

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของ โครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีการลากขึ้นรูป	4
2.2 ระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์	26
2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน	27
3. ขั้นตอนการดำเนินการ	
3.1 ออกแบบแม่พิมพ์ลากขึ้นรูป	37
3.2 เตรียมชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ	39
3.3 จัดเตรียมชุดแม่พิมพ์ทดสอบ และเครื่องทดสอบ โลหะแผ่น	41
3.4 การวิเคราะห์ผลการออกแบบทดลองตามหลักการทางสถิติ	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 การจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์การลากขึ้นรูป	42
3.6 เปรียบเทียบค่า Punch Load ของวัสดุชนิดต่างๆ	43
3.7 จัดสร้างแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงในการขึ้นรูปกับระยะ ความสูง	43
3.8 สรุปผลการทดลอง	43
4. ผลการทดลอง	
4.1 ส่วนของการทดลองจริง	44
4.2 ส่วนการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์	45
4.3 ส่วนการวิเคราะห์ด้วย DOE	46
5. สรุปผล	
สรุปผลของโครงการ	49
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก ก แม่พิมพ์ในการทดสอบ	53
ภาคผนวก ข ตัวอย่างชิ้นงานก่อนการทดสอบ	57
ภาคผนวก ค ตัวอย่างชิ้นงานหลังการทดสอบ	63
ภาคผนวก ง ผลการจำลองไฟไนต์ เอลิเมนต์	69

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 แสดงแรงที่เกิดขึ้นในระหว่างการขึ้นรูป	4
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปแบ่งออกเป็น 4 แบบ	6
ภาพที่ 2.3 สัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การลดตัว	9
ภาพที่ 2.4 แบบของชิ้นงาน	15
ภาพที่ 2.5 ค่าเปอร์เซ็นต์การลดตัวของวัสดุอะลูมิเนียม 3003-0	17
ภาพที่ 2.6 แสดงการที่แผ่นกดกดแผ่นชิ้นงาน	19
ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบความหนา 1.5 มิลลิเมตร	40
ภาพที่ 3.2 เครื่องมือทดสอบโลหะแผ่น	41
ภาพที่ 3.3 ลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ โดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	42
ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงความน่าจะเป็นของค่าความผิดพลาดที่มีการกระจายตัวแบบปกติ	46
ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงความน่าจะเป็นของค่าความผิดพลาดที่มีการกระจายตัวแบบปกติ	47
ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดและค่าเฉลี่ย	47
ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดและลำดับที่ของการทดลอง	48
ภาพที่ 5.1 เปรียบเทียบผลของความหนาวัสดุกับความสูงของถ้วย ที่ได้จากการทดลอง	49
ภาพที่ 5.2 เปรียบเทียบค่า Punch Load ของวัสดุชนิดต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง	50
ภาพที่ 5.3 เปรียบเทียบผลของความหนาวัสดุกับความสูงของถ้วยที่ได้จากไฟไนต์เอลิเมนต์	50
ภาพที่ 5.4 เปรียบเทียบค่า Punch Load ของวัสดุชนิดต่างๆ ที่ได้จากไฟไนต์เอลิเมนต์	51
ภาพที่ 5.5 แสดง Main Effect	52

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ขนาดระยะเพื่อตัดขลิบริมต่อต้าน	16
ตารางที่ 2.2 เปอร์เซ็นต์การลดตัวของเหล็กกล้าคาร์บอน สำหรับ การลากขึ้นรูปด้วยครั้งแรก	17
ตารางที่ 2.3 รัศมีที่ปากคาย	21
ตารางที่ 2.4 ขนาดช่องว่างแม่พิมพ์ที่ต่อไว้ต่อต้าน	22
ตารางที่ 2.5 ความเร็วในการลากขึ้นรูป	23
ตารางที่ 2.6 ข้อมูลสำหรับการทดลองบีงจี้เดียว	28
ตารางที่ 2.7 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับบีงจี้เดียว แบบจำลองผลกระทบคงที่	35
ตารางที่ 3.1 แสดงค่าเฉลี่ยความเค้นแรงดึงสูงสุด	37
ตารางที่ 3.2 แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูป	38
ตารางที่ 3.3 ขนาดความโตพ่นซ์และคาย	39
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบค่า Punch Load ของวัสดุชนิดต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง	44
ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบผลของความหนาวัสดุกับความสูงของถ้วย ที่ได้จากการทดลอง	44
ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบค่า Punch Load ของวัสดุชนิดต่างๆ ที่ได้จาก การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์	45
ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบค่า Punch Load ของวัสดุชนิดต่างๆ ที่ได้จาก การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์	45