

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
รายการสัญลักษณ์	ฦ
ประมวลศัพท์และคำย่อ	ฑ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 แนวคิด	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแรงที่ใช้ในกรรมวิธีลดความหนาผนัง	4
2.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเรียบผิวของชิ้นงาน	7
2.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานเคลือบผิว	13
2.3 ทฤษฎีที่สำคัญ	
2.3.1 กระบวนการลากขึ้นรูปลึก	14
2.3.2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องในกระบวนการลากขึ้นรูป	18
2.3.3 ตัวแปรที่เกิดจากแผ่นชิ้นงาน	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.4 จีคจำกัดอัตราส่วนการขึ้นรูป	23
2.3.5 หลักการเบื้องต้นในการลดความหนาผนังชิ้นงาน	26
2.3.6 หลักการคำนวณกรรมวิธีลดความหนาผนังชิ้นงาน	27
2.3.7 เครื่องทดสอบโลหะแผ่น	34
3. การดำเนินงาน	
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานโครงการ	35
3.2 การคำนวณค่าต่าง ๆ ของการออกแบบแม่พิมพ์	35
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ	43
3.3.1 ชุดแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปที่ใช้ในการทดลอง	43
3.3.1.1 พื้นที่ใช้ในการทดลอง	43
3.3.1.2 ชุดลากขึ้นรูป Ironing	43
3.3.2 เครื่องตัดโลหะด้วยลวดนำกระแสไฟฟ้าควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์	45
3.3.3 เครื่องทดสอบโลหะแผ่น	46
3.3.4 แผ่นชิ้นงานเปล่าแต่ละชนิด	47
3.3.5 ชุดอุปกรณ์วัดความเรียบผิวแบบเข็มหยั่งหัวลาก	48
3.3.6 เวอร์เนียคาลิเปอร์ แบบดิจิตอล (Vernier Caliper Digital)	49
3.4 วัสดุแม่พิมพ์ลากขึ้นรูป และ Ironing ที่ใช้ในงานวิจัย	49
3.5 ลักษณะของวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย	49
3.6 อัตราส่วนการลดความหนาผนัง (Ironing Ratio)	51
3.7 สารหล่อลื่น	52

สารบัญ (ต่อ)

4. ผลการทดลองและวิเคราะห์	
4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความสูงของวัสดุที่ทดลอง	53
4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความหนาของวัสดุที่ทดลอง	57
4.3 แสดงค่าเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของวัสดุที่ทดลอง	61
4.4 การเปรียบเทียบค่าความเรียบผิวตามแนวแกนและตามแนวขวางของวัสดุ	63
4.5 แสดงการเปรียบเทียบแรง Punch Load ของวัสดุที่ทดลอง	65
4.6 แสดงการเปรียบเทียบแรง Punch High ของวัสดุที่ทดลอง	67
4.7 กระบวนการและผลจากการทดลอง	69
5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลของโครงการ	83
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	85
5.3 ข้อเสนอแนะ	85
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก ก การคำนวณหาค่าต่างๆของวัสดุ	86
ภาคผนวก ข แบบแม่พิมพ์ Ironing	111
ภาคผนวก ค ผลการไฟไนต์ เอลิเมนต์ของงาน Ironing	115
ภาคผนวก ง ตารางบันทึกผลการทดลองการทดลอง(Ironing)	122

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 เสีนไขที่ใช้ในการทดลอง	12
ตารางที่ 2.2 ความบกพร่องของชิ้นงานที่เกิดขึ้นในงานลากขึ้นรูปลึก	17
ตารางที่ 3.1 แสดงค่าความแข็งแรงคิงสูงสุด (S_u)	36
ตารางที่ 3.2 การคำนวณลดความหนาของผนังชิ้นงาน (Thickness of Reduction)	38
ตารางที่ 3.3 แสดงการคำนวณค่าต่างๆที่ใช้ในกระบวนการ (Ironing)	40
ตารางที่ 3.4 รูปแบบการทดลอง	51

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
ภาพที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดจากพันธกับสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่าง ดายกับชิ้นงาน	5
ภาพที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดจากพันธ กับสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่าง พันธกับ ชิ้นงาน	6
ภาพที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดสูงสุด และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานพันธกับชิ้นงาน	6
ภาพที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นสูงสุดภายในชิ้นงาน และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพันธกับชิ้นงาน	7
ภาพที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการลดความหนาผนังกับความเรียบผิวชิ้นงาน	8
ภาพที่ 2.6 แสดงวิธีการทดลอง โดยใช้พินกดลงบนแผ่นงาน	9
ภาพที่ 2.7 แสดงลักษณะการกดของพิน ที่กดลงบนแผ่นงาน	9
ภาพที่ 2.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบการเฉือน กับสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน	10
ภาพที่ 2.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเรียบผิวบนแผ่นงาน กับตัวประกอบการเฉือน	11
ภาพที่ 2.10 แสดงความแตกต่างของพื้นที่ผิวสัมผัสทั้งสองระหว่าง พิน และแผ่น	11
ภาพที่ 2.11 แสดงพื้นผิวด้านข้างชิ้นงานหลังจากผ่านกรรมลดความหนาผนังชิ้นงาน	13
ภาพที่ 2.12 (A)แสดงขั้นตอนการทำงานในกระบวนการลากขึ้นรูป (B)แสดง การลากขึ้นรูปโดยใช้แผ่นกดชิ้นงานไม่ใช่	14
ภาพที่ 2.13 แสดงลักษณะของแรงต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการลากขึ้นรูปลึก	15
ภาพที่ 2.14 แสดงสภาวะความเค้นที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการลากขึ้นรูปลึก	16
ภาพที่ 2.15 แสดงแผนภูมิของค่าสัมประสิทธิ์ของการครีดยื่นรูป (C _r)	25
ภาพที่ 2.16 แสดงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีลดความหนาผนังชิ้นงาน	26
ภาพที่ 2.17 แสดงกรรมวิธีลดความหนาผนังชิ้นงาน	26
ภาพที่ 2.18 แสดงแผนภาพสมดุลของแรงในกรรมวิธีลดความหนาผนัง	30
ภาพที่ 2.19 แสดงลักษณะของ Macro – Shearing Redundant Distortion	30

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
ภาพที่ 2.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการเคลื่อนที่ของพันธ์ในกรรมวิธี ลดความหนาผนัง	32
ภาพที่ 2.21 แสดงส่วนประกอบของแรงในกรรมวิธีลดความหนาผนังขึ้นงาน	32
ภาพที่ 2.22 แสดงลักษณะการเกิด Ironing Wave ในระหว่างการลดความหนาผนังขึ้นงาน	33
ภาพที่ 2.23 แสดงอิทธิพลมุมของคาน และการเกิดความหนาของคลื่นในระหว่างการลด ความหนาผนัง	33
ภาพที่ 2.24 แสดงเครื่องทดสอบ โลหะแผ่น	34
ภาพที่ 3.1 แสดงแผนภูมิของค่าสัมประสิทธิ์ของการกดรีดขึ้นรูป (C_r)	38
ภาพที่ 3.2 แสดง Deep Drawing & Ironing Punch	43
ภาพที่ 3.3 แสดง Ironing Die-25%	43
ภาพที่ 3.4 แสดง Ironing Die-35%	43
ภาพที่ 3.5 แสดง Ironing Die-45%	44
ภาพที่ 3.6 แสดง Ironing Die-55%	44
ภาพที่ 3.7 แสดง Ironing Die-60%	45
ภาพที่ 3.8 แสดงเครื่องตัด โลหะด้วยลวดนำกระแสไฟฟ้า ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์	45
ภาพที่ 3.9 แสดงการตัดขึ้นงานด้วยเครื่องว้ายคัท	46
ภาพที่ 3.10 แสดงเครื่องทดสอบ โลหะแผ่น	46
ภาพที่ 3.11 โลหะแผ่นที่ใช้ในการทดลอง	47
ภาพที่ 3.12 แผ่นขึ้นงานเปล่า	47
ภาพที่ 3.13 ชุดอุปกรณ์วัดความเรียบผิว	48
ภาพที่ 3.14 ลักษณะเครื่องวัดความเรียบผิว และ การวัดความเรียบผิวขึ้นงาน	48
ภาพที่ 3.15 เวอร์เนียคาลิเปอร์ แบบดิจิตอล	49
ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงความสูงของ SUS 304	53
ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงความสูงของ SUS 430	54
ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความสูงของ SPCEN	54

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงความสูงของ SPCC	55
ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงความสูงของ BRASS	56
ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงความสูงของ ALUMINUM	56
ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงความหนาของวัสดุ 304	57
ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงความหนาของวัสดุ 430	58
ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงความหนาของวัสดุ SPCC	58
ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงความหนาของวัสดุ SPCC	59
ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงความหนาของวัสดุ BRASS	60
ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงความหนาของวัสดุ ALUMINUM	61
ภาพที่ 4.13 กราฟขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของ SUS 304	61
ภาพที่ 4.14 กราฟขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของ SUS 403	62
ภาพที่ 4.15 กราฟขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของ SPCC	62
ภาพที่ 4.16 กราฟขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของ SPCC	63
ภาพที่ 4.17 กราฟขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของ BRASS	63
ภาพที่ 4.18 กราฟขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของ ALUMINUM	64
ภาพที่ 4.19 กราฟแสดงเปรียบเทียบค่าความเรียบผิวของวัสดุ SUS304	64
ภาพที่ 4.20 กราฟแสดงเปรียบเทียบค่าความเรียบผิวของวัสดุ SUS 430	65
ภาพที่ 4.21 กราฟแสดงเปรียบเทียบค่าความเรียบผิวของวัสดุ SPCC	65
ภาพที่ 4.22 กราฟแสดงเปรียบเทียบค่าความเรียบผิวของวัสดุ SPCC	66
ภาพที่ 4.23 กราฟแสดงเปรียบเทียบค่าความเรียบผิวของวัสดุ BRASS	66
ภาพที่ 4.24 กราฟแสดงเปรียบเทียบค่าความเรียบผิวของวัสดุ ALUMINUM	67
ภาพที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบแรงของวัสดุ SUS 304	67
ภาพที่ 4.26 แสดงการเปรียบเทียบแรงของวัสดุ SUS 430	68
ภาพที่ 4.27 แสดงการเปรียบเทียบแรงของวัสดุ SPCC	68

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
ภาพที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบแรงของวัสดุ SPCC	69
ภาพที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบแรงของวัสดุ BRASS	69
ภาพที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบแรงของวัสดุ ALUMINUM	70
ภาพที่ 4.31 แสดงการเปรียบเทียบแรงของวัสดุ SUS 304	70
ภาพที่ 4.32 แสดงการเปรียบเทียบแรงของวัสดุ SUS 430	71
ภาพที่ 4.33 แสดงการเปรียบเทียบแรงของวัสดุ SPCEN	71
ภาพที่ 4.34 แสดงการเปรียบเทียบแรงของวัสดุ SPCC	72
ภาพที่ 4.35 แสดงการเปรียบเทียบแรงของวัสดุ BRASS	72
ภาพที่ 4.36 แสดงการเปรียบเทียบแรงของวัสดุ ALUMINUM	73
ภาพที่ 4.37 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การขึ้นรูป Ironing 25%	73
ภาพที่ 4.38 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การขึ้นรูป Ironing 35%	74
ภาพที่ 4.39 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การขึ้นรูป Ironing 45%	75
ภาพที่ 4.40 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การขึ้นรูป Ironing 55%	75
ภาพที่ 4.41 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การขึ้นรูป Ironing 60%	76
ภาพที่ 4.42 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การขึ้นรูป Ironing 25%	77
ภาพที่ 4.43 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การขึ้นรูป Ironing 35%	78
ภาพที่ 4.44 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การขึ้นรูป Ironing 45%	79
ภาพที่ 4.45 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การขึ้นรูป Ironing 55%	80
ภาพที่ 4.46 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การขึ้นรูป Ironing 60%	81

รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	หน่วย
A_{BH} = พื้นที่สัมผัสของแผ่นจับยึดชิ้นงาน	(ตารางมิลลิเมตร)
C = เป็นตัวประกอบค่าคงที่	
d_o = เส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นเปล่า	(มิลลิเมตร)
d_m = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของถ้วยกลม	(มิลลิเมตร)
d_l = เส้นผ่านศูนย์กลางของกันถ้วย (โดยไม่รวมรัศมี)	(มิลลิเมตร)
d_i = เส้นผ่านศูนย์กลางในถ้วย	(มิลลิเมตร)
F_{BH} = แรงกดแผ่นเปล่า	(นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)
F_c = แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูป	(นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)
F_i = แรงที่ใช้ในการลดความหนาผนัง	(นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)
F_{cr} = แรงกดถ้วยที่ทำให้เกิดการแตก	(นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)
F = แรงของความเสียดทาน	(นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)
H = ความสูงทั้งหมดของถ้วย	(มิลลิเมตร)
h_i = ความสูงชิ้นงานหลังจากลดความหนาผนัง	(มิลลิเมตร)
h = ความสูงถ้วย (โดยที่ไม่รวมรัศมี)	(มิลลิเมตร)
h_o = ความสูงชิ้นงานก่อนลดความหนาผนัง	(มิลลิเมตร)
P_{BH} = แรงดันแผ่นจับยึดชิ้นงาน	(นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)
I_D = รัศมีคาย	(มิลลิเมตร)
$R_{a,d}$ = ความเรียบผิวคาย	(ไมโครเมตร)
$\%R$ = อัตราส่วนการลดความหนาผนัง	
$R_{a,w}$ = ความเรียบผิวชิ้นงานที่ผ่านขบวนการลากขึ้นรูป	(ไมโครเมตร)
$R_{a,wi}$ = ความเรียบผิวชิ้นงานที่ได้จากกรรมวิธีลดความหนาผนัง	(ไมโครเมตร)
R_o = รัศมีภายนอกถ้วยก่อนลดความหนาผนัง	(มิลลิเมตร)
r_p = รัศมีพื้นซ์	(มิลลิเมตร)
$\%R_{max}$ = อัตราส่วนการลดความหนาผนังชิ้นงาน ที่กระทำได้สูงสุด	(เปอร์เซ็นต์)
$\%R_H$ = เปอร์เซนต์อัตราส่วนการลดความหนาผนังชิ้นงานทั้งหมด	(เปอร์เซ็นต์)

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

$\%R_{1l}$	=	เปอร์เซ็นต์อัตราส่วนการลดความหนาผนังชิ้นงานในขั้นตอนที่ 1 (เปอร์เซ็นต์)
R_f	=	รัศมีภายนอกถ้วยหลังจากผ่านกรรมวิธีลดความหนาผนัง (มิลลิเมตร)
$\%R_{1n}$	=	เปอร์เซ็นต์อัตราส่วนการลดความหนาผนังชิ้นงานในขั้นตอนที่ n (เปอร์เซ็นต์)
R_a	=	วิธีการเฉลี่ยเส้นศูนย์กลาง (ไมโครเมตร)
R_q	=	ความสูงรากตัวกลางกำลังสองของค่าเฉลี่ย (ไมโครเมตร)
R_t	=	ความสูงจากยอดถึงปลายล่างสุดของถ้วย (ไมโครเมตร)
R_i	=	รัศมีพื้นซ์ (มิลลิเมตร)
SS_E	=	ผลรวมของความคลาดเคลื่อนของข้อมูล
SS_T	=	ผลรวมกำลังสองของข้อมูลที่ได้จากการสุ่ม
SS_{Tr}	=	ผลรวมกำลังสองเนื่องจากทรีตเมนต์
S_u	=	ความแข็งแรงสูงสุดของแผ่นงาน (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)
S_{av}	=	ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยของวัสดุ (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)
S_o	=	ความหนาแผ่นงาน (มิลลิเมตร)
t_f	=	ความหนาผนังชิ้นงานสุดท้ายถ้วย (มิลลิเมตร)
t_o	=	ความหนาผนังชิ้นงานเริ่มต้นถ้วย (มิลลิเมตร)
V_o	=	ความเร็วพื้นที่กระทำต่อชิ้นงานก่อนลดความหนาผนัง (มิลลิเมตร/นาทีก)
V_f	=	ความเร็วพื้นที่กระทำต่อชิ้นงานหลังลดความหนาผนัง (มิลลิเมตร/นาทีก)
α	=	การปฏิเสธสมมุติฐานหลักทั้ง ๆ ที่สมมุติฐานหลักนั้นเป็นจริง
β	=	การยอมรับสมมุติฐานหลักทั้ง ๆ ที่สมมุติฐานหลักนั้นไม่เป็นจริง

ประมวลศัพท์และคำย่อ

Annealing	=	การอบอ่อน
Apparent Contact area	=	พื้นที่ผิวทั้งหมดของชิ้นงาน
Blank	=	แผ่นเปล่า ที่พร้อมนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป
Blank Holder	=	ตัวกดจับยึดแผ่นงาน
Blanking Process	=	กรรมวิธีการตัดแผ่นเปล่า
Coating	=	การเคลือบผิว
Corrosion Resistance	=	ความต้านทานการกัดกร่อน
Contact Pressure	=	แรงกดสัมผัส
Deep Drawing Process	=	กรรมวิธีลากขึ้นรูปลึก
Die – Semi Angle	=	มุมเอียงของดาบ
Ductility	=	ความสามารถในการยืดตัว
Distortion	=	การบิดเบี้ยวของเนื้อชิ้นงาน
Deformation	=	การเปลี่ยนรูปของชิ้นงาน
Elastic Recovery	=	การคืนตัวในช่วงยืดหยุ่น
Electroplating	=	การเคลือบผิวชิ้นงานด้วยกระแสไฟฟ้า
Hard Chrome	=	การบวกรูทโครเมียม
Ironing Process	=	กรรมวิธีลดความหนาผนัง
Ironing Ratio	=	อัตราส่วนการลดความหนาผนัง
Ironing Wave	=	การเกิดคลื่นหลังจากลดความหนาผนัง
Inhomogeneous deformation	=	การเปลี่ยนรูปของชิ้นงานที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน
Maximum Punch Load	=	แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปสูงสุด
Maximum Axial Stress	=	ความเค้นตามแนวแกนสูงสุด
Nitriding	=	กระบวนการไนไตรด์
Normal Load	=	แรงกดจากพันธ
Particle-reinforced Composite	=	การผลิตผิวเคลือบวัสดุผสมเสริมอนุภาพแข็ง
Plastic Deformation	=	การเปลี่ยนรูปอย่างถาวร
Redrawing Process	=	กรรมวิธีลากขึ้นรูปซ้ำ
Redrawing Ratio	=	อัตราส่วนการลากขึ้นรูปซ้ำ

ประมวลศัพท์และคำย่อ(ต่อ)

Reduction Ratio of Wall Thickness	=	อัตราส่วนของการลดความหนาผนัง
Redundant Shearing	=	แรงเฉือนของชิ้นงานที่เกิดจากரிคั้นแดนท
Real Contact area	=	พื้นที่สัมผัสจริง
Shear Strength	=	ความแข็งแรงเฉือน
SPCC	=	โลหะแผ่นที่ใช้ในการขึ้นรูป
SPCEN	=	โลหะแผ่นที่ใช้ในการขึ้นรูป
Strain Hardening	=	ความแข็งแรงเครียด
Surface Finish	=	พื้นผิวชิ้นงานในขั้นสุดท้าย
Surface Roughness	=	ความหยาบละเอียดของพื้นผิวงาน
Strip	=	แผ่นเปล่า
SUS 304	=	เหล็กกล้าไร้สนิมชนิดแผ่นที่ใช้ในการขึ้นรูป
SUS 430	=	เหล็กกล้าไร้สนิมชนิดแผ่นที่ใช้ในการขึ้นรูป
Tensile Strength	=	ความแข็งแรงดึง
Tube Drawing	=	การขึ้นรูปท่อ
Thin – Walled Cup	=	ถ้วยจะมีผนังที่บางลง หลังจากผ่านกรรมวิธีลดความหนาผนัง
Uniaxial Tension	=	ความเค้นตามแนวการดึง
Unshearing	=	บริเวณชิ้นงานที่ไม่ถูกเปลี่ยนรูปโดยแรงเฉือน
Wire Drawing	=	การดึงลวด
Wear Resistance	=	ความต้านทานการสึกหรอ
Shear Factor	=	ตัวประกอบการเฉือน