สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงงาน	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
ลำดับสัญลักษณ์	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบข่ายของโครงงาน	2
1.4 กิจกรรมการดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 ทฤษฎีลวดสปริง	3
2.2 การโก่งตัวของคาน	14
2.3 ความแข็งแรงของเสาค้ำยัน	19
2.4 ทฤษฎีการ Machining	22
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 หลักการทำงานของตัวรองรับชิ้นงานแบบหัวบอล	24
3.2 การออกแบบตัวรองรับชิ้นงานแบบอิสระ(Natural Clamp)	30
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	41

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

4.1 ลำดับการติดตั้งตัวรองรับชิ้นงานแบบอิสระลงบนแท่นจับชิ้นงาน 56

4.2 การเปรียบเทียบค่าระหว่างก่อนและหลังการติดตั้งตัวรองรับงานแบบอิสระ 57

4.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการติดตั้งตัวรองรับชิ้นงานแบบอิสระ(Natural Clamp) 58

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินโครงงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน 60

5.2 ข้อเสนอแนะ 60

บรรณานุกรม 61

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก 62

ภาคผนวก ข 66

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 73

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการทำงาน 2

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางกลของลวดสปริง 5

ตารางที่ 2.2 ค่าประมาณของความยาวอิสระและความยาวแข็งตัว 12

ตารางที่ 2.3 ค่าความเค้นเฉือนออกแบบสำหรับวัสดุสปริง 13

ตารางที่ 2.4 ค่าของ k สำหรับสภาพจุดรองรับที่ปลายเสาทั่วไป 20

ตารางที่ 2.5 ค่าของ C_c สำหรับเหล็กกล้าทั่วไป 20

ตารางที่ 2.6 ค่าตัวแปรเผื่อความปลอดภัย N_y 21

ตารางที่ 4.1 แสดงลำดับการติดตั้งตัวรองรับชิ้นงานแบบอิสระลงบนแท่นจับชิ้นงาน 56

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า Cpk ของเครื่อง BR 85 ก่อนทำการติดตั้งตัวรองรับงานแบบอิสระ 57

ตารางที่ 4.3 แสดงค่า Cpk ของเครื่อง BR 85 หลังทำการติดตั้งตัวรองรับงานแบบอิสระ 58

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 สปริงขด 6

รูปที่ 2.2 ค่าตัวประกอบความเค้นหนาแน่นสำหรับสปริงขดรับแรงดึงและรับแรงกด 8

รูปที่ 2.3 การรวมความเค้นไนสปริงขด 8

รูปที่ 2.4 มุมขดของสปริง 9

รูปที่ 2.5 ปลายสปริงขดรับแรงกด 10

รูปที่ 2.6 ระยะยุบตัวของสปริงขด 11

รูปที่ 2.7 แสดงเส้นในแนวยาวตามลักษณะของคาน 15

รูปที่ 2.8 แสดงการกลึง 22

รูปที่ 2.9 แสดงความเร็วตัด ระยะป้อน ความลึกตัด 23

รูปที่ 2.10 แสดงการเจาะ 23

รูปที่ 3.1 แสดงตัวรองรับชิ้นงานแบบหัวบอล 24

รูปที่ 3.2 แสดงการรองรับชิ้นงานของตัวรองรับชิ้นงานแบบหัวบอล 25

รูปที่ 3.3 แสดงการรองรับชิ้นงานที่บิดเบี้ยวของตัวรองรับชิ้นงานแบบหัวบอล 25

รูปที่ 3.4 ส่วนประกอบของตัวรองรับชิ้นงานแบบอิสระ 27

รูปที่ 3.5 แสดงการเคลื่อนที่ของ Natural Shaft 27

รูปที่ 3.6 แสดงการรองรับงานของตัวรองรับชิ้นงานแบบอิสระ(Natural Clamp) 28

รูปที่ 3.7 แสดงการปล่อยลมเข้าที่ Fitting 28

รูปที่ 3.8 แสดงการเคลื่อนที่ออกของ Control Pistol 29

รูปที่ 3.9 Natural Shaft ถูกล็อกโดย Cylinder Cam 29

รูปที่ 3.10 แสดงการคลายตัวของสปริงที่ดัน Control Bracer กลับ 30

รูปที่ 3.11 แท่งจับชิ้นงานที่ติดตั้งตัวรองรับแบบหัวบอล 41

รูปที่ 3.12 แสดงการปิด Pressure Gauge ที่ด้านหลังเครื่อง 42

รูปที่ 3.13 แสดงการถอดสายลมออกจากแท่นจับชิ้นงาน(Fixture) 42

รูปที่ 3.14 แสดงการถอด Screw ออกจากแท่นจับชิ้นงาน 42

รูปที่ 3.15 แสดงการถอด Pin ออกจากแท่นจับชิ้นงาน 43

รูปที่ 3.16 แสดงการนำแท่นจับชิ้นงานออกจากเครื่อง 43

รูปที่ 3.17 แสดงการถอดตัวรองรับงานแบบหัวตัดออกจากแท่นจับชิ้นงาน 44

รูปที่ 3.18 แสดงการเจาะรูในบริเวณที่ทำเครื่องหมายไว้ 44

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.19 แสดงการทำระยะเจาะรูเพื่อติดตั้งตัวรองรับชิ้นงานแบบอิสระ(Natural Clamp) 44

รูปที่ 3.20 แสดงการเจาะรูด้วย Drill Ø 5..5 มิลลิเมตร 45

รูปที่ 3.21 แสดงการเจาะรูด้วย Drill Ø 8 มิลลิเมตร 45

รูปที่ 3.22 แสดงแท่นจับชิ้นงานที่ทำการเจาะรูแล้ว 45

รูปที่ 3.23 แสดงการติดตั้งตัวรองรับชิ้นงานแบบอิสระ(Natural Clamp) ลงแท่นจับชิ้นงาน 46

รูปที่ 3.24 แสดงการต่อสายลมเข้ากับตัวรองรับงานแบบอิสระ(Natural Clamp) 46

รูปที่ 3.25 แสดงการใส่แท่นจับชิ้นงานที่ทำการติดตั้งตัวรองรับชิ้นงานแบบอิสระแล้วลงเครื่อง 47

รูปที่ 3.26 แสดงการยึดแท่นจับชิ้นงานเข้ากับเครื่อง 47

รูปที่ 3.27 แสดงการต่อสายลมจากเครื่องเข้ากับแท่นจับชิ้นงาน(Fixture) 47

รูปที่ 3.28 แสดงการทดสอบการต่อสายลมว่าถูกต้องหรือไม่ 48

รูปที่ 3.29 แสดงการต่อสายลมAir Flow เข้ากับตัวรองรับชิ้นงานแบบอิสระ(Natural Clamp) 48

รูปที่ 3.30 แสดงการป้อนคำสั่งให้ตัวรองรับชิ้นงานทำงาน 49

รูปที่ 3.31 แสดงการต่อสายลมจากเครื่องเข้ากับตัวรองรับชิ้นงานแบบอิสระ(Natural Clamp) 49

รูปที่ 3.32 แสดงการทดสอบตัวรองรับชิ้นงานแบบอิสระ(Natural Clamp)หลังจากป้อนคำสั่ง 50

รูปที่ 3.33 แสดงการใส่ End mill Ø 3 มิลลิเมตร 50

รูปที่ 3.34แสดงการหลอกเครื่องว่าปิดประตูเครื่องแล้ว 50

รูปที่ 3.35 แสดงการทำเครื่องหมายที่ตัวรองรับชิ้นงานแบบอิสระเพื่อทำการกัด 51

รูปที่ 3.36 แสดงการกัดตัวรอบรับแกน Z 51

รูปที่ 3.37 แสดงการกัด Natural Shaft 52

รูปที่ 3.38 แสดงการกัดตัวรองรับแกน Y 52

รูปที่ 3.39 แสดงการทดสอบ Air sensor 53

รูปที่ 3.40 แสดงตำแหน่งจุดอ้างอิงของชิ้นงาน 55

ลำดับสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
σ_u	ความต้านแรงดึงต่ำสุด	N/mm^2
δ	ระยะยุบตัวของสปริง	mm
τ_n	ความต้านแรงเฉือนทนทาน	N/mm^2
τ_y	ความต้านแรงเฉือนคราก	N/mm^2
A	พื้นที่หน้าตัดของคาน	m^2
C	ดัชนีสปริง	
D	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดสปริง	mm
D_o	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกก่อนขยายตัว	mm
$\check{D}_o$	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกหลังขยายตัว	mm
E	โมดุลัสความยืดหยุ่น	kN/mm^2
G	โมดุลัสเฉือนของวัสดุ	kN/mm^2
$I_{C.G.}$	โมเมนต์ของความเฉื่อยรอบแกนสะเทิน	mm^4
$I_{N.A.}$	โมเมนต์ของความเฉื่อยรอบแกนที่ต้องการหา	mm^4
K	ตัวคงที่ขึ้นอยู่กับสภาพของจุดรองรับ	
K_c	ตัวประกอบความโค้ง	
K_s	ตัวประกอบความเค้นเฉือน	
L	ช่วงความยาวที่ต้นเสาค้ำอยู่	mm
L_f	ความยาวอิสสระ	mm
L_s	ความยาวแข็งตัว	mm
n_t	จำนวนขดทั้งหมดของสปริง	ขด
P	ความดัน	MPa