หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาขนาดของแรงจากสปริงขดลวดชนิดเปิด ที่ทำจากลวดขนาด 0.010 นิ้ว และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในขดลวด 0.030 นิ้ว ความยาว 10 15 และ 20 มม. ทำจากโลหะเอลจิลอย โครมอัลลอย สเตนเลสสตีล และ ไนทาเนียม ชนิดละ 30 ตัวอย่าง ตามลำดับ วัดแรงด้วยเครื่องมือ ยูนิเวอร์แซลเทสติงมะชีน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ ดังนี้

1. เพื่อศึกษา และเปรียบเทียบขนาดของแรง จากสปริงขดลวดชนิดเปิดที่ทำจากโลหะต่างชนิดกันเมื่อมีขนาดลวด และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในขดลวดเท่ากัน และถูกกดเป็นระยะทางเท่ากัน โดยใช้ค่ามัชฌิมเลขคณิต เพื่อวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อวัดการกระจายของข้อมูล (ตารางที่ 3-5)

1.1 สปริงขดลวดชนิดเปิดขนาด 0.010 x 0.030 นิ้ว ถูกกดเป็นระยะทาง 1/4 ของความยาวสปริงเริ่มต้น

1.1.1 ความยาวสปริง 10 มม. พบว่า ขนาดแรงที่วัดได้จากสปริงสเตนเลสสตีล มีค่ามากที่สุด คือ 430.67 กรัม รองลงมาคือ แรงจากสปริงโครมอัลลอย มีค่า 398.17 กรัม รองลงมาได้แก่ แรงจากสปริงเอลจิลอยวัดได้ 102.50 กรัม และแรงจากสปริงไนทาเนียม มีค่าน้อยที่สุดคือ 75.83 กรัม (ตารางที่ 3)

1.1.2 ความยาวสปริง 15 มม. พบว่า ขนาดแรงที่วัดได้จากสปริงสเตนเลสสตีล มีค่ามากที่สุด คือ 580.83 กรัม รองลงมาคือแรงจากสปริงโครมอัลลอย มีค่า 554.33 กรัม รองลงมาได้แก่ แรงจากสปริงเอลจิลอยวัดได้ 319.83 กรัม และแรงจากสปริงไนทาเนียม มีค่าน้อยที่สุดคือ 77.00 กรัม (ตารางที่ 3)

1.1.3 ความยาวสปริง 20 มม. แรงจากสปริงสเตนเลสสตีล มีค่ามากที่สุดคือ 590.67กรัม รองลงมาคือแรงจากสปริงโครมอัลลอยมีค่า 577.17 กรัม รองลงมาได้แก่ แรงจากสปริงเอลจิลอย วัดได้ 236.33 กรัม และแรงจากสปริงไนทาเนียม มีค่าน้อยที่สุด คือ 82.67 กรัม (ตารางที่ 3)

1.2 สปริงขดลวดชนิดเปิดขนาด 0.010 x 0.030 นิ้ว ถูกกดเป็นระยะทาง 1/3 ของความยาวสปริงเริ่มต้น

1.2.1 ความยาวสปริง 10 มม. พบว่า ขนาดแรงที่วัดได้จากสปริงสเตนเลสสตีล มีค่ามากที่สุด คือ 549.00 กรัม รองลงมาคือแรงจากสปริงโครมอัลลอย มีค่า 507.00 กรัม รองลงมาได้แก่ แรงจากสปริงเอลจิลอย วัดได้ 136.00 กรัม และแรงจากสปริงไนทาเนียม มีค่าน้อยที่สุดคือ 99.33 กรัม (ตารางที่ 4)

1.2.2 ความยาวสปริง 15 มม. พบว่า ขนาดแรงที่วัดได้จากสปริงสเตนเลสสตีล มีค่ามากที่สุด คือ 734.67 กรัม รองลงมาคือแรงจากสปริงโครมอัลลอย มีค่า 706.00 กรัม รองลงมาได้แก่ แรงจากสปริงเอลจิลอยวัดได้ 415.00 กรัม และแรงจากสปริงไนทาเนียม มีค่าน้อยที่สุดคือ 101.67 กรัม (ตารางที่ 4)

1.2.3 ความยาวสปริง 20 มม. แรงจากสปริงสเตนเลสสตีล มีค่ามากที่สุด คือ 734.50 กรัม รองลงมาคือแรงจากสปริงโครมอัลลอยมีค่า 715.33 กรัม รองลงมาได้แก่ แรงจากสปริง เอลจิลอยวัดได้ 313.83 กรัม และแรงจากสปริงไนทาเนียม มีค่าน้อยที่สุด คือ 107.00 กรัม (ตารางที่ 4)

1.3 สปริงขดลวดชนิดเปิดขนาด 0.010x 0.030 นิ้ว ถูกกดเป็นระยะทาง 1/2 ของความยาวสปริงเริ่มต้น

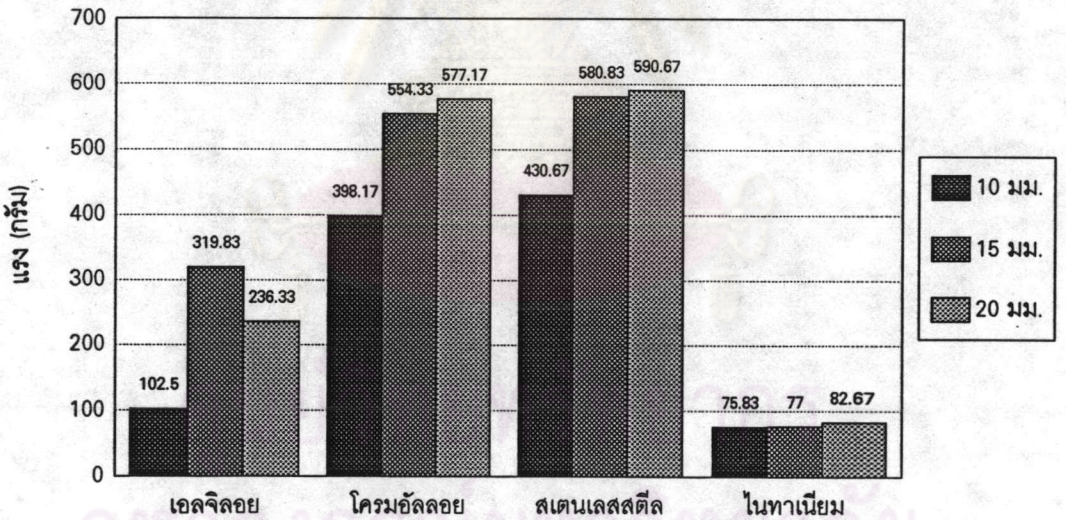
1.3.1 ความยาวสปริง10 มม. พบว่าไม่สามารถวัดแรงจากสปริงเอลจิลอยได้ เนื่องจากขดลวดชิดกันเสียก่อน แรงที่วัดได้จากสปริงสเตนเลสสตีล มีค่า 675.83 กรัม รองลงมาได้แก่ แรงจากสปริงโครมอัลลอย วัดได้ 647.83 กรัม และแรงจากสปริง ไนทาเนียม มีค่าน้อยที่สุดคือ 132.00 กรัม (ตารางที่ 5)

1.3.2 ความยาวสปริง 15 มม. พบว่า ขนาดแรงที่วัดได้จากสปริงสเตนเลสสตีล มีค่ามากที่สุด คือ 920.83 กรัม รองลงมาคือแรงจากสปริงโครมอัลลอย มีค่า 889.83 กรัม รองลงมาได้แก่ แรงจากสปริงเอลจิลอยวัดได้ 871.67 กรัม และแรงจากสปริงไนทาเนียม มีค่าน้อยที่สุดคือ 139.17 กรัม (ตารางที่ 5)

1.3.3 ความยาวสปริง 20 มม. แรงจากสปริงสเตนเลสสตีล มีค่ามากที่สุด คือ 934.17 กรัม รองลงมาคือแรงจากสปริงโครมอัลลอยมีค่า 916.50 กรัม รองลงมาได้แก่ แรงจากสปริงเอลจิลอยวัดได้ 502.71 กรัม และแรงจากสปริงไนทาเนียม มีค่าน้อยที่สุด คือ 147.17 กรัม (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแรงจากสปริงที่กดเป็นระยะทาง 1/4 ของความยาวสปริงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นกรัม

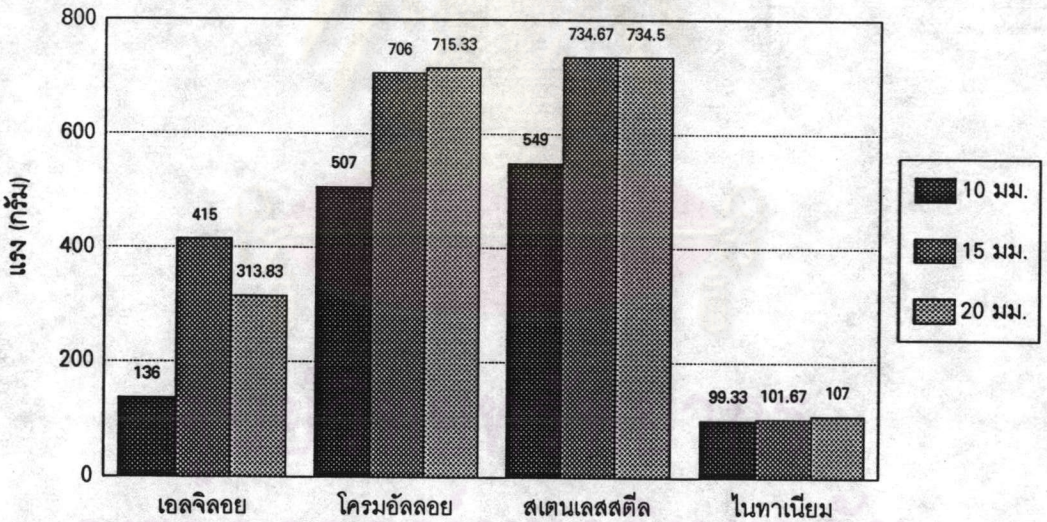
ชนิดโลหะ	ความยาว 10 มม.	ความยาว 15 มม.	ความยาว 20 มม.
เอลจิลอย	102.50 (7.74)	319.83 (45.08)	236.33 (5.24)
โครมอัลลอย	398.17 (9.24)	554.33 (11.72)	577.17 (8.27)
สเตนเลสสตีล	430.67 (10.56)	580.83 (27.23)	590.67 (27.03)
ไนทาเนียม	75.83 (5.58)	77.00 (2.49)	82.67 (4.87)



รูปที่ 25 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ย ของแรงจากสปริงที่กดเป็นระยะทาง 1/4 ของความยาวสปริงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นกรัม

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแรงจากสปริงที่กดเป็นระยะทาง 1/3 ของความยาวสปริงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นกรัม

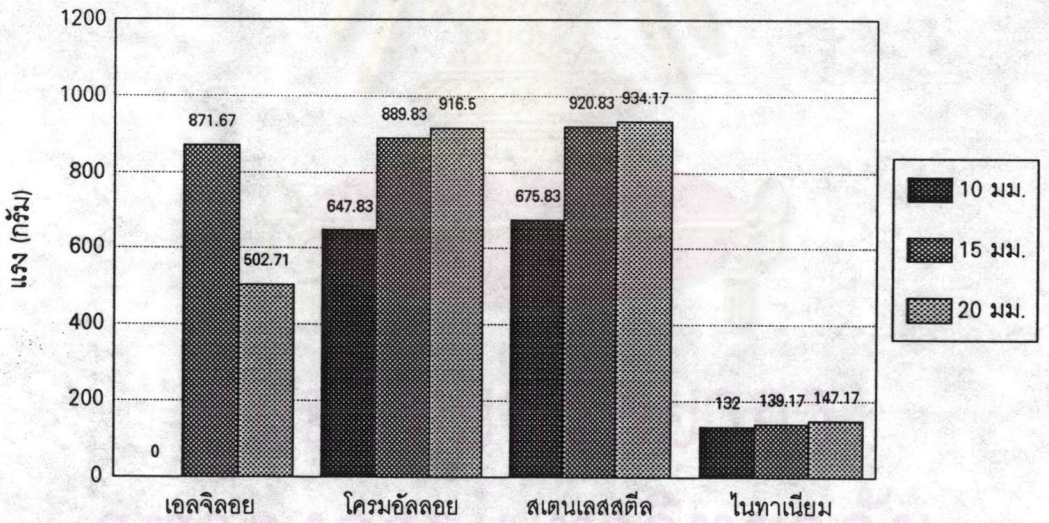
ชนิดโลหะ	ความยาว 10 มม.	ความยาว 15 มม.	ความยาว 20 มม.
เอลจิลอย	136.00 (8.35)	415.00 (57.83)	313.83 (21.68)
โครมอัลลอย	507.00 (10.47)	706.00 (19.49)	715.33 (9.09)
สเตนเลสสตีล	549.00 (9.14)	734.67 (27.63)	734.50 (28.32)
ไนทาเนียม	99.33 (6.66)	101.67 (3.56)	107.00 (5.96)



รูปที่ 26 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ย ของแรงจากสปริงที่กดเป็นระยะทาง 1/3 ของความยาวสปริงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นกรัม

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแรงจากสปริงที่กดเป็นระยะทาง 1/2 ของความยาวสปริงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นกรัม

ชนิดโลหะ	ความยาว 10 มม.	ความยาว 15 มม.	ความยาว 20 มม.
เอลจิลอย	---	871.67(92.84)	502.71(42.45)
โครมอัลลอย	647.83 (15.12)	889.83 (15.06)	916.50 (19.48)
สเตนเลสสตีล	675.83 (20.85)	920.83 (31.52)	934.17 (29.63)
ไนทาเนียม	132.00 (7.94)	139.17 (4.37)	147.17 (6.52)



รูปที่ 27 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ย ของแรงจากสปริงที่กดเป็นระยะทาง 1/2 ของความยาวสปริงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นกรัม

2. เพื่อศึกษาขนาดของแรงจากสปริงขดลวดชนิดเปิด ที่ทำจากโลหะชนิดเดียวกัน ขนาดเดียวกัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในขดลวดเท่ากัน แต่มีความยาวต่างกัน และถูกกดเป็นระยะทาง 1/4 1/3 และ1/2 ของความยาวสปริง โดยใช้ค่ามัชฌิมเลขคณิต เพื่อวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อวัดการกระจายของข้อมูล (ตารางที่ 6)

2.1 สปริงขดลวดชนิดเปิดขนาด 0.010 x 0.030 นิ้ว ทำจากโลหะผสมเอลจิลอย

2.1.1 ความยาวสปริง 10 มม. พบว่าขนาดของแรงเพิ่มขึ้น เมื่อกดสปริงมากขึ้น โดยขนาดของแรงเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือ 2.5 มม.) มีค่า 102.50 กรัม และเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง1/3 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือประมาณ 3.33 มม.) มีค่า 136.00 กรัม แต่เมื่อกดสปริงยังไม่ถึงระยะทาง 1/2 ของความยาวสปริงขดลวดก็ชิดกันก่อน จึงไม่สามารถวัดแรงได้ (ตารางที่ 6)

2.1.2 ความยาวสปริง 15 มม. พบว่าขนาดของแรงเพิ่มขึ้น เมื่อกดสปริงมากขึ้น โดยขนาดของแรงเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือ 3.75 มม.) มีค่า 319.83 กรัม และเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/3 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือ5.00 มม.) มีค่า 415.00 กรัม เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/2 ของความยาวสปริง (หรือ 7.50 มม.) วัดแรงได้ 871.67 กรัม (ตารางที่ 6)

2.1.3 ความยาวสปริง 20 มม. พบว่าขนาดของแรงเพิ่มขึ้น เมื่อกดสปริงมากขึ้น โดยขนาดของแรงเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือ 5.00 มม.) มีค่า 236.33 กรัม และเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/3 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือประมาณ 6.67 มม.) มีค่า 313.83 กรัม เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/2 ของความยาวสปริง (หรือ10.00.มม.) วัดแรงได้ 502.71 กรัม (ตารางที่ 6)

2.2 สปริงขดลวดชนิดเปิด ขนาด 0.010 x 0.030 นิ้ว ทำจากโลหะผสมโครมอัลลอย

2.2.1 ความยาวสปริง 10 มม. พบว่าขนาดของแรงเพิ่มขึ้นเมื่อกดสปริงมากขึ้น โดยขนาดของแรงเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือ 2.5 มม.) มีค่า 398.17 กรัม และเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/3 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือประมาณ 3.33 มม.) มีค่า 507.00 กรัม เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/2 ของความยาวสปริง (หรือ 5.00 มม.) วัดแรงได้ 647.83 กรัม(ตารางที่ 7)

2.2.2 ความยาวสปริง 15 มม. พบว่าขนาดของแรงเพิ่มขึ้นเมื่อกดสปริงมากขึ้น โดยขนาดของแรงเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือ

3.75 มม.) มีค่า 554.33 กรัม และเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/3 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือ5.00 มม.) มีค่า 706.00 กรัม เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/2 ของความยาวสปริง (หรือ 7.50 มม.) วัดแรงได้ 889.83 กรัม (ตารางที่ 7)

2.2.3 ความยาวสปริง 20 มม. พบว่าขนาดของแรงเพิ่มขึ้น เมื่อกดสปริงมากขึ้น โดยขนาดของแรงเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือ 5.00 มม.) มีค่า 557.17 กรัม และเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/3 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือประมาณ 6.67 มม.) มีค่า 715.33 กรัม เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/2 ของความยาวสปริง (หรือ10.00.มม.) วัดแรงได้ 916.50 กรัม (ตารางที่ 7)

2.3 สปริงขดลวดชนิดเปิดขนาด 0.010 x 0.030 นิ้ว ทำจากลวดเหล็กกล้าไร้สนิม

2.3.1 ความยาวสปริง 10 มม. พบว่าขนาดของแรงเพิ่มขึ้น เมื่อกดสปริงมากขึ้น โดยขนาดของแรง เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือ 2.5 มม.) มีค่า 430.67 กรัม และเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/3 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือประมาณ 3.33 มม.) มีค่า 549.00 กรัม เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/2 ของความยาวสปริง (หรือ 5.00 มม.) วัดแรงได้ 675.83 กรัม(ตารางที่ 8)

2.3.2 ความยาวสปริง 15 มม. พบว่าขนาดของแรงเพิ่มขึ้น เมื่อกดสปริงมากขึ้น โดยขนาดของแรงเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือ 3.75 มม.) มีค่า 580.83 กรัม และเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/3 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือ5.00 มม.) มีค่า 734.67 กรัม เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/2 ของความยาวสปริง (หรือ7.50 มม.) วัดแรงได้ 920.83 กรัม (ตารางที่ 8)

2.3.3 ความยาวสปริง 20 มม. พบว่าขนาดของแรงเพิ่มขึ้น เมื่อกดสปริงมากขึ้น โดยขนาดของแรงเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือ 5.00 มม.) มีค่า 590.67 กรัม และเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/3 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือประมาณ 6.67 มม.) มีค่า 734.50 กรัม เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/2 ของความยาวสปริง (หรือ 10.00 มม.) วัดแรงได้ 934.17 กรัม (ตารางที่ 8)

2.4 สปริงขดลวดชนิดเปิดขนาด 0.010 x 0.030 นิ้ว ทำจากโลหะผสม ไนทาเนียม

2.4.1 ความยาวสปริง 10 มม. พบว่าขนาดของแรงเพิ่มขึ้น เมื่อกดสปริงมากขึ้น โดยขนาดของแรงเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือ 2.5 มม.) มีค่า 75.83 กรัม และเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/3 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือประมาณ 3.33 มม.) มีค่า 99.33 กรัม เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/2 ของความยาวสปริง

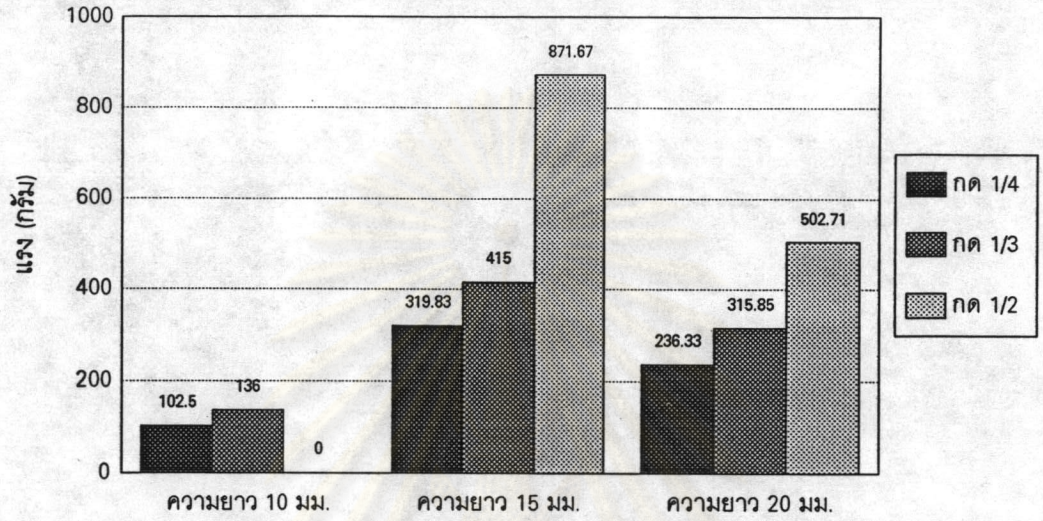
(หรือ 5.00 มม.) วัดแรงได้ 132.00 กรัม(ตารางที่ 9)

2.4.2 ความยาวสปริง 15 มม. พบว่าขนาดของแรงเพิ่มขึ้น เมื่อกดสปริงมากขึ้น โดยขนาดของแรงเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือ 3.75 มม.) มีค่า 77.00 กรัม และเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/3 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือ5.00 มม.) มีค่า 101.67 กรัม เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/2 ของความยาวสปริง (หรือ 7.50 มม.) วัดแรงได้ 139.17 กรัม (ตารางที่ 9)

2.4.3 ความยาวสปริง 20 มม. พบว่าขนาดของแรงเพิ่มขึ้น เมื่อกดสปริงมากขึ้น โดยขนาดของแรงเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือ 5.00 มม.) มีค่า 82.67 กรัม และเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/3 ของความยาวสปริงเริ่มต้น (หรือประมาณ 6.67 มม.) มีค่า 107.00 กรัม เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/2 ของความยาวสปริง (หรือ10.00.มม.) วัดแรงได้ 147.17 กรัม (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแรงจากสปริง เอลจิลอย ความยาว 10 15 และ 20 มม. ที่กดเป็นระยะทาง 1/4 1/3 และ 1/2 ของความยาวสปริงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นกรัม

ความยาวสปริง	ระยะการกดสปริง เป็นอัตราส่วนของความยาวสปริง		
	1/4	1/3	1/2
10 มม.	102.50 (7.74)	136.00 (8.35)	---
15 มม.	319.83 (45.08)	415.00 (57.83)	871.67 (92.84)
20 มม.	236.33 (5.24)	313.85 (21.68)	502.71 (42.45)

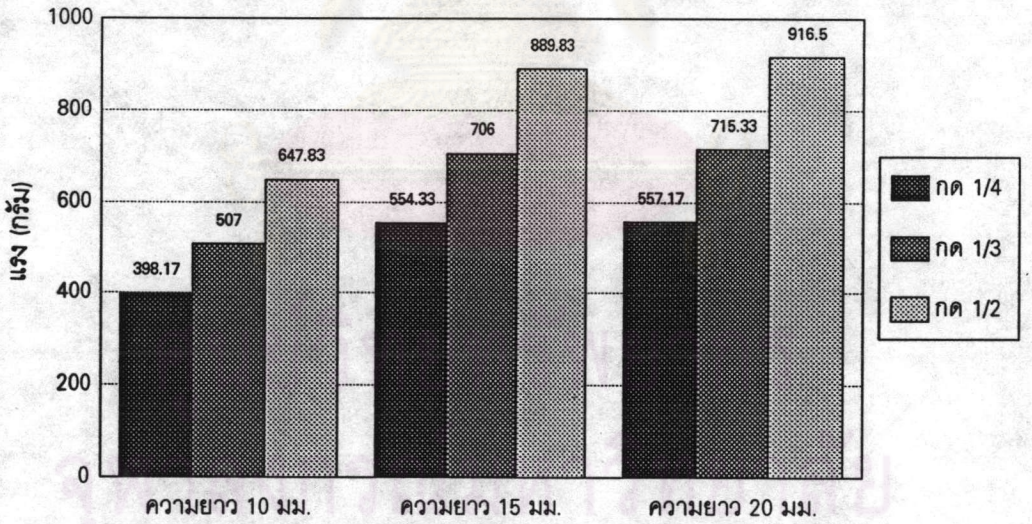


รูปที่ 28 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ย ของแรงจากสปริงเอลจิลอย ความยาว 10 15 และ 20 มม. ที่กดเป็นระยะทาง 1/4 1/3 และ 1/2 ของความยาวสปริงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงจากสปริงโครมอัลลอย ความยาว 10 15 และ 20 มม. ที่กดเป็นระยะทาง 1/4 1/3 และ 1/2 ของความยาวสปริงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นกรัม

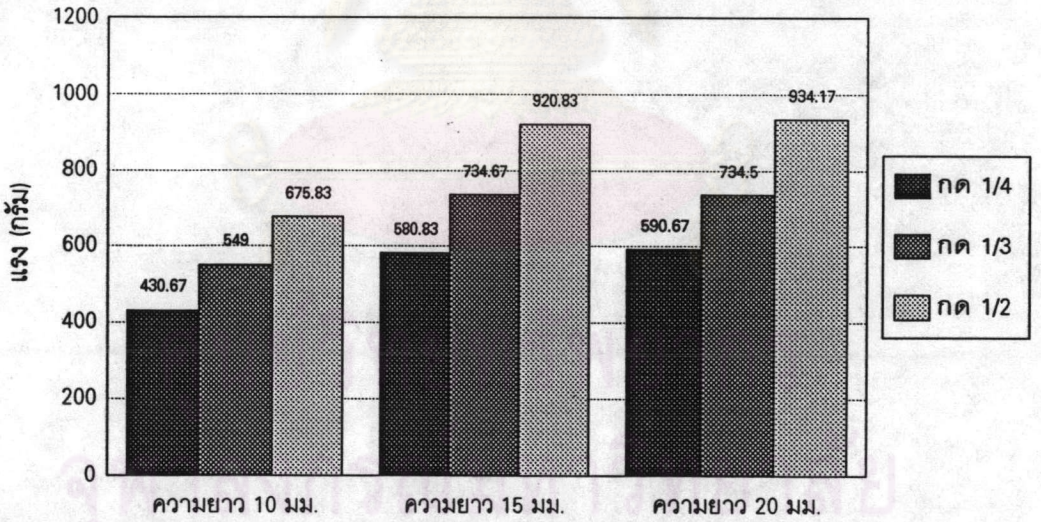
ความยาวสปริง	ระยะการกดสปริง เป็นอัตราส่วนของความยาวสปริง		
	1/4	1/3	1/2
10 มม.	398.17(9.24)	507.00 (10.47)	647.83 (15.12)
15 มม.	554.33 (11.72)	706.00 (19.49)	889.83 (15.06)
20 มม.	577.17 (8.27)	715.33 (9.09)	916.50 (19.48)



รูปที่ 29 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ย ของแรงจากสปริงโครมอัลลอยความยาว10 15 และ 20 มม. ที่กดเป็นระยะทาง 1/4 1/3 และ 1/2 ของความยาวสปริงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นกรัม

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแรงจากสปริงสเตนเลสสตีล ความยาว 10 15 และ 20 มม. ที่กดเป็นระยะทาง 1/4 1/3 และ 1/2 ของความยาวสปริงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นกรัม

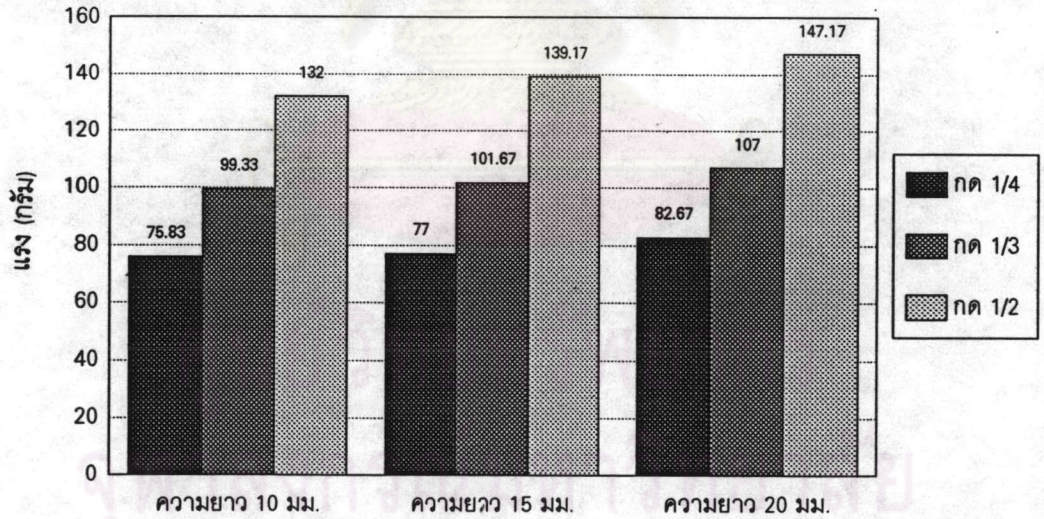
ความยาวสปริง	ระยะการกดสปริง เป็นอัตราส่วนของความยาวสปริง		
	1/4	1/3	1/2
10 มม.	430.67 (10.56)	549.00 (9.14)	675.83 (20.85)
15 มม.	580.83 (27.23)	734.67 (27.63)	920.83 (31.52)
20 มม.	590.67 (27.03)	734.50 (28.32)	934.17 (29.63)



รูปที่ 30 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยของแรงจากสปริงสเตนเลสสตีลความยาว 10 15 และ 20 มม. ที่กดเป็นระยะทาง 1/4 1/3 และ 1/2 ของความยาวสปริงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นกรัม

ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแรงจากสปริงไนทาเนียม ความยาว 10 15 และ 20 มม. ที่กดเป็นระยะทาง 1/4 1/3 และ 1/2 ของความยาวสปริงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นกรัม

ความยาวสปริง	ระยะการกดสปริง เป็นอัตราส่วนของความยาวสปริง		
	1/4	1/3	1/2
10 มม.	75.83 (5.58)	99.33 (6.66)	132.00 (7.94)
15 มม.	77.00 (2.49)	101.67 (3.56)	139.17 (4.37)
20 มม.	82.67 (4.87)	107.00 (5.96)	147.17 (6.52)



รูปที่ 31 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ย ของแรงจากสปริงไนทาเนียม ความยาว 10 15 และ 20 มม. ที่กดเป็นระยะทาง 1/4 1/3 และ 1/2 ของความยาวสปริงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นกรัม

3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของสปริงขดลวดชนิดเปิด กับแรงที่ให้เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 ของความยาวเริ่มต้น โดยใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรพบว่า ขนาดของแรงที่ได้ เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 ของความยาวเริ่มต้น สำหรับลวดทุกชนิด มีความสัมพันธ์เชิงเส้นในทิศทางเดียวกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 พบว่า สปริงโครมอัลลอยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากที่สุดคือ 0.9119 รองลงมาคือ สปริงสเตนเลสสตีล มีค่า 0.8525 รองลงมาคือสปริงเอลจิลอย มีค่า 0.5859 ส่วนสปริงไนทาเนียม มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์น้อยที่สุดคือ 0.5218 (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างความยาวของสปริงขดลวดชนิดเปิดกับแรงที่ได้รับจากสปริงแต่ละชนิด เมื่อระยะการกดสปริงเป็น 1/4 ของความยาวเริ่มต้น
(** มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.001)

ชนิดของสปริง	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
เอลจิลอย	0.5859**
โครมอัลลอย	0.9119**
สเตนเลสสตีล	0.8525**
ไนทาเนียม	0.5218**

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวของสปริงขดลวดชนิดเปิดกับแรงที่ให้เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/3 ของความยาวเริ่มต้น โดยใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร พบว่า ขนาดของแรงที่ได้เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/3 ของความยาวเริ่มต้น สำหรับลวดทุกชนิด มีความสัมพันธ์เชิงเส้นในทิศทางเดียวกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 พบว่า สปริงโครมอัลลอย มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากที่สุดคือ 0.8765 รองลงมาคือ สปริงสเตนเลสสตีล มีค่า 0.8371 รองลงมาคือสปริงเอลจิลอย มีค่า0.6018 ส่วนสปริงไนทาเนียม มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์น้อยที่สุดคือ 0.4942 (ตารางที่ 11)

ตารางที่11 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างความยาวของสปริงขดลวดชนิดเปิดกับแรงที่ได้รับจากสปริงแต่ละชนิด เมื่อระยะการกดสปริงเป็น 1/3 ของความยาวเริ่มต้น
(** มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.001)

ชนิดของสปริง	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
เอลจิลอย	0.6018**
โครมอัลลอย	0.8765**
สเตนเลสสตีล	0.8371**
ไนทาเนียม	0.4942**

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของขนาดแรงเฉลี่ย เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 และ1/3 ของความยาวเริ่มต้น ของกลุ่มตัวอย่างที่ทำจากลวด 4 ชนิด 4 กลุ่ม ที่ความยาวต่าง ๆ กัน 3 กลุ่ม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกแบบทางเดียว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า ขนาดแรงเฉลี่ยของสปริงแต่ละชนิดโดยวิธีผลต่างนัยสำคัญ และวิธีของ Scheffe มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนี้

เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 และ 1/3 ของความยาวเริ่มต้น ความยาวสปริง 10 15 และ 20 มม. ขนาดแรงเฉลี่ยกลุ่มที่มีความแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 คือ

สปริงที่ทำจาก เอลจิลอย มีความแตกต่างกับสปริงที่ทำจาก ไนทาเนียม
สปริงที่ทำจาก เอลจิลอย มีความแตกต่างกับสปริงที่ทำจาก โครมอัลลอย
สปริงที่ทำจาก โครมอัลลอย มีความแตกต่างกับสปริงที่ทำจาก สเตนเลสสตีล
สปริงที่ทำจาก โครมอัลลอย มีความแตกต่างกับสปริงที่ทำจาก ไนทาเนียม
สปริงที่ทำจาก สเตนเลสสตีล มีความแตกต่างกับสปริงที่ทำจาก เอลจิลอย
สปริงที่ทำจาก สเตนเลสสตีล มีความแตกต่างกับสปริงที่ทำจาก ไนทาเนียม

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของขนาดแรงเฉลี่ย เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 และ 1/3 ของความยาวเริ่มต้นของกลุ่มตัวอย่างที่ทำจาก สปริง 4 ชนิด ที่มีความยาวต่าง ๆ กัน 3 กลุ่ม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกแบบทางเดียว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า ขนาดแรงเฉลี่ยของสปริงแต่ละความยาวส่วนใหญ่มีความแตกต่างกัน โดยวิธีผลต่างนัยสำคัญ และวิธีของ Scheffe ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนี้

เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 และ 1/3 ของความยาวเริ่มต้น

สปริงที่ทำจากโลหะผสมเอลจิลอย และ โครมอัลลอย

ขนาดแรงเฉลี่ยกลุ่มที่มีความแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 คือ

สปริงยาว 10 มม. มีความแตกต่างกับสปริงยาว 15 มม.

สปริงยาว 10 มม. มีความแตกต่างกับสปริงยาว 20 มม.

สปริงยาว 15 มม. มีความแตกต่างกับสปริงยาว 20 มม.

สปริงที่ทำจากสเตนเลสสตีล

สปริงยาว 10 มม. มีความแตกต่างกับสปริงยาว 15 มม.

สปริงยาว 10 มม. มีความแตกต่างกับสปริงยาว 20 มม.

ยกเว้น สปริงยาว 15 มม.ไม่มีความแตกต่างกับสปริงยาว.20 มม.ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สปริงที่ทำจากโลหะผสมไนทาเนียม

สปริงยาว 10 มม. มีความแตกต่างกับสปริงยาว 20 มม.

สปริงยาว 15 มม. มีความแตกต่างกับสปริงยาว 20 มม.

ยกเว้น สปริงยาว 10 มม.ไม่มีความแตกต่างกับสปริงยาว 15 มม.ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และความแปรปรวน ของขนาดแรงที่วัดได้จากสปริงขดลวดชนิดเปิดที่ทำจากโลหะชนิดต่าง ๆ ความยาว 10 มม.

ชนิดของสปริง	ระยะการกด	Mean	S.D.	S.E.	Variance
เอลจิลอย	1/4	102.50	7.74	1.41	59.91
	1/3	136.00	8.35	1.52	69.66
	1/2	---	---	---	---
โครมอัลลอย	1/4	398.17	9.24	1.69	85.32
	1/3	507.00	10.47	1.91	109.66
	1/2	647.83	15.12	2.76	228.76
สเตนเลสสตีล	1/4	430.67	10.56	1.93	111.61
	1/3	549.00	9.14	1.67	83.45
	1/2	675.83	20.85	3.81	434.63
ไนทาเนียม	1/4	75.83	5.58	1.02	31.18
	1/3	99.33	6.67	1.22	44.37
	1/2	132.00	7.94	1.45	63.10

ตารางที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และความแปรปรวน ของขนาดแรงที่วัดได้จากสปริงขดลวดชนิดเปิดที่ทำจากโลหะชนิดต่าง ๆ ความยาว 15 มม.

ชนิดของสปริง	ระยะการกด	Mean	S.D.	S.E.	Variance
เอลจิลอย	1/4	319.83	45.08	8.23	2031.87
	1/3	415.00	57.83	10.56	3344.83
	1/2	871.67	92.84	18.95	8618.84
โครมอัลลอย	1/4	554.33	11.72	2.14	137.47
	1/3	706.00	19.49	3.56	380.00
	1/2	889.83	15.06	2.75	226.70
สเตนเลสสตีล	1/4	580.83	27.23	4.97	741.52
	1/3	734.67	27.64	5.04	763.68
	1/2	920.83	31.52	5.75	993.25
ไนทาเนียม	1/4	77.00	2.49	0.46	6.21
	1/3	101.67	3.56	0.65	12.64
	1/2	139.17	4.37	0.80	19.11

ตารางที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและ ความแปรปรวน ของขนาดแรงที่วัดได้จากสปริงขดลวดชนิดเปิด ที่ทำจากโลหะชนิดต่าง ๆ ความยาว 20 มม.

ชนิดของสปริง	ระยะการกด	Mean	S.D.	S.E.	Variance
เอลจิลอย	1/4	236.33	5.24	0.96	27.47
	1/3	313.83	21.63	3.96	470.14
	1/2	502.71	42.45	8.67	1802.13
โครมอัลลอย	1/4	577.17	8.27	1.51	68.42
	1/3	715.33	9.09	1.66	82.64
	1/2	916.50	19.43	3.56	379.57
สเตนเลสสตีล	1/4	590.67	27.03	4.94	730.58
	1/3	734.50	28.32	5.17	802.33
	1/2	934.17	29.63	5.41	877.73
ไนทาเนียม	1/4	82.67	4.87	0.89	23.68
	1/3	107.00	5.96	1.09	35.52
	1/2	147.17	6.52	1.19	42.56

ผลจากการใช้กล้องจุลทรรศน์ ขนาดกำลังขยาย40เท่า นับจำนวนขดลวดของสปริงยาว 10 มม. ที่ทำจากโลหะแต่ละชนิด พบว่า สปริงเอลจิลอย มีจำนวนขดลวดมากที่สุด คือ 24.5 - 25 ขด รองลงมาคือ สปริงไนทาเนียม มีจำนวนขดลวด 13 - 13.5 ขด รองลงมาคือสปริงโครมอัลลอย มีจำนวนขดลวด 12.5 - 13 ขด สปริงที่มีจำนวนขดลวดน้อยที่สุด คือ สปริงสเตนเลสสตีล นับได้ 11.5 - 12 ขด (ตารางที่ 15)

เนื่องจาก เส้นรอบวงของวงกลม สามารถคำนวณได้จากสูตร $2\pi r$ สปริงขดลวดที่ใช้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.030 นิ้ว ดังนั้น เส้นรอบวงที่คำนวณได้ = 0.0943 นิ้ว เมื่อนำมาคูณกับจำนวนขดลวด จะได้ความยาวลวดทั้งหมด ดังนี้

สปริงเอลจิลอย มีความยาวลวดทั้งหมด 2.31-2.36 นิ้ว

สปริงโครมอัลลอย มีความยาวลวดทั้งหมด 1.18-1.22 นิ้ว

สปริงสเตนเลสสตีล มีความยาวลวดทั้งหมด 1.08-1.13 นิ้ว

สปริงไนทาเนียม มีความยาวลวดทั้งหมด 1.22-1.27 นิ้ว (ตารางที่ 15)

จำนวนขดลวดของสปริงยาว 15 มม. ที่ทำจากโลหะแต่ละชนิด นับได้ดังนี้ สปริงเอลจิลอย มีจำนวนขดลวดมากที่สุดคือ 29.5 - 30 ขด รองลงมา คือ สปริงไนทาเนียม มีจำนวนขดลวด 19 - 19.5 ขด รองลงมาคือ สปริงโครมอัลลอย มีจำนวนขดลวด 18.5 - 19 ขด และสปริงที่มีจำนวนขดลวด น้อยที่สุดคือ สปริงสเตนเลสสตีล นับได้ 17.5 - 18 ขด

ความยาวลวดที่คำนวณได้คือ

สปริงเอลจิลอย มีความยาวลวดทั้งหมด 2.78-2.83 นิ้ว

สปริงโครมอัลลอย มีความยาวลวดทั้งหมด 1.74-1.79 นิ้ว

สปริงสเตนเลสสตีล มีความยาวลวดทั้งหมด 1.65-1.69 นิ้ว

สปริงไนทาเนียม มีความยาวลวดทั้งหมด 1.79-1.84 นิ้ว (ตารางที่ 16)

จำนวนขดลวดของสปริงยาว 20 มม. ที่ทำจากโลหะแต่ละชนิด นับได้ดังนี้ สปริงเอลจิลอย มีจำนวนขดลวดมากที่สุดคือ 50 - 50.5 ขด รองลงมาคือสปริงไนทาเนียม มีจำนวนขดลวด 25.5 - 26 ขด รองลงมาคือ สปริงโครมอัลลอย มีจำนวนขดลวด 25 - 25.5 ขด และสปริงที่มีจำนวนขดลวดน้อยที่สุดคือ สปริงสเตนเลสสตีล นับได้ 23.5 - 24 ขด

ความยาวลวดที่คำนวณได้คือ

สปริงเอลจิลอย มีความยาวลวดทั้งหมด 4.72-4.76 นิ้ว

สปริงไนทาเนียม มีความยาวลวดทั้งหมด 2.40-2.45 นิ้ว

สปริงโครมอัลลอย มีความยาวลวดทั้งหมด 2.36-2.40 นิ้ว

สปริงสเตนเลสสตีล มีความยาวลวดทั้งหมด 2.22-2.26 นิ้ว (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 15 แสดงจำนวนขดลวดที่นับได้จากสปริงยาว 10 มม. ชนิดต่าง ๆ และความยาวลวดทั้งหมด

ชนิดของสปริง	จำนวนขดลวด	ความยาวลวดทั้งหมด(นิ้ว)
เอลจิลอย	24.5 - 25	2.31 - 2.36
โครมอัลลอย	12.5 - 13	1.18 - 1.22
สเตนเลสสตีล	11.5 - 12	1.08 - 1.13
ไนทาเนียม	13 - 13.5	1.22 - 1.27

ตารางที่ 16 แสดงจำนวนขดลวดที่นับได้จากสปริงยาว 15 มม. ชนิดต่าง ๆ และความยาวลวดทั้งหมด

ชนิดของสปริง	จำนวนขดลวด	ความยาวลวดทั้งหมด(นิ้ว)
เอลจิลอย	29.5 - 30	2.78 - 2.83
โครมอัลลอย	18.5 - 19	1.74 - 1.79
สเตนเลสสตีล	17.5 - 18	1.65 - 1.70
ไนทาเนียม	19 - 19.5	1.79 - 1.84

ตารางที่ 17 แสดงจำนวนขดลวดที่นับได้จากสปริงยาว 20 มม. ชนิดต่าง ๆ และความยาวลวดทั้งหมด

ชนิดของสปริง	จำนวนขดลวด	ความยาวลวดทั้งหมด(นิ้ว)
เอลจิลอย	50 - 50.5	4.72 - 4.76
โครมอัลลอย	25 - 25.5	2.36 - 2.40
สเตนเลสสตีล	23.5 - 24	2.22 - 2.26
ไนทาเนียม	25.5 - 26	2.40 - 2.45

เมื่อทดลองเสร็จแล้ว นำสปริงมาวัดความยาวหลังการกดสปริง พบว่าสปริงที่มีความยาวหลังกดเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดคือ สปริงไนทาเนียม รองลงมาคือ สปริงเอลจิลอย และสปริงโครมอัลลอย ส่วนสปริงที่มีความยาวหลังกดเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือ สปริงสเตนเลสสตีล (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 แสดงความยาวลวดหลังกด มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

ชนิดของสปริง	ความยาว 10 มม.	ความยาว 15 มม.	ความยาว 20 มม.
เอลจิลอย	9.58 (0.11)	13.90 (0.12)	18.62 (0.14)
โครมอัลลอย	8.51 (0.18)	12.88 (0.16)	16.90 (0.21)
สเตนเลสสตีล	8.29 (0.20)	12.84 (0.22)	16.73 (0.21)
ไนทาเนียม	9.99 (0.04)	15.01 (0.05)	19.99 (0.01)