บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ออกแบบแม่พิมพ์ลากขึ้นรูป

ขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ลากขึ้นรูป ต้องพิจารณาถึงลักษณะชิ้นงาน ความหนาของชิ้นงาน และรัศมีภายในถ้วย ข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปได้แก่ ช่องว่างแม่พิมพ์ แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูป

3.1.1 การคำนวณแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูป

ชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบนั้นมี 5 ชนิดและมีความหนา 5 ขนาด ดังนั้นแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปไม่เท่ากันทั้งหมด

$$F = s\pi dt$$

F = แรงที่พันช์ใช้มากที่สุด

S = ค่าเฉลี่ยความเค้นทางดึงสูงสุด

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของถ้วยหรือของพันช์

t = ความหนาของแผ่นโลหะ

ตัวอย่าง

การคำนวณแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปของอลูมิเนียมแผ่น ที่ความหนา 1 มม.

$$F = s\pi dt$$
$$= (110)(3.1416)(90)(1)$$
$$= 31.1\ kN$$

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าเฉลี่ยความเค้นแรงดึงสูงสุด

ชนิดของวัสดุ	SUS 304	SUS 403	อลูมิเนียมแผ่น	ทองเหลืองแผ่น	SPCC
ค่าเฉลี่ยความเค้นแรงดึงสูงสุด	185	270	79	226	250

ตารางที่ 3.2 แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูป

ขนาดความหนา (มิลลิเมิตร)	SUS 304 (kN)	SUS 403 (kN)	อลูมิเนียมแผ่น (kN)	ทองเหลืองแผ่น (kN)	SPCC (kN)
0.5	26.1	38.1	15	31.9	35.3
1	52.3	76.3	31.1	63.89	70.6
1.5	78.4	114.5	46.6	95.8	106
2	104.6	152.6	62.2	127.7	141.3
2.5	130.7	190.8	77.75	159.7	176.7

3.1.2 การคำนวณหารัศมีของพันช์และดาย

$r = 4\text{-}5\,(t)$

r = รัศมีของพันช์

t = ความหนาของชิ้นงาน มม.

$r = 4\,(2)$

$= 8$ มม.

ในการทดสอบการลากขึ้นรูป เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแตกของรูกลางนั้น จึงเลือกใช้ขนาดของรัศมีพันช์เท่ากันหมดทุกขนาด เพื่อต้องการทราบค่าที่มีผลทำให้ชิ้นงานเกิดการแตกของรูกลาง

3.1.3 ขนาดของพันช์ลากขึ้นรูป

การทดสอบการลากขึ้นรูป ใช้ขนาดของดายที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 42 มม. ขนาดของพันช์จะลดลงมาตามความหนาของชิ้นงาน สำหรับการหาช่องว่างระหว่างแม่พิมพ์

$c = t+0.05\sqrt{10t}$

c = ขนาดช่องว่างระหว่างแม่พิมพ์

t = ความหนาของชิ้นงานทดสอบ

$c = 2.5 + 0.05\sqrt{10\,(2.5)}$

$= 2.75$

ขนาดพันช์ลากขึ้นรูปคือ ความโตพันช์ = ความโตดาย - 2c

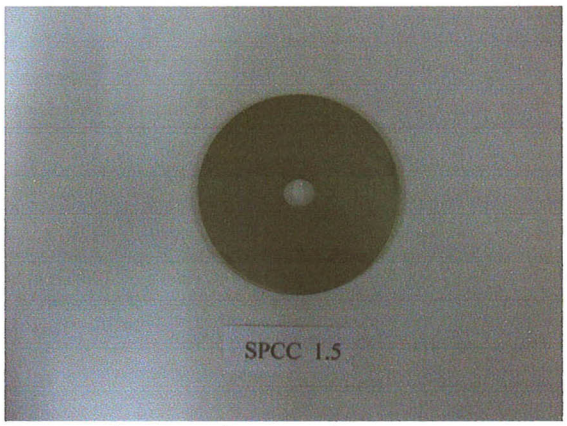
ตารางที่ 3.3 ขนาดความโตพันช์และดาย

ขนาดความหนาของชิ้นงาน	ความโตดาย (มม.)	ความโตพันช์ (มม.)
0.5	42	40.5
1.0	42	39.5
1.5	42	38.5
2.0	42	37.5
2.5	42	36.5

3.2 เตรียมชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ

1. ชนิดของวัสดุโลหะแผ่น (Type of Material Sheet) ดังภาคผนวก - ข
   - เหล็กกล้าคาร์บอนรีดเย็นสำหรับงานขึ้นรูปโลหะ (Steel Sheet) ชนิด SPCC
   - เหล็กกล้าไร้สนิมแผ่น ชนิดออสเตนิติก (Stainless Steel Sheet) ชนิด SUS 304
   - เหล็กกล้าไร้สนิมแผ่น ชนิดเฟอร์ริติก (Stainless Steel Sheet) ชนิด SUS 430
   - ทองเหลืองแผ่น (Brass Sheet)
   - อลูมิเนียมแผ่น (Aluminum Sheet)
2. ความหนาของชิ้นงานทดสอบ (Thickness of Material Sheet)
   - ความหนาขนาด 0.5 มิลลิเมตร
   - ความหนาขนาด 1 มิลลิเมตร
   - ความหนาขนาด 1.5 มิลลิเมตร
   - ความหนาขนาด 2 มิลลิเมตร
   - ความหนาขนาด 2.5 มิลลิเมตร

การเตรียมชิ้นงานทดสอบใช้ชิ้นงานที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 90 มม. และเจาะรูตรงกลาง 12 มม. โดยนำแผ่นชิ้นงานไปทำการตัดด้วยเครื่องตัด Wire Cut ตัดที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 90 มม. และนำชิ้นงานที่ได้จากการ Wire Cut มาเจาะรูตรงกลาง 12 มม. ดังแสดงในภาคผนวก ข.

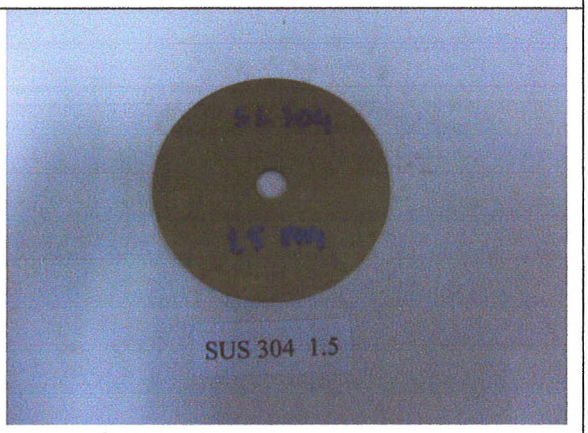


เหล็กกล้าคาร์บอนรีดเย็น เกรด SPCC

ทองเหลืองแผ่น (Brass Sheet)

เหล็กกล้าไร้สนิมแผ่น ชนิดเฟอร์ริติก

เกรด SUS 430



เหล็กกล้าไร้สนิมแผ่น ชนิดออสเตนิติก

เกรด SUS 304

อลูมิเนียมแผ่น (Aluminum Sheet)

ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบความหนา 1.5 มิลลิเมตร

3.3 จัดเตรียมชุดแม่พิมพ์ทดสอบ และเครื่องทดสอบโลหะแผ่น (Universal Sheet Metal Testing Machine SAS-350D)

จัดเตรียมชุดแม่พิมพ์ทดสอบ และเครื่องสำหรับทดสอบการขึ้นรูปถ้วย โดยทำงานด้วยระบบไฮดรอลิคส์ ขนาดกำลัง 35 ตัน (350 กิโลนิวตัน) โดยสามารถปรับแรงกดแผ่นจับ ยึดชิ้นงานได้ถึง 100 กิโลนิวตัน ปรับความเร็วของพั้นช์ ได้ถึง 150 มิลลิเมตร/นาที ปรับระยะขึ้นรูปได้ถึง 90 มิลลิเมตร ยี่ห้อ JT TOHSI ของบริษัท JT TOHSI INC. Co., Ltd.รุ่น SAS–350D จากประเทศญี่ปุ่น พร้อมเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผล และบันทึกข้อมูลในการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 3.2

ภาพที่ 3.2 เครื่องมือทดสอบโลหะแผ่น

3.4 การวิเคราะห์ผลการออกแบบทดลองตามหลักการทางสถิติ (DOE)

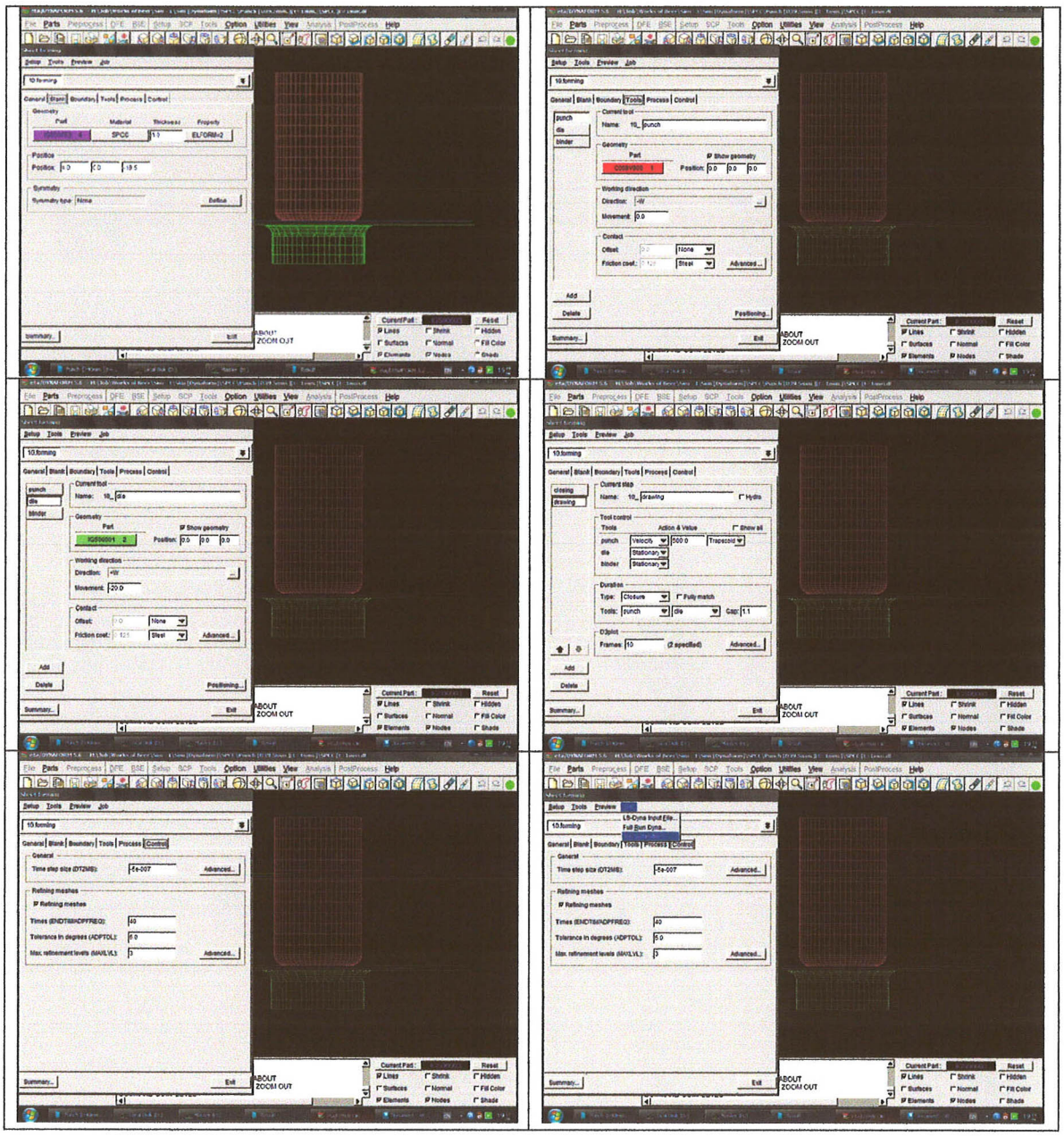
การวิเคราะห์คุณสมบัติของข้อมูลโดยวิเคราะห์คุณสมบัติ รวม 3 แบบ คือ

1.การวิเคราะห์คุณสมบัติการแจกแจงแบบปกติ แสดงความน่าจะเป็นของค่าความผิดพลาดที่มีการกระจายตัวแบบปกติ

2.การวิเคราะห์คุณสมบัติความแปรปรวนคงที่ แสดงความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดและค่าเฉลี่ย

3.การวิเคราะห์คุณสมบัติการสุ่ม แสดงความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดและลำดับที่ของการทดลอง

3.5 การจำลองทางไฟไนท์เอลิเมนต์การลากขึ้นรูป เป็นการจำลองผลจากเงื่อนไขของกระบวนการที่ผู้ใช้ป้อนให้ ตามเงื่อนไขที่สอดคล้องกับสภาวะการทำงานจริง และสำหรับซอฟแวร์ไฟไนต์เอลิเมนต์ที่เลือกใช้คือโปรแกรม DYNAFORM Version 5.6 ดังตัวอย่างลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ โดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ โดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

3.6 เปรียบเทียบค่า Punch Load ของวัสดุชนิดต่างๆ ที่ได้จากการทดลองจริงและการไฟไนท์เอลิเมนต์ โดยตรวจสอบระยะของขนาดส่วนต่าง ๆ ของชิ้นทดลองและ เปรียบเทียบผลของความหนาวัสดุกับความสูงของถ้วย ที่ได้จากการทดลอง

3.7 จัดสร้างแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงในการขึ้นรูปกับระยะความสูง และจัดสร้างแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงในการขึ้นรูปกับระยะการขยายตัวของรูที่ขยายตัวไปในช่วงการเปลี่ยนรูปอย่างถาวร จนกระทั้งเกิดการแตกของวัสดุใน แต่ละชนิดของวัสดุ

3.8 สรุปผลการทดลอง สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนของการทดลองจริง ส่วนของการจำลองโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และส่วนของการวิเคราะห์ด้วย DOE