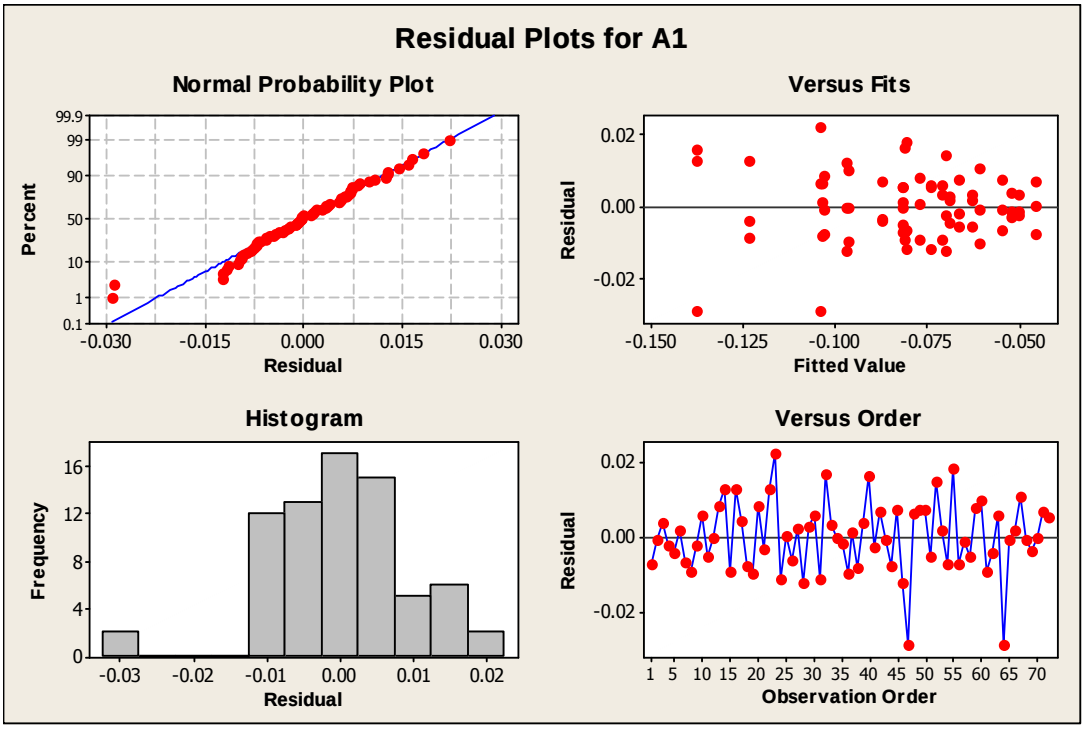
Unusual Observations for A1

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

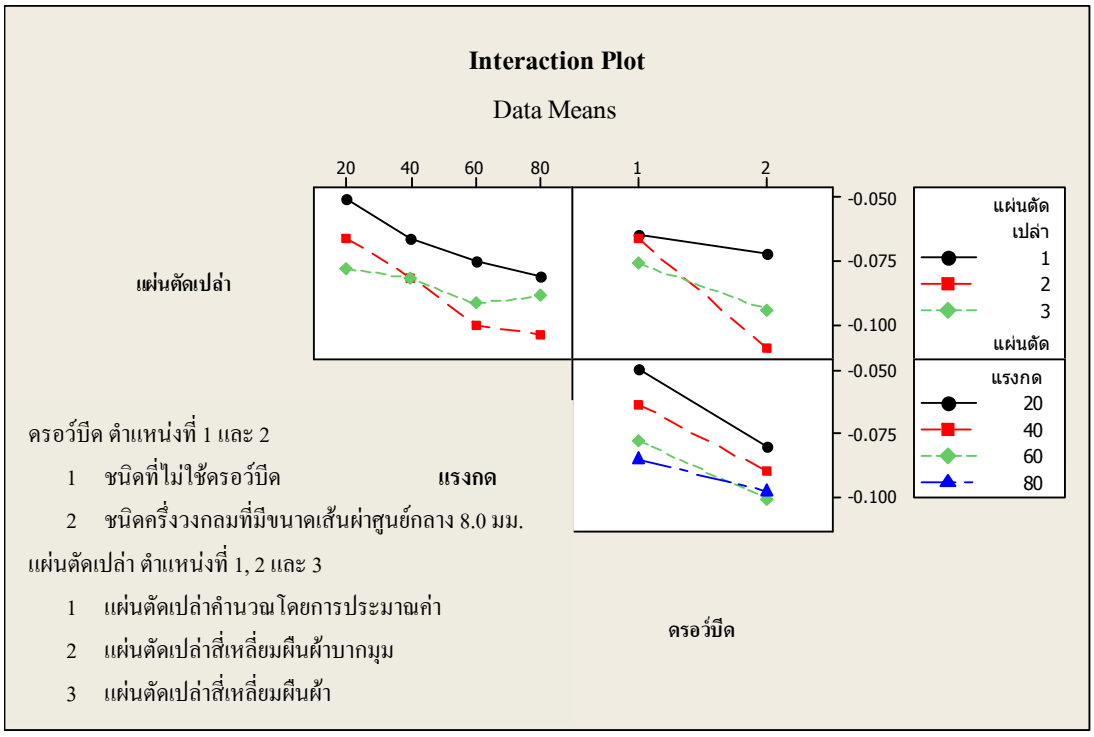
R denotes an observation with a large standardized residual.

Residual Plots for A1

ภาพที่ 4.27 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่ได้จากโปรแกรม Minitab



ภาพที่ 4.28 ข้อมูลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าเฉลี่ยความหนาของผนังชิ้นงาน



ภาพที่ 4.29 การวิเคราะห์ความแม่นยำของ Interaction Plot ที่มีผลต่อความหนาของผนังชิ้นงาน

จากภาพที่ 4.29 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 แผ่นตัดเปล่าจากการคำนวณโดยการประมาณค่า ที่แรงกด 20% โดยเลือกดรอว์บีดชนิดที่ไม่ใช้ดรอว์บีดจะได้ความความหนาเฉลี่ยที่สูงที่สุด