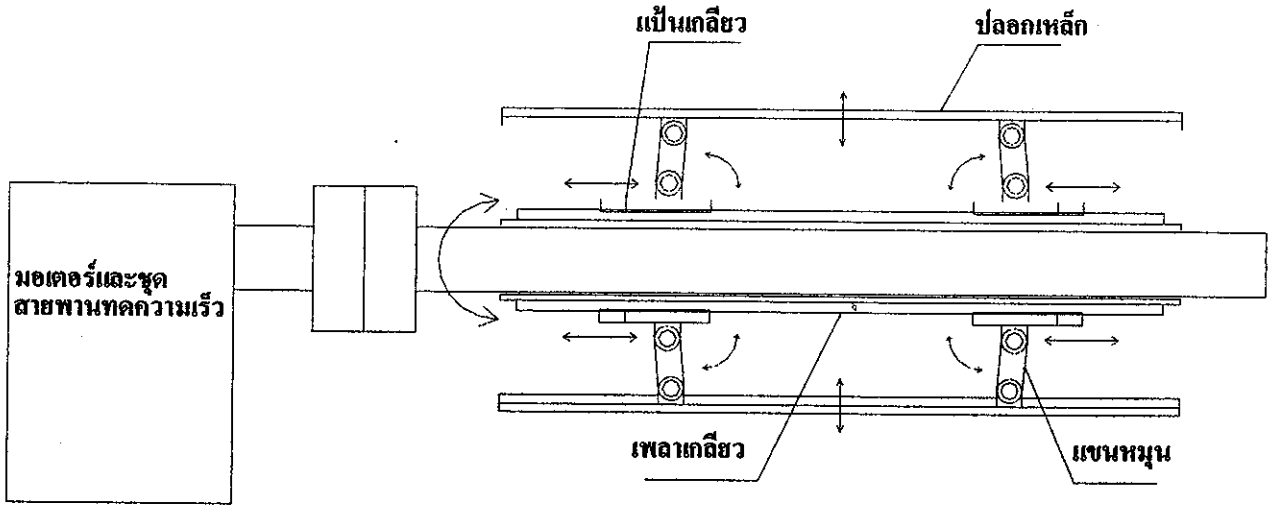
บทที่3
การออกแบบโมลพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าแบบปรับขนาดได้

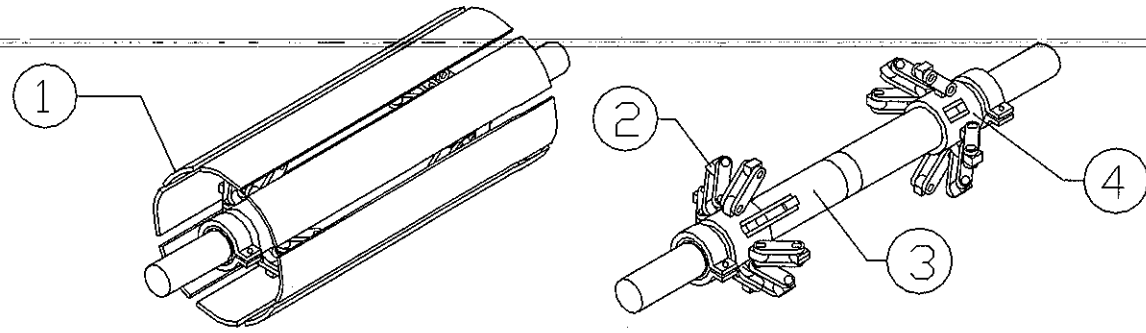
3.1 แนวความคิดในการออกแบบโมลพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าแบบปรับขนาดได้

โมลพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าแบบปรับขนาดได้ ออกแบบให้สามารถทำการปรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ในช่วง 150 มิลลิเมตรถึง 180 มิลลิเมตร โดยมีปลอกเหล็กทำหน้าที่เป็นตัวรองรับขดลวดที่จะทำการพัน ซึ่งทำจากท่อเหล็กที่นำมาตัดตามความยาวของท่อออกเป็น8ส่วน เพื่อที่เวลาโมลขยายตัวออกจะยังมีลักษณะกลมมากที่สุด ชิ้นส่วนต่อมาจะเป็นชุดแขนหมุนที่มีลักษณะการทำงานเหมือนบานพับ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโมลที่ได้จะขึ้นอยู่กับการปรับมุมของแขนหมุนซึ่งชุดแขนหมุนนี้จะเชื่อมต่อกับแป้นเกลียวที่สวมอยู่กับเพลาเกลียวโดยเพลาเกลียวนี้จะทำการกลึงเกลียวทั้งสองด้านเป็นเกลียวซ้ายและเกลียวขวา เมื่อเพลาเกลียวนี้หมุนด้วยการขับของมอเตอร์ เกลียวบนเพลาจะเป็นตัวบังคับให้แป้นเกลียวเคลื่อนที่ตามแนวเพลาที่สวมอยู่ในลักษณะตรงข้ามกัน ส่งผลให้แขนหมุนกางขึ้นลงได้ทำให้ปลอกเหล็กสามารถเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ ซึ่งลักษณะการทำงานของชิ้นส่วนทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วแสดงได้ดังรูปที่ 23



รูปที่23 ลักษณะการทำงานของชิ้นส่วนต่างๆของโมลพันขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าแบบปรับขนาดได้

3.2 ส่วนประกอบสำคัญของโมลแบบปรับขนาดได้



รูปที่24 ส่วนประกอบสำคัญของโมลแบบปรับขนาดได้

ส่วนประกอบสำคัญของโมลแบบปรับขนาดได้ดังรูปที่ 24 มีชิ้นส่วนดังต่อไปนี้

1. ปลอกเหล็ก

เป็นท่อเหล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในเท่ากับ 150 มิลลิเมตรและ140 มิลลิเมตร ยาว 400 มิลลิเมตรนำมาตัดออกเป็น 8 ส่วนเพื่อเวลาที่โมลขยายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแล้วยังมีลักษณะเป็นวงกลมมากที่สุด

2. ชุดแขนหมุน

ออกแบบให้มีลักษณะเป็นแขนหมุนมีลักษณะเป็นบานพับปรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโมล ซึ่งได้แบบตัวอย่างมาจากเครื่องป้อนแผ่นเหล็ก

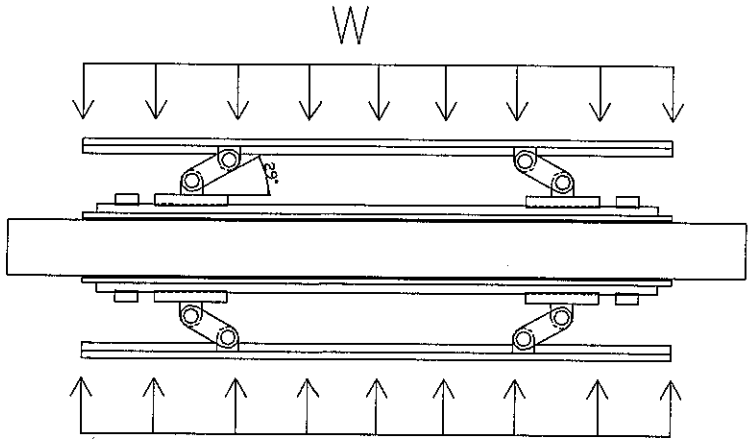
3. เพลาเกลียว

เป็นเพลากลวง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในเท่ากับ 60 มิลลิเมตรและ47 มิลลิเมตร ยาว 380 มิลลิเมตร ผิวด้านนอกของเพลากลึงเกลียวทั้งสองข้าง เป็นเกลียวซ้ายและเกลียวขวา

4. แป้นเกลียว

เป็นท่อเหล็ก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในเท่ากับ 73 มิลลิเมตรและ60 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตรมี 2 ชิ้นผิวด้านในท่อกลึงเป็นเกลียวซ้ายและเกลียวขวา เพื่อสวมกับเพลาเกลียว เมื่อเพลาเกลียวหมุนแป้นเกลียวจะเคลื่อนที่ตามแนวเพลาในลักษณะตรงข้ามกัน

3.3 การคำนวณหาขนาดของชิ้นส่วนต่างๆ

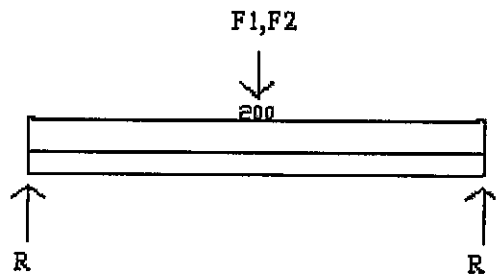


รูปที่25 แรงที่มากระทำกับชุดชิ้นส่วน

จากรูปที่25 แสดงแรงที่กระทำต่อโมล ซึ่งเป็นแรงอัด ต่อไปนี้จะเป็นการแสดงการคำนวณชิ้นส่วนต่างๆดังต่อไปนี้

1. การคำนวณปลอกเหล็ก

เลือกใช้ท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ 150 มิลลิเมตร และ 140 มิลลิเมตร นำมาตัดตามยาวออกเป็น 8 ส่วน เพื่อให้เวลาโมลขยายขนาดแล้วยังมีลักษณะเป็นวงกลมดังรูปที่ 26



รูปที่26 แรงที่กระทำต่อปลอกเหล็ก

ชิ้นส่วนนี้มีลักษณะเป็นคานรับแรงที่กดลงมาดังรูปที่26 มีการคำนวณดังนี้

<u>แรงที่มากระทำ</u>

1 แรงที่เกิดจากน้ำหนักคอยล์ 30 กิโลกรัม $F_1 = 30 \times 9.81$ N

$F_1 = 294.3$ N

2 แรงที่เกิดจากความตึงในเสนลวดทองแดง $F_2 = 78.48$ N

รวมแรงทั้งหมด $F_T = F_1 + F_2 = 372.78$ N

แรงกดลงมาในชิ้นในมุม 29 องศา

$$F_{MAX} = F / \sin 29 = 372.78 / \sin 29 = 769 \text{ N}$$

ชิ้นส่วนนี้มี 8 ชิ้น รับแรงชิ้นละ $F = 769 / 8 = 96.2$ N

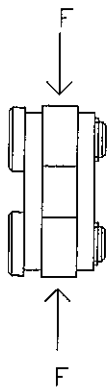
โดยที่ $E = 207$ GN / mm^2 $b = 57$ mm $h = 5$ mm $L = 100$ mm

$$y = \frac{-5FL^3}{384EI} \tag{3.1}$$

y = 0.01 mm. เป็นระยะโก่งตัวของชิ้นส่วนที่ยอมรับได้

2 การออกแบบชุดแขนหมุน

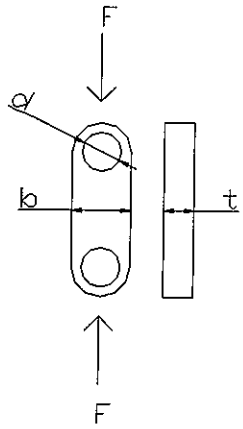
จากการออกแบบชิ้นส่วนชุดนี้เพื่อให้ได้ขนาดตามต้องการ จึงคำนวณเพื่อหาชนิดของวัสดุมาใช้ผลิต



รูปที่27 แรงที่กระทำต่อชุดแขนหมุน

ชุดชิ้นส่วนนี้จะรับแรงกดแสดงดังรูปที่ 27 แยกคำนวณชิ้นส่วนต่างๆได้ดังนี้

- แท่งเหล็กหนา 5 mm



รูปที่28 แรงที่กระทำต่อแท่งเหล็ก

<u>แรงที่มากระทำ</u>

แรงที่เกิดจากน้ำหนักดอยล์ 30 กิโลกรัม $R_1 = 30 \text{ X } 9.81 \text{ N}$

$R_1 = 294.3 \text{ N}$

แรงที่เกิดจากความตึงในเสนลวดทองแดง $R_2 = 78.48 \text{ N}$

รวมแรง $F = R_1 + R_2 = 294.3 + 78.48 = 372.78 \text{ N}$

แรงกดลงมาในชิ้นในมุม 29 องศา

$F_{MAX} = F / \text{Sin } 29 = 372.78 / \text{Sin } 29 = 769 \text{ N}$

b = 15 mm d = 10 mm t = 5 mm

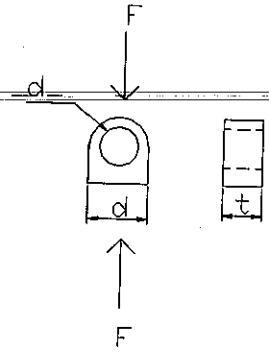
$$F = \sigma_d (bt - dt) \tag{3.2}$$

จะได้ค่าความเค้นใช้งาน $\sigma_d = 30.76 \text{ N/mm}^2$

เลือกวัสดุเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนจากตารางคุณสมบัติทางกลของโลหะและอะโลหะซึ่งมีคุณสมบัติค่าความเค้นที่เหมาะสมแก่การใช้งานคือ

$\sigma_y = 290 \text{ N/mm}^2$ N = 3 $\sigma_d = \sigma_y / N = 96.7 \text{ N/mm}^2$

- แท่งเหล็กหนา 10 mm



รูปที่29 แรงที่กระทำต่อแท่งเหล็ก

<u>แรงที่มากระทำ</u>

แรงที่เกิดจากน้ำหนักคอยล์ 30 กิโลกรัม $R_1 = 30 \text{ X } 9.81 \text{ N}$

$R_1 = 294.3 \text{ N}$

แรงที่เกิดจากความตึงในเสนลวดทองแดง $R_2 = 78.48 \text{ N}$

รวมแรง $F = R_1 + R_2 = 294.3 + 78.48 = 372.78 \text{ N}$

$F_{MAX} = F / \text{Sin } 29 = 372.78 / \text{Sin } 29 = 769 \text{ N}$

b = 15 mm d = 10 mm t = 10 mm

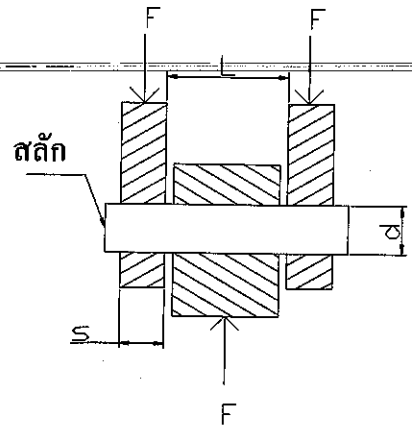
$$F = \sigma_d (bt - dt) \tag{3.3}$$

จะได้ค่าความเค้นใช้งาน $\sigma_d = 15.38 \text{ N/mm}^2$

เลือกวัสดุเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนจากตารางคุณสมบัติทางกลของโลหะและอะโลหะซึ่งมีคุณสมบัติค่าความเค้นที่เหมาะสมแก่การใช้งานคือ

$\sigma_y = 290 \text{ N/mm}^2$ N = 3 $\sigma_d = \sigma_y / N = 96.7 \text{ N/mm}^2$

- สลัก



รูปที่30 แรงที่กระทำต่อสลัก

<u>แรงที่มากระทำ</u>

แรงที่เกิดจากน้ำหนักคอยล์ 30 กิโลกรัม $R_1 = 30 \text{ X } 9.81 \text{ N}$

$R_1 = 294.3 \text{ N}$

แรงที่เกิดจากความตึงในเสนลวดทองแดง $R_2 = 78.48 \text{ N}$

รวมแรง $F = R_1 + R_2 = 294.3 + 78.48 = 372.78 \text{ N}$

$F_{MAX} = F / \text{Sin } 29 = 372.78 / \text{Sin } 29 = 769 \text{ N}$

L = 10 mm d = 10 mm s = 5 mm

$$\sigma_d = \left(\frac{32}{\pi d^3}\right)\left[\frac{F}{2}\left(\frac{L}{4}+\frac{s}{2}\right)\right] \qquad (3.4)$$

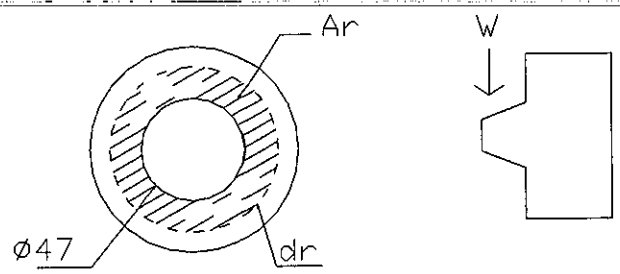
จะได้ค่าความเค้นใช้งาน $\sigma_d = 19.6 \text{ N/mm}^2$

เลือกวัสดุเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนจากตารางคุณสมบัติทางกลของโลหะและอะโลหะซึ่งมีคุณสมบัติค่าความเค้นที่เหมาะสมแก่การใช้งานคือ

$\sigma_y = 290 \text{ N/mm}^2$ N = 3 $\sigma_d = \sigma_y / N = 96.7 \text{ N/mm}^2$

3 การคำนวณเพลาเกลียวและแป้นเกลียว

ทำการกลึงเกลียวแอคมีเพราะ กลึงเกลียวง่าย ที่ผิวด้านนอกทั้งสองข้างของเพลาเป็นเกลียวซ้ายและขวา Tr 60 x 3 ยาวข้างละ 180 mmดังรูปที่37 มีการคำนวณด้วยหลักการสกรูส่งกำลังดังนี้



รูปที่31 แรงที่กระทำกับฟันเกลียว

<u>แรงที่มากระทำกับฟันเกลียว</u>

แรงที่เกิดจากน้ำหนักคอยล์ 30 กิโลกรัม $R_1 = 30 \text{ X } 9.81 \text{ N}$

$R_1 = 294.3 \text{ N}$

แรงที่เกิดจากความตึงในเสนลวดทองแดง $R_2 = 78.48 \text{ N}$

รวมแรง $W = R_1 + R_2 = 294.3 + 78.48 = 372.78 \text{ N}$

$W_{MAX} = W / \text{Sin } 29 = 372.78 / \text{Sin } 29 = 769 \text{ N}$

เลือกวัสดุเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนจากตารางคุณสมบัติทางกลของโลหะและอะโลหะซึ่งมีคุณสมบัติค่าความเค้นที่เหมาะสมแก่การใช้งานคือ

$\sigma_y = 290 \text{ N/mm}^2$ $N = 3$ $\sigma_d = \sigma_y / N = 96.7 \text{ N/mm}^2$

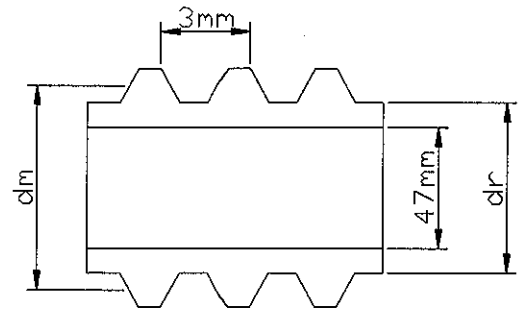
$$A_r = \frac{W}{\sigma_d} \tag{3.5}$$

$$= 8 \text{ mm}^2$$

$$A_r = \frac{\pi}{4}\left(d_r^2 - 47^2\right) \tag{3.6}$$

$d_r = 47.1 \text{ mm}$ เลือก $d_r = 57 \text{ mm}$

เลือกเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตราฐาน ISO2904-1977(E) จะได้เกลียวขนาดระบุ 60 mm ระยะพิตช์ 3mm $d_3 = d_r = 57$ mm $d_2 = d_m = 57$ mm แสดงดังรูปที่32



ดังรูปที่ 32 ขนาดต่างๆของเกลียวแอคมี

แป้นเกลียวคิดต่อเนื่องมาจากการออกแบบเพลาชิ้นที่สอง ผิวด้านในท่อนี้กลึงเกลียวแอคมีขนาด Tr60 x 3 เช่นเดียวกัน การคำนวณหาความยาวแป้นเกลียวมีดังนี้

กำหนดความเค้นอัดใช้งานระหว่างฟันเกลียว = 12 N/mm^2 รับแรง 769 N

$$\sigma_c = \frac{4F}{\pi\left(d^2 - d_r^2\right)n} \tag{3.7}$$

$$12 = \frac{4 \times 769}{\pi\left(60^2 - 56.5^2\right)n}$$

ต้องมีจำนวนเกลียวรับแรง n = 0.2 เกลียว

จำนวนเกลียวต่อมิลลิเมตร = 1/ P = 1/3

ความยาวแป้นเกลียวยาว H = nP =0.2 x 3 = 0.6 mm

เลือก ใช้แป้นเกลียวยาว 50 mm ดังนั้นมีจำนวนเกลียวทั้งหมด 30 เกลียว