



รายงานการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่องภาษาไทย เครื่องเคลือบสีอะลูมิเนียมโดยวิธีการอะโนไดซ์

ภาษาอังกฤษ Aluminum Color-Coasting Machine by Anodize Methodology

คณะผู้วิจัย

นาย ปริญญา ศรีสัตยกุล

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ. 2553

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

โครงการวิจัย เครื่องเคลือบสีอะลูมิเนียมโดยวิธีการอะโนไดซ์
ผู้วิจัย อาจารย์ปริญญา ศรีสัตยกุล

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องเคลือบสีอะลูมิเนียมโดยวิธีการอะโนไดซ์ โดยมีกระบวนการทำงานหลักๆ อยู่ 4 ส่วน ได้แก่ ฐานเครื่อง, บ่อเคลือบสี, ระบบลำเลียงชิ้นงาน และระบบไฟฟ้าควบคุมการทำงาน เครื่องเคลือบสีอะลูมิเนียมโดยวิธีการอะโนไดซ์ มีขั้นตอนการทำงาน 6 ขั้นตอน คือ บ่อที่ 1 จะทำการล้างไขมันที่ผิวชิ้นงานด้วยโซเดียมฟอสเฟต, บ่อที่ 2 จะเป็นการล้างน้ำสะอาด, บ่อที่ 3 เป็นการทำอะโนไดซ์โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก, บ่อที่ 4 เป็นการล้างกรดซัลฟิวริก, บ่อที่ 5 เป็นกระบวนการเคลือบสีอะลูมิเนียม และบ่อที่ 6 เป็นการทำความสะอาดชิ้นงาน โดยกระบวนการทำงานอัตโนมัติทั้งหมดจะถูกควบคุมการทำงานด้วยระบบ PLC ส่งผลให้ประสิทธิภาพของกระบวนการเคลือบสีอะลูมิเนียมโดยวิธีการอะโนไดซ์เพิ่มมากขึ้น เมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคน

คำสำคัญ : กระบวนการเคลือบสี, อะลูมิเนียม, วิธีการอะโนไดซ์



Project Aluminum Color-Coasting Machine by Anodize Methodology
Research Parinya Srisattayakul

Abstract

The objective of research was designed and made the aluminum color-coasting machine by anodize methodology, these processes were separated 4 parts namely; the base of machine, the enameling pond, the conveyor and the electric system. The aluminum color-coasting machine by anodize methodology had 6 steps that, the first pond is clean the oil out of the workpiece by sodium phosphate, the second pond is clean the workpiece by water, the third pond is anodize the workpiece by sulfuric acid, the forth pond is clean the sulfuric acid out of the workpiece, the fifth pond is enamel the workpiece by ink color and the sixth pond is finished cleaning. These automatic process were controlled by PLC system, which it was increased the efficiency of anodize process, when compared with operator.

Key Word : Color Enameling , Aluminum , Anodize Methodology



กิตติกรรมประกาศ

โครงการออกแบบและสร้างเครื่องเคลือบสีอะลูมิเนียมโดยวิธีการอะโนไดซ์นั้น สามารถบรรลุถึงความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ทางผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา ตลอดจนคุณครูและอาจารย์ทุกๆ ท่านที่ได้ทำการอบรมสั่งสอนความรู้เชิงวิชาการต่างๆ งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ.2553 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ ถ้าหากรายงานโครงการวิจัยฉบับนี้ เกิดมีข้อผิดพลาดประการใดขึ้น ทางผู้วิจัยก็ขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย และมีความยินดีรับฟังความคิดเห็นของทุกท่านที่ให้คำแนะนำพร้อมรับไปปรับปรุง และยินดีเป็นอย่างยิ่งหากท่านทั้งหลายสามารถนำความรู้จากโครงการวิจัยนี้ ไปประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์ต่อไป

ผู้วิจัย



สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ

1.1	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2	วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3	ขอบเขตของโครงการ	1
1.4	วิธีดำเนินการ	1
1.5	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1	บทนำ	3
2.2	นิยามคำศัพท์	3
2.3	แนวความคิด	3
2.4	การทำอัตโนมัติ	3
2.5	หลักการทำงานของ	6
2.6	เพลาสั่งกำลัง	8
2.7	กลับลูกปืน	9
2.8	งานเชื่อม	10
2.9	สกรูสั่งกำลัง	11
2.10	แรงเหวี่ยงและโมเมนต์ดัดในคาน	18
2.11	Programmable Logic Controller (PLC)	22

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

3.1	บทนำ	25
3.2	การวางแผนการดำเนินงาน	25
3.3	วิธีการดำเนินงาน	26
3.4	การศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	26
3.5	การกำหนดรายละเอียดของงาน	27
3.6	การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องเคลือบสีอูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์	29
3.7	การสร้างเครื่องเคลือบสีอูมิเนียม	40

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 บทนำ	44
4.2 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องเคลือบสีอะลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์	44
4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องเคลือบสีอะลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์	44
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	47
บรรณานุกรม	48
ภาคผนวก	49



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ภาพหลักโครงสร้างรูปพรรณแบบรีดร้อน	7
2.2 ลักษณะของคลัตช์ลูกปืนสำหรับรับแรงในแนวต่างๆ ของบริษัท SKF	9
2.3 ลักษณะของมีดลูกปืนแบบต่างๆ	10
2.4 ส่วนประกอบต่างๆ ของคลัตช์ลูกปืน	10
2.5 แม่แรง	11
2.6 สกรูเพรส	12
2.7 เกลียวตีเหล็กคางหมู	12
2.8 มุมระยณะนำ	13
2.9 ชนิดของเกลียวสำหรับส่งกำลัง	14
2.10 ขนาดต่างๆ ของเกลียวตีเหล็กคางหมู	15
2.11 สภาพสมดุลของส่วนคัตทางด้านซ้ายและขวาของคาน	18
2.12 ลักษณะ SFD และ BMD ในคานภายใต้แรงกระทำเป็นจุดและแรงกระทำ	19
2.13 คานภายใต้แรงกระทำกระจายต่อเนื่อง	21
2.14 โครงสร้างภายในของ PLC	22
2.15 ตัวอย่างอุปกรณ์ Input ในระบบ PLC	23
2.16 ตัวอย่างอุปกรณ์ Output ในระบบ PLC	24
3.1 วิธีการดำเนินงาน	26
3.2 ชิ้นงานทดสอบสำหรับเครื่องเคลือบสีอูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์	27
3.3 กระบวนการเคลือบสีอูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์	28
3.4 ขนาดต่างๆ ของเกลียว	29
3.5 แรงทั้งหมดที่กระทำกับคานเนื่องมาจากน้ำหนักของชิ้นงานทดสอบ	33
3.6 แผนภาพความเค้นดัดและความเค้นเฉือนจากน้ำหนักของชิ้นงานทดสอบ	35
3.7 แผงวงจรควบคุมระบบ PLC	39
3.8 ภาพประกอบเครื่องเคลือบสีอูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์	40
3.9 โครงสร้างเครื่องเคลือบสีอูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์	41
3.10 ชุดขับเคลื่อนชิ้นงานเครื่องเคลือบสีอูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์	42

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1	แผนการดำเนินงานโครงการวิจัย
3.2	ฐานข้อมูลในการเลือกขนาดของสกรูส่งกำลัง
3.3	ค่ามาตรฐานสำหรับการพิจารณาเลือกแกนสลักเกลียว
3.4	คุณสมบัติทางกลของสลักเกลียว
3.5	รายละเอียดชิ้นส่วนต่างๆ ของโครงเครื่องเคลือบสือลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์
3.6	รายละเอียดชุดเคลื่อนที่ขึ้นงานเครื่องเคลือบสือลูมิเนียมกึ่งอัตโนมัติ
4.1	ข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องเคลือบสือลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์
4.2	การประมวลผลเชิงสถิติด้วยเทคนิค One-way ANOVA
4.3	ข้อมูลการทดลองการทำโนไดซ์ขึ้นงานทดสอบ โดยใช้ระยะเวลา 4 นาที



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้ กระบวนการเคลือบสีวัสดุอะลูมิเนียมที่ใช้กันอยู่ ส่วนใหญ่ยังคงใช้กำลังคนเป็นหลักในการทำงาน โดยเริ่มตั้งแต่การคัดเลือกวัสดุ การเตรียมชิ้นงาน การทำความสะอาดชิ้นงาน การทำปฏิกิริยาอะโนไดซ์ การเคลือบสีชิ้นงาน การทำฟิล์มชิ้นงาน และการล้างทำความสะอาดชิ้นงานในขั้นตอนสุดท้ายนั้น ในแต่ละขั้นตอนที่กล่าวมาแล้วแต่ใช้กำลังคนในการทำงานทั้งสิ้น ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่บ่อยครั้ง คือ การควบคุมคุณภาพของกระบวนการเคลือบสีอะลูมิเนียมไม่มีความแน่นอน ตัวอย่างเช่น ระยะเวลาในการเคลือบสีอะลูมิเนียม ถ้าหากเคลือบนานเกินไปจะทำให้สีที่เคลือบหนาเกินไปจนเกิดความเคืองตา หรือถ้าหากเคลือบเร็วเกินไปสีที่เคลือบก็อาจจะติดไม่ทั่วทั้งชิ้นงาน เป็นต้น จากปัญหาดังกล่าวนี้ทางคณะผู้จัดทำจึงมีแนวความคิดที่จะใช้เทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวนี้ โดยการออกแบบและสร้างเครื่องเคลือบสีอะลูมิเนียมโดยวิธีการอะโนไดซ์ขึ้นมา

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อออกแบบสร้างเครื่องเคลือบสีอะลูมิเนียมโดยวิธีการอะโนไดซ์
- 1.2.2 เพื่อศึกษาวิธีการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเคลือบสีอะลูมิเนียม
- 1.2.3 เพื่อประยุกต์เทคโนโลยีด้านวิศวกรรมเข้ามาใช้ในกระบวนการเคลือบสีอะลูมิเนียม

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ออกแบบสร้างเครื่องเคลือบสีอะลูมิเนียมโดยวิธีการอะโนไดซ์เป็นเครื่องต้นแบบ
- 1.3.2 ชิ้นงานทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm. ยาว 12 mm. และมีเกลียวใน

1.4 วิธีดำเนินการ

- 1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเคลือบสีอะลูมิเนียม
- 1.4.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเชิงสร้างเครื่องจักร
- 1.4.3 ออกแบบชิ้นงานสำหรับการทดสอบเครื่องเคลือบสีอะลูมิเนียมโดยวิธีการอะโนไดซ์
- 1.4.4 ออกแบบเครื่องเคลือบสีอะลูมิเนียมโดยวิธีการอะโนไดซ์

- 1.4.5 ดำเนินการสร้างเครื่องเคลือบสีอะลูมิเนียมโดยวิธีการอะโนไดซ์
- 1.4.6 ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเคลือบสีอะลูมิเนียมโดยวิธีการอะโนไดซ์
- 1.4.7 สรุปผลการดำเนินงาน และข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถสร้างเครื่องเคลือบสีอะลูมิเนียมโดยวิธีการอะโนไดซ์ค้นแบบที่มีประสิทธิภาพ
- 1.5.2 สามารถควบคุมคุณภาพของกระบวนการเคลือบสีอะลูมิเนียมได้
- 1.5.3 สามารถประยุกต์เทคโนโลยีด้านวิศวกรรมเข้ามาใช้ในกระบวนการเคลือบสีอะลูมิเนียม



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

การทำอะโนไดซ์อลูมิเนียม คือ การทำผิวของอลูมิเนียมให้เป็นอลูมิเนียมออกไซด์ที่มีลักษณะคล้ายฟิล์ม และสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งของผู้ผลิตจะต้องทำการควบคุมให้ได้ นั่นคือ ความหนาของผิวอลูมิเนียมออกไซด์ ซึ่งจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่ต้องการ

2.2 นิยามคำศัพท์

การทำอะโนไดซ์ หมายถึง กระบวนการป้องกันการผุกร่อนของโลหะอลูมิเนียม โดยทำให้เกิดออกไซด์ของอลูมิเนียม คือ Al_2O_3 ที่เสถียรเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า โดยใช้การอิเล็กโทรลิซิสออกไซด์ของอลูมิเนียมที่เกิดขึ้นจากการทำอะโนไดซ์จะมีลักษณะผิวด้านและมีรูพรุนเล็กมาก ๆ โดยรูพรุนนี้จะเป็นพื้นที่สำหรับกักเก็บสีที่จะเคลือบไว้ การทำอะโนไดซ์จะทำให้ผิวอลูมิเนียมทนการกัดกร่อนได้มากขึ้น และเป็นฉนวนไฟฟ้า

2.3 แนวความคิด

เนื่องจากปัจจุบันมีการทำอะโนไดซ์ซึ่งยังต้องใช้คนในการปฏิบัติงานอยู่เป็นส่วนใหญ่ ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการสร้างเครื่องเคลือบสีอะลูมิเนียมโดยวิธีการอะโนไดซ์ขึ้นมา เพื่อใช้เป็นเครื่องทุ่นแรงในการเคลือบสีชิ้นงานอะลูมิเนียมในตำแหน่งต่างๆ ตามความต้องการ และสามารถกำหนดเวลาทำการเคลือบสีอะลูมิเนียมได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยการใช้อุปกรณ์ควบคุมเวลา (Timer) ในการชุบเคลือบสี และยังสามารถนำเอาเครื่องต้นแบบ (Prototype) ดังกล่าวนี้ ไปพัฒนาปรับปรุงในอนาคตได้

2.4 การทำอะโนไดซ์

การทำอะโนไดซ์ หมายถึง กระบวนการป้องกันการผุกร่อนของโลหะอลูมิเนียม โดยทำให้เกิดออกไซด์ของอลูมิเนียมคือ Al_2O_3 ที่เสถียรเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า โดยการใช้การอิเล็กโทรลิซิสออกไซด์ของอลูมิเนียมที่เกิดขึ้นจากการทำอะโนไดซ์จะมีลักษณะผิวด้านและมีรูพรุนเล็กมาก ๆ โดยรูพรุนนี้จะกักเก็บสีที่จะย้อมไว้ การทำอะโนไดซ์ จะทำให้ผิวอลูมิเนียมทนการกัดกร่อนได้มากขึ้น และเป็นฉนวนไฟฟ้า

โดยปกติเมื่อทิ้งอลูมิเนียมไว้ในบรรยากาศทั่วไป อลูมิเนียมจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศเกิดเป็นชั้นฟิล์มบางๆ ซึ่งมีคุณสมบัติทนการกัดกร่อนได้ดี ในแผ่นอลูมิเนียมบริสุทธิ์การเกิดของชั้นฟิล์มบางจะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในอลูมิเนียมที่มีโลหะอื่นผสมอยู่ (Alloys) โดยเฉพาะอลูมิเนียมที่ผสมแมกนีเซียมจะมีคุณสมบัติทนการกัดกร่อนได้ดี

อลูมิเนียมจัดเป็นวัสดุหลักๆ ที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องบิน ส่วนใหญ่จะเป็นจำพวกอลูมิเนียมอะโนไดซ์ นอกจากนี้ ยังพบการใช้งานอลูมิเนียมอะโนไดซ์ในเครื่องใช้ประจำวัน เช่น เครื่องเล่น MP3, ไฟฉาย, เครื่องครัว, กุ๊อย่าง และอุปกรณ์กีฬา เป็นต้น ซึ่งผลพลอยได้จากทำอะโนไดซ์นอกจากทนการกัดกร่อนของบรรยากาศได้ดีขึ้นแล้ว ยังสามารถย้อมสีได้อีกด้วย ผิวของอะโนไดซ์มีความสามารถในการนำความร้อนได้ลดลง และมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวต่ำกว่าอลูมิเนียมบริสุทธิ์ ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวนี้ผิวจะแตกร้าว เมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิที่สูงกว่า 80°C อย่างไรก็ตามผิวจะไม่เกาะทะลอกออก ผิวของอลูมิเนียมที่ผ่านการอะโนไดซ์แล้วจะมีจุดหลอมเหลวที่ 2050°C ซึ่งสูงกว่าอลูมิเนียมบริสุทธิ์ ซึ่งจะหลอมเหลวที่ 658°C ดังนั้นอลูมิเนียมที่ผ่านการอะโนไดซ์จึงทำการเชื่อมติดได้ยาก

อลูมิเนียมออกไซด์ที่เกิดจากการอะโนไดซ์จะเกิดออกชั้นที่ผิว และอีกส่วนหนึ่งจะงอกกินลงไปเนื้อผิวเคมิในอัตราส่วนเท่าๆ กัน ตัวอย่างเช่น การอะโนไดซ์ความหนา 2 ไมโครเมตร ดังนั้นชิ้นงานจะมีความหนาเพิ่มขึ้นเพียง 1 ไมโครเมตร (เฉพาะอีก 1 ไมโครเมตร กินลงไปที่ผิวเคมิ)

หากการทำอะโนไดซ์ทำขึ้นในสารละลาย (ที่อลูมิเนียมออกไซด์สามารถละลายได้) เช่น กรดกำมะถัน หรือกรดโครมิก ขนาดของรูพรุนที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 10-150 นาโนเมตร ก่อตัวเป็นชั้นบางๆ ที่ผิว สามารถกักตัวหนาขึ้นบริเวณรูพรุนที่เกิดขึ้น ตอนนี้เป็นเหมือนท่อทรงหกเหลี่ยมปลายเปิด ซึ่งยังสามารถถูกกัดกร่อนได้หากไม่มีการปิดผลึกปลายทรงกระบอกนี้ โดยทรงกระบอกเล็กๆ นี้ จะเป็นที่บรรจุสี และ/หรือสารป้องกันสารกัดกร่อน ซึ่งปลายกระบอกนี้เพื่อกักเก็บสี และ/หรือสารป้องกันการกัดกร่อนไว้ภายใน

การอะโนไดซ์อลูมิเนียม มีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิดหลักๆ (ตามมาตรฐาน MIL-A862S) ได้แก่

Type I – Chromic Acid Anodization คือ กระบวนการนี้ โดยทั่วไปจะใช้กับชิ้นงานที่ไม่ต้องการความแข็งของผิวสูงมาก

Type II – Sulphuric Acid Anodization คือ กระบวนการนี้ โดยทั่วไปจะใช้กับชิ้นงานที่ต้องการความแข็งของผิวสูง

Type III - Sulphuric Acid hard Coat Anodization คือ กระบวนการนี้ โดยทั่วไปจะใช้กับงานที่ต้องการความแข็งแรงของผิวสูงมาก

นอกจากนี้ ยังมีวิธีการอะโนไดซ์อื่นๆ อีก ตามมาตรฐาน MIL-A63576, AMS 2470, AMS 2471, AMS 2472, AMS 2482, AB10074 และ BS 5599STM

ก่อนทำการอะโนไดซ์ควรดัดชิ้นงานอลูมิเนียมด้วยผงซักฟอก หรือน้ำยาล้างจาน หรือสบู่ หรือสารชะล้างไขมัน เพื่อขจัดคราบไขมันก่อนที่จะนำชิ้นงานไปกัดโซดาไฟ

ในการชุบอะโนไดซ์จะใช้ไฟฟ้ากระแสตรงผ่านไปยังชิ้นงานอลูมิเนียม และแผ่นอลูมิเนียมที่แช่อยู่ในสารละลาย โดยจะปล่อยไฮโดรเจนออกที่ขั้วลบ และเริ่มสร้างอลูมิเนียมออกไซด์ที่ผิว

เงื่อนไขและองค์ประกอบอื่นๆ เช่น ความเข้มข้นของสารละลายอะโนไดซ์, อุณหภูมิของสารละลายอะโนไดซ์ และกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน ล้วนแต่มีผลต่อการก่อตัวของชั้นอลูมิเนียมออกไซด์ ความหนาของชั้นอาจแตกต่างกันหลายเท่า เมื่อเงื่อนไขและองค์ประกอบมีการเปลี่ยนแปลงไป ชั้นของออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะเพิ่มความแข็งแรงและความสามารถในการทนการกัดกร่อน ออกไซด์ที่ก่อตัวเป็นท่อนูปหกเหลี่ยมเรียงตัวกัน ความหนา (สูง) ของท่อนี้จะเริ่มตั้งแต่ 5 ไมโครเมตร ซึ่งจะให้ชิ้นงานสว่างใส จนถึง 150 ไมโครเมตร สำหรับใช้งานทางสถาปัตยกรรม

2.4.1 การทำอะโนไดซ์ด้วยกรดโครมิก

วิธีการทำอะโนไดซ์แบบนี้เป็นวิธีการแต่ดั้งเดิม รู้จักกันว่าเป็นวิธีแบบ Type I ตามมาตรฐาน MIL-A-8625 และรวมอยู่ใน Type IB ตามมาตรฐาน AMS 2470 และ MIL-A-8625 วิธีการใช้กรดโครมิกเป็นสารละลายหลักนี้ จะให้ความหนาของชั้นฟิล์มบางตั้งแต่ 5-18 ไมโครเมตร และผิวชิ้นงานที่ทึบแสง แผ่นฟิล์มที่ได้จะอ่อนนุ่ม ยากต่อการชุบสี เหมาะสำหรับเป็น การเตรียมพื้นผิวก่อนนำไปพ่นสี การใช้กระแสไฟจะต้องเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ตามกระบวนการชุบ

2.4.2 การทำอะโนไดซ์ด้วยกรดซัลฟูริก

เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันมากที่สุด โดยใช้กรดซัลฟูริกเป็นสารละลายหลัก เรียกว่า เป็นวิธี Type II ซึ่งจะให้ความหนาของชั้นฟิล์มปานกลางตั้งแต่ 1.8-25 ไมโครเมตร ตามมาตรฐาน MIL-A-8625 การชุบหนากว่า 25 ไมโครเมตร เรียกว่าเป็นการชุบบางหนา Type III, Hard Coat หรือ Engineered Anodizing การชุบบางบางมาก (โดยใช้กรดซัลฟูริกเป็นสารละลายหลัก) คล้ายๆ กับวิธีการใช้กรดโครมิก เรียกวิธีนี้ว่า Type IIB

การชุบบางบางมาก ต้องการกระบวนการและเครื่องมือในการควบคุมอุณหภูมิ โดยใช้ เครื่องทำความเย็นหล่อสารละลายน้ำยาชุบให้ใกล้จุดเยือกแข็ง (ของน้ำ) และใช้กระแสไฟฟ้าสูงกว่า การชุบบาง การชุบบางหนาจะให้ความหนาของชั้นฟิล์มตั้งแต่ 25-150 ไมโครเมตร การชุบอะโนไดซ์หนาจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพต่อการกัดกร่อน มีผลต้านทานต่อการเสียดสี กันความร้อนและเป็นฉนวนไฟฟ้า มาตรฐานที่ใช้ในการควบคุมการชุบบางหนา Type III กำหนดโดยมาตรฐาน MIL-A-8625 หรือ AMS 2469

2.4.3 การทำอะโนไดซ์ด้วยกรดอินทรีย์เคมี

การใช้สารละลายกรดอินทรีย์เคมีอย่างกรดออกซาลิก จะให้สีสันทนภายในโดยไม่ต้องชุบสี สีที่จะเกิดขึ้นแปรเปลี่ยนไปตามชนิดของโลหะผสม ความหนาของชั้นอะโนไดซ์สามารถทำได้มากถึง 50 ไมโครเมตร การชุบแบบนี้เรียกว่า Type IC กำหนดโดยมาตรฐาน MIL-A-8625

2.4.4 การทำอะโนไดซ์ด้วยกรดฟอสฟอริก

การใช้กรดฟอสฟอริกเป็นสารละลายตัวกลางในการชุบ โดยปกติจะใช้ในการเตรียมพื้นผิว เพื่อใช้เตรียมพื้นผิวสำหรับใช้งาน Adhesives Adhesives อธิบายตามมาตรฐาน ASTM D3933

2.4.5 การปิดผนึกท่อ

กระบวนการชุบอะโนไดซ์แบบ Type I, II และ III จะสร้างรูพรุนเล็กๆ ที่ผิว ซึ่งสามารถดูดซับสีย้อมและคงความมันลื่นไว้ได้ แต่ยังไม่สามารถทนต่อการกัดกร่อนได้ การปิดผนึกปลายท่อสามารถทำได้โดยการจุ่มแช่ในน้ำเดือด ซึ่งเป็นวิธีการง่ายที่สุด แต่ไม่ใช่วิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุด เนื่องจากประสิทธิภาพในการป้องกันการขีดข่วนจะน้อยลง 20 % การชุบปิดด้วยเพฟลอน, นิเกิลออกไซด์, โคบอลต์ออกไซด์ และโซเดียมไดโครเมต/โพแตสเซียมไดโครเมต จะให้ได้ผลที่สมบูรณ์

2.5 เหล็กคาร์บอน

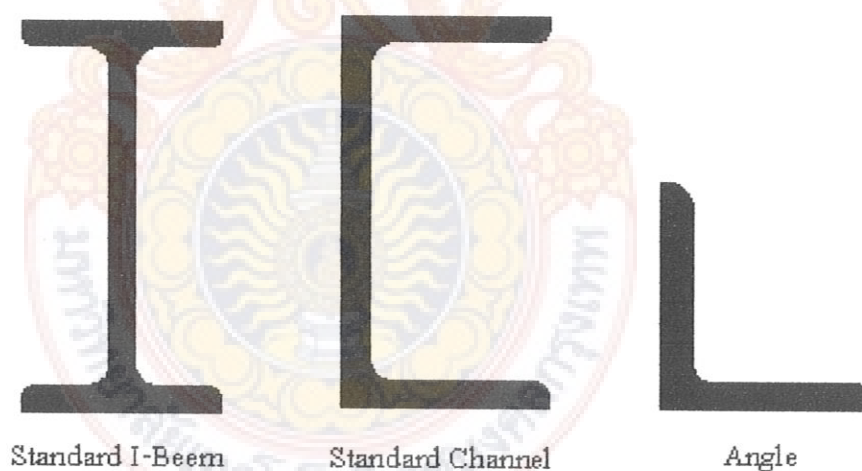
เหล็กคาร์บอน (Carbon Steel) เหล็กทุกชนิดมีคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน 2% ไม่มีธาตุอื่นผสมอยู่เลย เช่น ทังสเตน, นิกเกิล และโครเมียม การเติมคาร์บอนหรือธาตุอื่นลงไปในการทำให้คุณสมบัติของเหล็กเปลี่ยนไป เหล็กคาร์บอนมีซิลิกอน กำมะถัน ฟอสฟอรัส และแมงกานีสอยู่เล็กน้อย การที่เหล็กกล้ามีคาร์บอนผสมอยู่ในเนื้อเหล็กทำให้เกิดอิทธิพลต่อเหล็ก คือ ความเหนียวของเหล็กจะลดลงทำให้เหล็กมีความแข็งแรงขึ้น, ความสามารถในการเชื่อมตลง และความเค้นแรงดึงเพิ่มขึ้น เหล็กทุกชนิดมีธาตุทั้ง 5 ผสมอยู่ตลอดซึ่งอยู่ในรูปของสารมลทินของธาตุทั้ง 5 ได้แก่ (C), (Si), (Mn), (P) และ(S) ธาตุทั้ง 5 มีเปอร์เซ็นต์มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของเหล็ก

2.5.1 เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel) หรือเหล็กกล้าชนิดอ่อน รู้จักกันในชื่อ Mild Steel เหมาะกับการใช้งานที่ต้องการความสูงและความอ่อน เหล็กกล้าชนิดนี้มีคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน 0.25% ประโยชน์ของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำนี้ คือ ใช้กับงานจำนวนมาก ดังกะสิ มุงหลังคา เหล็กเส้น เหล็กวัสดุโรงงานใช้ผลิต สกรู นัต โบลท์ หลอดท่อโลหะ แผ่นเหล็กบางๆ

2.5.2 เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium Carbon) หรือเหล็กปกติเหล็กกล้าชนิดนี้ มีคาร์บอนผสมอยู่ 0.03-0.06 % มีความเหนียวน้อยกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำแต่มีความแข็งแรงและความเค้นแรงดึงมากกว่าจึงมีคุณสมบัติ คือ แปรรูปได้ง่าย และชุบผิวแข็งได้ ประโยชน์ของเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางนี้ คือ ใช้กับงานทำเพลาดังๆ ทำเฟืองเครื่องจักรกลทั่วไป ลวด สปริง ล้อรถไฟ หัวค้อน ก้านสูบ และหลอดท่ออย่างเหนียว เป็นต้น

2.5.3 เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High Carbon Steel) เหล็กกล้าแข็ง เหล็กกล้าชนิดนี้มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนสูงกว่าเหล็กกล้าทั้ง 2 ชนิด เมื่อมีคาร์บอนสูงจึงทำให้เหล็กกล้าชนิดนี้มีความแข็งแรง จึงนิยมนำมาทำเป็นเหล็กเครื่องมือที่ใช้เกี่ยวกับการตัด การเจาะ การเฉือน มีคุณสมบัติ คือ มีคาร์บอน 0.06-1.70 % มีความแข็งแรงสูงประโยชน์ของเหล็กกล้าคาร์บอนสูงนี้ คือ ใช้กับงานทำใบตัด สปริงแหนบ เหล็กตัดเหล็กเจาะ เหล็กทำเครื่องมือช่าง ไม้ขวาน ใบมีดโกน ตะไบ ดอกสว่าน แผ่นเกจ และมีดกลึง เป็นต้น

2.5.4 เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ เป็นเหล็กโครงสร้างที่มีรูปพรรณเป็นรูปตัดที่ผลิตขึ้นโดยมีขนาดและน้ำหนักตามที่มาตรฐานกำหนดไว้ อาจได้จากการผลิตแบบรีดร้อน (Hot Roller) หรือแบบรีดเย็น (Cold Roller) มีขนาดความยาวมาตรฐานเส้นละ 6 เมตร



ภาพที่ 2.1 ภาพเหล็กโครงสร้างรูปพรรณแบบรีดร้อน

เหล็กโครงสร้างรูปพรรณแบบรีดร้อนนั้นใช้ในการทำส่วนโครงสร้างหลัก เช่น เสาและคาน เหล็กรูปพรรณที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีรูปตัดต่างๆ กัน เช่น เหล็กรูปตัดฉาก (Angle L) เหล็กรูปพรรณตัดรูปตัว S (ตัว I เดิม) เหล็กรูปตัดแบบปีกกว้าง (Wide Flange W หรือ WF) เหล็กรูปตัดคล้ายร่องน้ำ หรือรางน้ำ หรือดูเสมือนเหล็กรูปตัดตัว C (Channel C) เหล็กรูปตัดตัว T ที่ได้จากการ

2.6 เพลาส่งกำลัง

เพลาส่งกำลัง (Shaft) เป็นชิ้นส่วนของเครื่องกลที่สำคัญ ในการส่งถ่ายกำลังหมุนต้องต้านทานต่อแรงบิด เช่น ใบพัดตัด เพลที่สวมอยู่กับพูลเลย์ และเฟือง เป็นต้น ซึ่งเพลามีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลมหมุนรอบตัวเอง ทำหน้าที่ส่งผ่านโมเมนต์บิดและโมเมนต์ดัด ดังนั้นวัสดุที่จะนำมาทำเพลาก็ต้องทนต่อแรงบิดและแรงดัดได้ดี เหล็กที่มีคุณสมบัติตามที่กล่าวมาแล้วนั้น ได้แก่ พุกเหล็ก St 37, St 44, St 50 และ St 60 ถ้าหากใช้โหลที่ต้องทนต่อการเสียดสี ก็ควรเลือกเหล็กสำหรับชุบแข็ง เช่น C 15, Cr1 8 และ Ni8 เป็นต้น การเคลื่อนที่ของเพลาก็ต้องออกแบบให้เพลทั้งสองหมุนเวียนสวนทางกันโดยใช้เฟืองเป็นตัวถ่ายทอด

τ_d คือ ความเค้นที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ (Permissible Shear Stress) และตามหลักเกณฑ์ถ้าเพลามีความเค้นดัดเกิดขึ้น อันเนื่องจากการกลิ้งตกบ่า หรือร่องลิ้น ค่าความเค้นจะลดลงอีก 75% ซึ่งสูตรสมการที่ใช้ในการคำนวณหาขนาดเพลามีดังนี้

$$d^3 = \frac{16(T)}{\pi(\tau)} \quad \dots (\text{สมการที่ 2.1})$$

เมื่อ d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลที่ต้องการหา (mm)
 T = แรงบิดของเพลที่เกิดขึ้น (N.m)
 τ = ความเค้นที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ มีค่าเท่ากับ $0.3(\sigma_y)$

2.6.1 การคำนวณหาความเร็วรอบของเพลและความเร็วตัดของเพล

$$n = \frac{v(1000)}{\pi(d)} \quad \dots (\text{สมการที่ 2.2})$$

เมื่อ n = ความเร็วรอบ (rpm)
 v = ความเร็วตัด (m/s)
 d = ขนาดความโตของพูลเลย์ (mm)

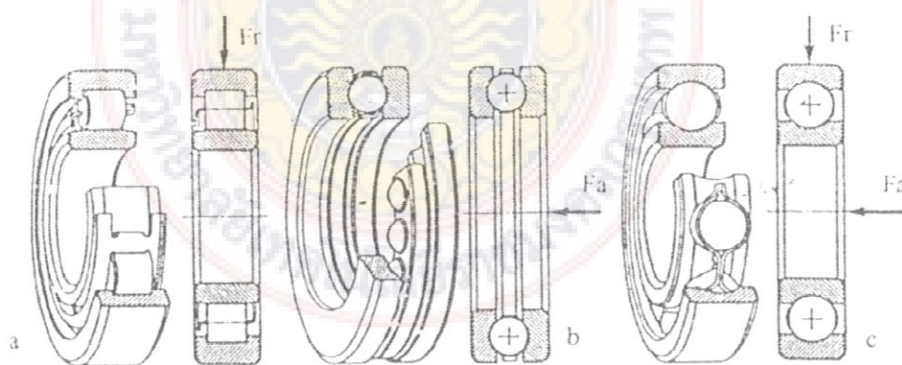
2.6.2 สมการในการคำนวณกำลังของมอเตอร์ (Motor) การคำนวณกำลังมอเตอร์คำนวณได้จากสมการ

$$P = T(\omega) \quad \dots (\text{สมการที่ 2.3})$$

เมื่อ	P	=	กำลังขับ (w)
	T	=	Torque ที่ได้จากการทดลอง (N.m)
	ω	=	ความเร็วเชิงมุม (rad/sec)

2.7 คลັบลูกปืน

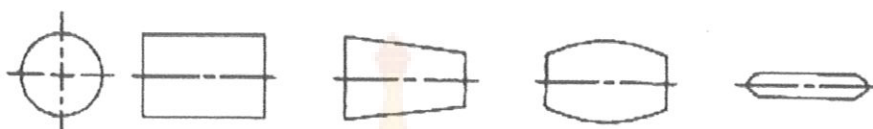
คลັบลูกปืน (Bearing) คือ ชิ้นส่วนเครื่องกลที่รองรับเพลลา เพื่อให้เพลารับภาระและหมุนได้อย่างราบรื่น ปลอดภัย และมีอายุการใช้งานทนทาน นอกจากนี้ คลັบลูกปืนจะต้องแข็งแรงและมีความเที่ยงตรง คลັบลูกปืนเหมาะสมสำหรับภาระงานที่ไม่มากนัก ถ้าใช้ในงานที่มีความเร็วต่ำ อายุการใช้งานของคลັบลูกปืนจะสูงขึ้น ในช่วงเริ่มหมุนจะมีความฝืดน้อย จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างว่าเป็นชิ้นส่วนที่ไม่มีความฝืด (Antifriction) แต่ที่จริงแล้วมีความฝืดจากการต้านทานการกลิ้งระหว่างเม็ดลูกปืน นอกจากนี้ยังเกิดการเสียดสีของสารหล่อลื่นคลັบลูกปืนมีหลายชนิดด้วยกันและแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับการออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละลักษณะงาน ซึ่งสามารถจำแนกออกได้ 3 ชนิดใหญ่ๆ ดังนี้



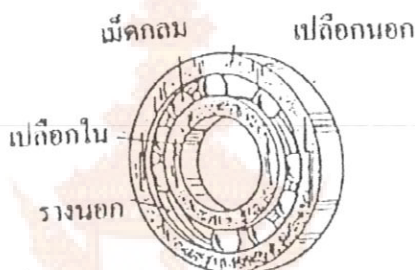
ภาพที่ 2.2 ลักษณะของคลັบลูกปืนสำหรับรับแรงในแนวต่างๆ ของบริษัท SKF

- Cylindrical Roller Bearing
- Ball Thrust Bearing
- Deep Groove Ball Bearing

- 2.7.1 Ball Bearing เหมาะสำหรับแรงในแนวรัศมีที่มีภาระไม่สูงมากเกินไป
- 2.7.2 Roller Bearing เหมาะสำหรับแรงในแนวรัศมีที่มีภาระสูงๆ
- 2.7.3 Thrust Bearing เหมาะสำหรับรับแรงในแนวแกนที่มีภาระไม่สูงเกินไป



ภาพที่ 2.3 ลักษณะของเม็ดลูกปืนแบบต่าง ๆ



ภาพที่ 2.4 ส่วนประกอบต่างๆ ของคลัตลูกปืน

2.8 งานเชื่อม

งานเชื่อม (Welding Joint) การนำเอาชิ้นงานตั้งแต่ 2 ชิ้นขึ้นไป มาประสานให้ติดกัน โดยชิ้นงานจะต้องต่อกันโดยการหลอมละลายของโลหะทั้งสอง ณ อุณหภูมิเหมาะสม โดยมีตัวประสานโลหะ งานเชื่อมแบ่งได้เป็น 2 พวกใหญ่ๆ คือ

2.8.1 Fusion Welding ชิ้นส่วนของงานเชื่อมนี้จะเชื่อมติดกัน โดยที่โลหะบริเวณแนวเชื่อมจะหลอมละลายเข้าติดกัน โดยมีการเติมโลหะหรือไม่เติมก็ได้

2.8.2 Pressure Welding ชิ้นส่วนของงานเชื่อมจะเชื่อมติดกัน โดยที่โลหะบริเวณนั้นจะอยู่ในสถานะที่เริ่มเป็นของเหลวและใช้แรงกดบริเวณแนวเชื่อมให้อัดติดกัน การเชื่อมแบบนี้จะไม่มีการเติมลวดเชื่อม

1) วัสดุที่สามารถเชื่อมได้ อาจแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท

1.1) Low Carbon Steel คือ เหล็กที่มีคาร์บอนผสมอยู่ในเหล็ก ไม่เกิน 3%

1.2) โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก (Non-Ferrous Metals) เช่น โลหะพวกทองแดง, ทองเหลือง, บรอนซ์, สังกะสี และอลูมิเนียม

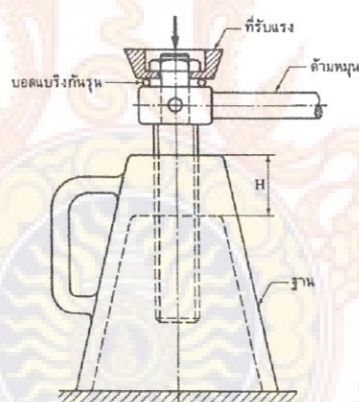
1.3) เทอร์โมพลาสติกบางประเภท (Thermoplastic Materials) สามารถเชื่อมต่อกันได้ โดยใช้ลมร้อนและลวดเชื่อม

2) กฎหรือข้อพึงปฏิบัติทั่วไปในงานเชื่อม

- 2.1) คุณสมบัติของวัสดุลวดเชื่อมจะต้องดีกว่าคุณสมบัติของชิ้นงาน
- 2.2) พยายามออกแบบแนวเชื่อมโดยให้มีแนวเขื่อนน้อยที่สุด
- 2.3) แนวเชื่อมที่ติดจะต้องมีเส้นภายในบริเวณเขื่อนน้อยที่สุด

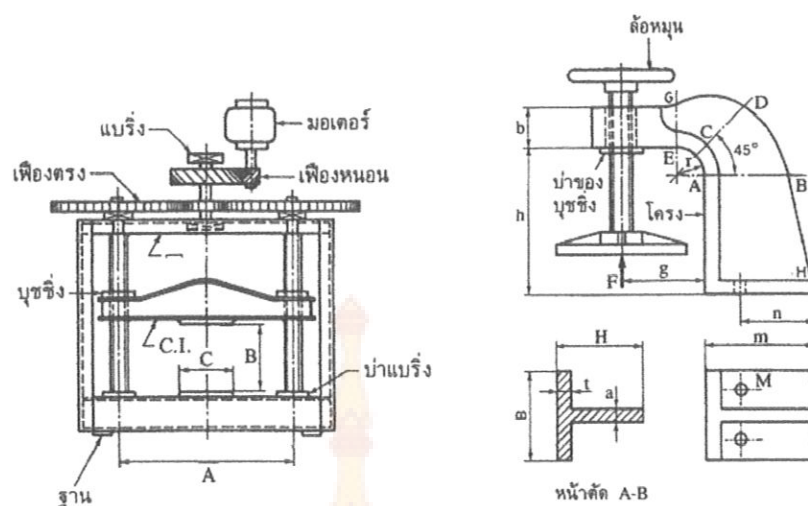
2.9 สกรูส่งกำลัง

สกรูส่งกำลัง (Power Screw) เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ในเครื่องจักรกลเพื่อเปลี่ยนการหมุนเป็นการเลื่อน ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า สกรูเลื่อน (Translation Screw) นอกจากนี้สกรูส่งกำลังยังใช้ในการยกน้ำหนักที่สกรูรับอีกด้วย เช่น แม่แรง (Screw Jack) สำหรับยกน้ำหนัก, สกรูเพรส (Screw Press) สำหรับใช้กดเพื่อประกอบชิ้นงานหรือขึ้นส่วนเครื่องมือกล



ภาพที่ 2.5 แม่แรง

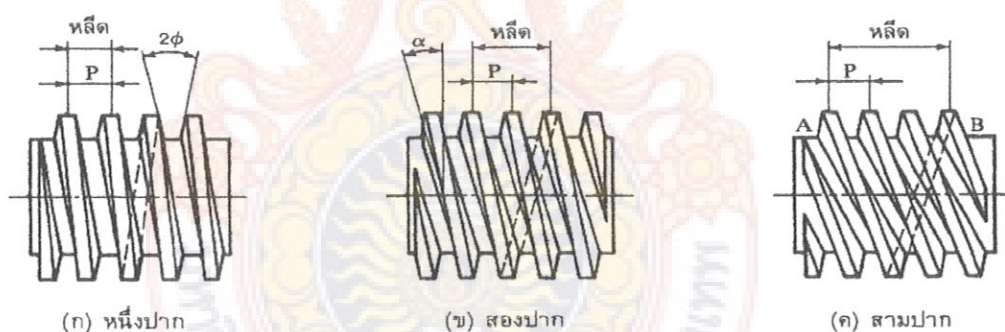
จากตัวอย่างที่กล่าวมานั้นจะเห็นได้ว่าการออกแบบหรือเลือกขนาดของสกรูส่งกำลังจะต้องคิดถึงความแข็งแรงของตัวสกรูที่จะรับแรงกดหรือแรงดึง ความสามารถในการรับแรงเหวี่ยงของตัวสกรู ความแข็งแรงและการสึกหรอของเกลียวตลอดจนกำลังงานที่ต้องการ



ภาพที่ 2.6 สกรูเพรส

2.9.1 คำจำกัดความสำหรับสกรูส่งกำลัง

สำหรับสกรูส่งกำลังจำเป็นต้องทำความเข้าใจกับคำจำกัดความบางคำ ซึ่งจะต้องใช้อยู่เสมอโดยพิจารณาจากภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 เกลียวสกรูเกลียวคางหมู

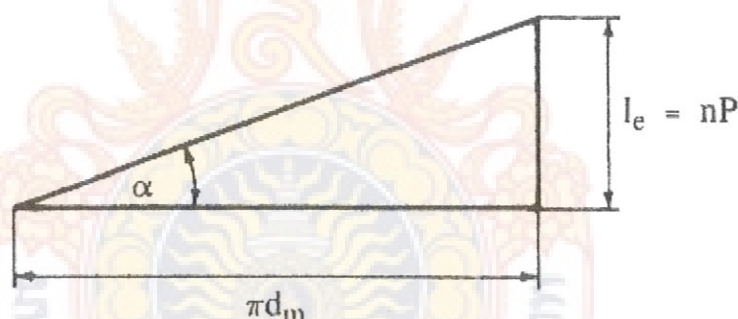
1) ระยะพิทช์ (Pitch ; P) หมายถึง ระยะทางที่วัดตามแนวแกนของสกรูจากจุดหนึ่งบนเกลียวหนึ่ง ไปยังจุดเดียวกันของเกลียวที่อยู่ถัดไป

2) ระยะนำ (Lead ; le) คือ ระยะทางที่สกรูเคลื่อนที่ได้ตามแนวแกนของสกรู ในขณะที่สกรูหมุนไปหนึ่งรอบ ถ้าเป็นสกรูหนึ่งปาก (Single Thread) ระยะนำจะมีค่าเท่ากับระยะพิทช์ สำหรับสกรูสองปาก (Double Thread) เกลียวจะมีปากคาบระหว่างเกลียวสองเกลียว ดังภาพที่ 2.7 ดังนั้นเมื่อสกรูหมุนไปหนึ่งรอบ การเคลื่อนที่ในแนวแกนของสกรูจึงเป็น 2 เท่าของ

$$le = n(P) \quad \dots (\text{สมการที่ 2.4})$$

เมื่อ le = ระยะทางที่สกรูเคลื่อนที่
 n = จำนวนของปากสกรู
 P = ระยะพิตช์

3) มุมฮีลิกซ์ หรือมุมระยะนำ (Helix or Lead Angle ; α) หมายถึง มุมระหว่างระนาบที่สัมผัสกับความเอียงของเกลียวและระนาบที่ตั้งฉากกับแกนของสกรู ถ้าให้ d_m เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของสกรู และนำส่วนที่สกรูเคลื่อนที่ไปในขณะที่หมุนหนึ่งรอบมาคลี่ออก ก็จะได้ลักษณะดังภาพที่ 2.8



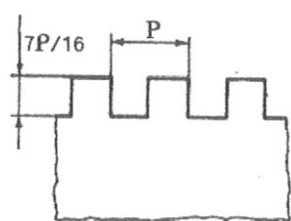
ภาพที่ 2.8 มุมฮีลิกซ์ หรือมุมระยะนำ

เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุดของสกรู ซึ่งนับรวมถึงความสูงของเกลียวด้วยขนาดระบุ (Nominal Size) ของสกรูส่งกำลัง จะบอกโดยใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่เสมอ เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุดของสกรู

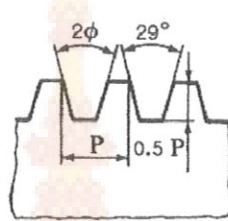
2.9.2 ชนิดของเกลียวส่งกำลัง

สกรูส่งกำลังที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนี้ ส่วนมากจะมีขนาดตามหน่วยระบบอังกฤษ ส่วนเครื่องจักรที่จะผลิตออกมาในอนาคตจะค่อยๆ เปลี่ยนแปลงไปใช้ในระบบหน่วย SI ซึ่งสำหรับสกรู

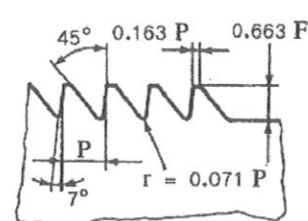
1) เกลียวสี่เหลี่ยม (Square Thread) เป็นเกลียวที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในจำพวกเกลียวของสกรูส่งกำลัง ซึ่งเรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่าเกลียวเซลเลอร์ (Sellers Thread) โดยมีลักษณะของเกลียวดังภาพที่ 2.9 แต่เนื่องจากการตัดเกลียวสี่เหลี่ยมนี้ทำได้ยากและค่าใช้จ่ายสูง จึงมีการนำมาใช้งานน้อยลง ดังนั้นเกลียวชนิดนี้จึงมิได้มีการทำเป็นมาตรฐานทั่วไป



(ก) เกลียวสี่เหลี่ยม



(ข) เกลียวแอกมี



(ค) เกลียวบัตเตรส

ภาพที่ 2.9 ชนิดของเกลียวส่งกำลัง

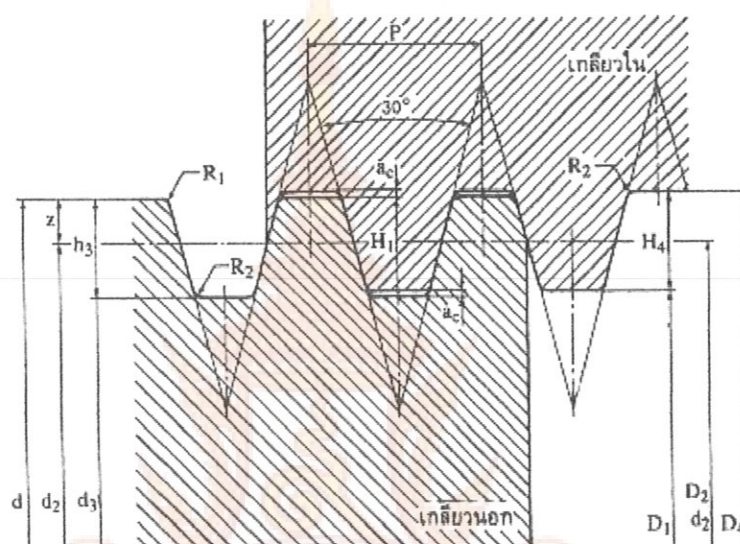
2) เกลียวแอกมี (Acme Thread) หรือเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมู เป็นเกลียวชนิดที่มีการใช้งานมาเป็นเวลานานที่สุด รูปร่างของเกลียวเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู โดยมีมุมของเกลียว (Thread Angle) 2ϕ เท่ากับ 29° ดังในภาพที่ 2.9 (ข) เนื่องจากตัดเกลียวได้ง่ายจึงมีการนำมาใช้งานเรื่อยมา ประสิทธิภาพของเกลียวชนิดนี้จะน้อยกว่าเกลียวสี่เหลี่ยม ถ้าเกิดความสึกหรอหลังจากใช้งานมาเป็นระยะเวลาหนึ่งก็สามารถที่จะปรับให้เกลียวของสกรูกับเกลียวตัวเมียได้สนิทเหมือนเดิม โดยการขันเกลียวตัวเมีย ซึ่งเป็นแบบ Split Nut เข้าไปให้กระชับกับเกลียวของตัวสกรูได้

3) เกลียวบัตเตรส (Buttress Thread) เป็นเกลียวที่มีรูปร่างเป็นฟันเลื่อย จุดมุ่งหมายก็เพื่อที่จะใช้รับแรงในทิศทางเดียว เกลียวชนิดนี้มีความแข็งแรงมากกว่าเกลียว 2 ชนิดที่ได้กล่าวมาแล้ว เนื่องจากเกลียวชนิดนี้มิใช้ไม่มากนัก ดังนั้นจึงมิได้มีการกำหนดขนาดเป็นมาตรฐาน

2.9.3 เกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐาน ISO

ขนาดเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐาน ISO บอกมิติต่างๆ เป็น mm และมีมุมของเกลียว 2ϕ เท่ากับ 30° ขนาดต่างๆ ของสกรูส่งกำลังชนิดนี้จะคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 H_1 &= 0.5P & D_4 &= d+2a_c \\
 H_4 &= H_1 + a_c = 0.5P + a_c & d_3 &= d - 2h_3 \\
 h_3 &= H_1 + a_c & R_{1\max} &= 0.5 a_c \\
 z &= 0.25P = H_1 & R_{2\max} &= a_c \\
 D_1 &= d - 2 H_1 = d-P & d_2 = D_1 &= d-2z = d-0.5 P
 \end{aligned}$$



ภาพที่ 2.10 ขนาดต่างๆ ของเก็ลยวโนที่เหลื่อมคางหนู

- โดยที่
- a_c = ช่องว่างบนยอดฟัน
 - D_4 = เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ของเก็ลยวโน
 - D_1 = เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กของเก็ลยวโน
 - D_2 = เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเก็ลยวโน
 - D = เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ของเก็ลยวโนก
 - d_3 = เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กของเก็ลยวโนก
 - d_2 = เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเก็ลยวโนก
 - H_1 = ความสูงเหลื่อม (Overlapping) ของเก็ลยว
 - H_4 = ความสูงของฟันเก็ลยวโนก
 - h_3 = ความสูงของฟันเก็ลยวโน
 - P = ระยะพิตช์

2.9.4 การออกแบบสกรูส่งกำลัง

การคำนวณหาความเค้นในส่วนต่างๆ ของสกรูส่งกำลังโดยใช้สมการเบื้องต้นดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เป็นการประมาณค่าของความเค้นที่เกิดขึ้นเท่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของสกรูและแป้นเกลียว ตลอดจนการกระจายของแรงบนเกลียวว่าจะเข้าใกล้กับสภาพที่ได้สมมติเอาไว้เพียงใด เกลียวที่อยู่ใกล้กับน้ำหนักรับแรงมากกว่าเกลียวที่อยู่ห่างออกไป ความหลวมระหว่างสกรูและแป้นเกลียวอาจทำให้แรงกระจายไม่สม่ำเสมอ หรือการโค้งงอของเกลียวอาจทำให้เกลียวบางเกลียวรับแรงมากเกินไป เป็นต้น ในการออกแบบควรจะต้องคิดถึงสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

ความเค้นวิกฤต (Critical or Bucking Stress) ในการคำนวณหาขนาดของสกรูที่รับแรงกด แต่เพียงอย่างเดียว ถ้าเป็นสกรูสั้นก็สามารถที่จะใช้สมการของความเค้นกด

$$\sigma_c = \frac{F}{A_r} \quad \dots (\text{สมการที่ 2.5})$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } \sigma_c &= \text{ความเค้นอัด (N/mm}^2\text{)} \\ F &= \text{แรงอัด (N)} \\ A_r &= \text{พื้นที่รับแรง (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

เนื่องจากพื้นเกลียวจะช่วยรับแรงนี้ด้วย ดังนั้นพื้นที่รับแรง A_r ก็ควรจะมีความใหญ่กว่าพื้นที่ซึ่งคิดที่เส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก ซึ่งอาจจะประมาณได้ว่าควรจะเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก และเส้นผ่านศูนย์กลางพิช เพื่อความสะดวกในการคำนวณจึงขอแนะนำให้ใช้พื้นที่ของเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก คำว่าสกรูสั้นในที่นี้ หมายถึง สกรูซึ่งมีอัตราส่วนความเพียว $L_e/k < 40$ ถ้าหากสกรูมีอัตราส่วนความเพียวมากกว่านี้ สกรูอาจเกิดการ โค้งงอขึ้นก่อนที่มีความเค้นจะถึงค่าที่กำหนดไว้ก็ได้ ในกรณีเช่นนี้การออกแบบสกรูต้องใช้สูตรของเสาแทนสมการที่ (2.7) สำหรับสกรูที่มีความยาวปานกลางให้ใช้สูตรของจอห์นสัน

$$W = \frac{A_r(\sigma_y)}{N} \left[1 - \frac{\sigma_y(l_e/k)^2}{4\pi^2 E} \right] \quad \text{โดยที่ } 40 < l_e/k < 110 \quad \dots (\text{สมการที่ 2.6})$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } W &= \text{แรงส่งกำลัง} \\ A_r &= \text{พื้นที่รับแรง} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_y &= \text{ความเค้นจุดคราก} \\
 N &= \text{ค่าความปลอดภัย} \\
 le &= \text{ค่าความยาวสมมูล} \\
 k &= \text{รัศมีไจเรชั่น} \\
 E &= \text{ค่าความยืดหยุ่น}
 \end{aligned}$$

สำหรับสกรูยาวให้ใช้สูตรของออยเลอร์

$$W = \pi^2 EI / N(le^2) \quad \text{โดยที่ } le/k < 110 \quad \dots (\text{สมการที่ 2.7})$$

$$\begin{aligned}
 \text{เมื่อ } W &= \text{แรงส่งกำลัง} \\
 E &= \text{ค่าความยืดหยุ่น} \\
 I &= \text{โมเมนต์เฉื่อยของพื้นที่หน้าตัด} \\
 N &= \text{ค่าความปลอดภัย} \\
 le &= \text{ค่าความยาวสมมูล}
 \end{aligned}$$

ถ้าวัสดุที่ใช้ทำตัวสกรูไม่ใช่เหล็กกล้า ค่าของความเพริยที่แบ่งระหว่างการใช้สูตรของออยเลอร์และจอห์นสันจะคำนวณได้จากสมการ

$$le/k = \left[2\pi^2 E / \sigma_y \right]^{1/2} \quad \dots (\text{สมการที่ 2.8})$$

$$\begin{aligned}
 \text{เมื่อ } le/k &= \text{อัตราส่วนความเพริย} \\
 E &= \text{ค่าความยืดหยุ่น} \\
 \sigma_y &= \text{ความเค้นจุดคราก}
 \end{aligned}$$

2.10 แรงเฉือนและโมเมนต์คัตในคาน

2.10.1 ชนิดของคาน โดยแบ่งตามลักษณะของตัวรองรับ หรือแรงปฏิกิริยา

1) คานอย่างง่าย (Simple Beam) คานชนิดนี้จะรองรับด้วยสลักยึดหรือลูกกลิ้งที่ตำแหน่งปลายคานทั้งสอง แรงปฏิกิริยากระทำที่ปลายคานนั้นตั้งฉากกับคาน และไม่เกิดโมเมนต์แรงคู่ควบ

2) คานอย่างง่ายมีปลายยื่นเลย (Simple Beam with Overhang) คานชนิดนี้มีปลายคานด้านใดด้านหนึ่ง หรือทั้งสองด้านยื่นเลยตัวรองรับ

3) คานต่อเนื่อง (Continuous Beam) คานชนิดนี้มีจุดรองรับมากกว่า 2 จุดขึ้นไป

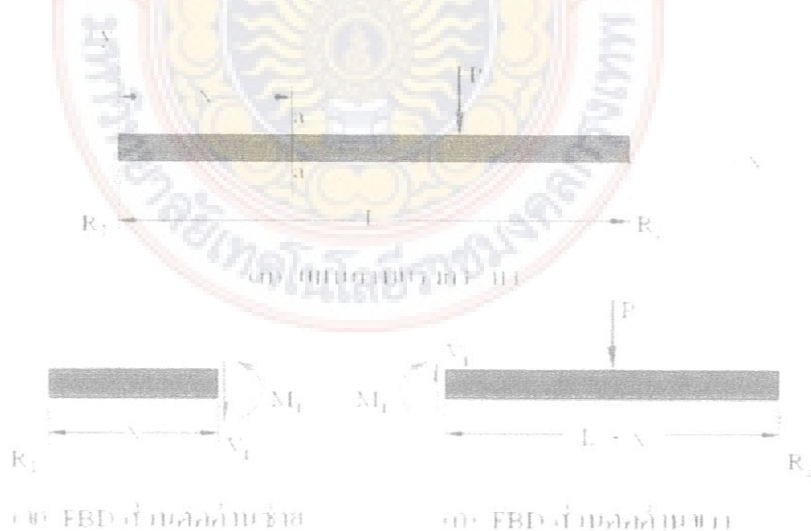
4) คานปลายยื่น (Cantilever Beam) คานชนิดนี้ ปลายคานด้านหนึ่งถูกยึดแน่นฝังในค้ำผนังหรือจุดรองรับอย่างถาวร ซึ่งปลายคานด้านนี้ไม่สามารถเลื่อนตำแหน่งหรือหมุนได้

5) คานปลายตรึง (Fixed Beam) คานชนิดนี้ มีปลายทั้ง 2 ด้าน ยึดตรึงกับผนังหรือจุดรองรับอย่างถาวร และไม่สามารถหมุนได้

6) คานปลายตรึงปลายยื่นเลย (Cantilever Beam with Overhang) คานชนิดนี้ ปลายคานด้านหนึ่งยึดตรึงอย่างถาวร และปลายอีกด้านหนึ่งยื่นเลยจุดรองรับ

2.10.2 แรงเฉือน และโมเมนต์คัตในคาน

พิจารณาภาพที่ 2.11 ของคานภาพ (ก) มีแรงกระทำเป็นจุด P ซึ่งสมดุลกับแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ R_1 และ R_2 (ไม่คือน้ำหนักของคาน) ที่ส่วนตัด $a-a$ แบ่งคานออกเป็น 2 ส่วน ในสภาพสมดุลของส่วนตัดแต่ละด้าน จำเป็นต้องมีแรงเฉือนด้านของโมเมนต์ด้านแรงกระทำ ดังแสดงในภาพ (ข) และ (ค)



ภาพที่ 2.11 สภาพสมดุลของส่วนตัดทางด้านซ้ายและขวาของคาน

1) แรงเฉือนในคาน

แรงเฉือนในคาน (V) มีขนาดเท่ากับแรงเฉือนด้าน (V_r) แต่มีทิศตรงกันข้าม ดังนั้นแรงเฉือนบนหน้าตัดของ FBD (Free Body Diagram) ส่วนตัดของคานซ้ายสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.9

$$V = (\Sigma F_y)_L, \uparrow^+ \quad \dots (\text{สมการที่ 2.9})$$

ความหมายของสมการที่ 2.9 คือ แรงเฉือนในคานเท่ากับผลรวมของแรงภายนอกที่กระทำต่อ FBD ส่วนตัดของคานด้านซ้าย และกำหนดให้แรงภายนอกที่มีทิศทางขึ้นนั้นเป็นบวก (+) เสมอ

2) โมเมนต์คัตในคาน

โมเมนต์คัตในคาน (M) ที่ส่วนตัดใดๆ พิจารณาจาก FBD ส่วนตัดของคานด้านใดก็ได้ โมเมนต์คัตในคานมีขนาดเท่ากับโมเมนต์ด้าน (M_r) แต่มีทิศตรงกันข้าม เพื่อความสะดวกจะพิจารณาโมเมนต์คัตบนหน้าตัดของ FBD ส่วนตัดของคานด้านซ้าย พบว่า

$$M = (\Sigma M)_L, \quad \dots (\text{สมการที่ 2.10})$$

ความหมายของสมการที่ 2.10 คือ โมเมนต์คัตในคานเท่ากับผลรวมของโมเมนต์เนื่องจากแรงภายนอกรอบหน้าตัดของ FBD ส่วนตัดของคานด้านซ้าย และกำหนดให้โมเมนต์ในทิศทางตามเข็มนาฬิกานั้นเป็นบวก (+) เสมอ



ภาพที่ 2.12 ลักษณะ SFD และ BMD ในคานภายใต้แรงกระทำเป็นจุดและแรงกระทำ

2.10.3 แผนภาพแรงเฉือน (SFD) และแผนภาพโมเมนต์ดัด (BMD)

ลักษณะของแผนภาพแรงเฉือน และแผนภาพโมเมนต์ดัดในคานานั้น จะขึ้นอยู่กับ ชนิดและแรงกระทำบนคาน ซึ่งชนิดและแรงกระทำบนคานดังกล่าว คือ แรงกระทำเป็นจุดและแรงกระทำเป็นบริเวณ พิจารณาคานยื่นในภาพที่ 2.12 พบว่า มี P เป็นแรงกระทำเป็นจุด และแรงกระทำเป็นบริเวณที่มีการกระจายของแรงต่อ 1 หน่วย ความยาวคานมีค่าเท่ากับ w มีหน่วยเป็น N/m

จากภาพที่ 2.12 (ก) พิจารณาส่วตัด a-a ด้านซ้ายที่ระยะ x วัดจากปลายคาน จะได้

$$\begin{aligned} V &= -P & \dots (\text{สมการที่ 2.11}) \\ \text{เมื่อ} \quad V &= (\sum F_y)_L, \uparrow^+ & \dots (\text{อ้างอิงมาจากสมการที่ 2.9}) \end{aligned}$$

แสดงว่า SFD เป็นกราฟสี่เหลี่ยมมุมฉากได้แกน X จะได้

$$\begin{aligned} M &= -Px & \dots (\text{สมการที่ 2.12}) \\ \text{เมื่อ} \quad M &= (\sum M)_L, & \dots (\text{อ้างอิงมาจากสมการที่ 2.10}) \end{aligned}$$

แสดงว่า BMD เป็นกราฟสี่เหลี่ยมมุมฉากได้แกน X และโมเมนต์ค่าสุดเท่ากับ $-PL$ ในภาพที่ 2.13 (ข) พิจารณาส่วตัด a-a ด้านซ้ายที่ระยะ x วัดจากปลายคาน จะได้

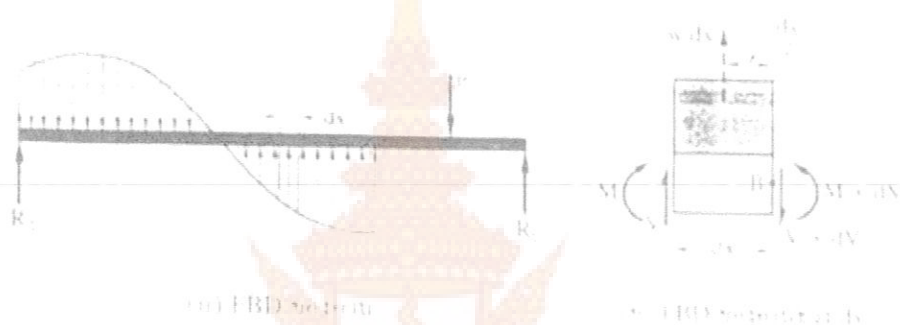
$$\begin{aligned} V &= -wx & \dots (\text{สมการที่ 2.13}) \\ \text{เมื่อ} \quad V &= (\sum F_y)_L, \uparrow^+ & \dots (\text{อ้างอิงมาจากสมการที่ 2.9}) \end{aligned}$$

แสดงว่า SFD เป็นกราฟสี่เหลี่ยมมุมฉากได้แกน X และโมเมนต์ค่าสุดเท่ากับ $-wL$ จะได้

$$\begin{aligned} M &= -wx(x/2)_L = -wx^2/2 & \dots (\text{สมการที่ 2.14}) \\ \text{เมื่อ} \quad M &= (\sum M)_L, & \dots (\text{อ้างอิงมาจากสมการที่ 2.10}) \end{aligned}$$

แสดงว่า BMD เป็นกราฟสี่เหลี่ยมมุมฉากได้แกน X

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือน โมเมนต์คัตและการกระจายแรงต่อ 1 หน่วย ความยาวตามพิจารณา FBD ของส่วนคัตของคานในช่วง dx ดังแสดงในภาพที่ 2.13 ผลของแรงภายนอกทำให้ด้านซ้ายของส่วนคัตถูกกระทำด้วยแรงเฉือน V และโมเมนต์คัต M และทางด้านขวาของส่วนคัตนี้ จะถูกกระทำด้วยแรงเฉือน $V+dV$ และโมเมนต์ $M+dM$ กำหนดให้มีแรงกระทำต่อคานในช่วง dx นั้น มีค่าเท่ากับ $w dx$ โดยที่ w คือ การกระจายของแรงกระทำต่อเนื่อง ซึ่งมีหน่วยเป็น N/m และมีค่าคงที่จาก FBD



ภาพที่ 2.13 คานภายใต้แรงกระทำกระจายต่อเนื่อง

2.10.4 ขั้นตอนในการสร้างแผนภาพแรงเฉือน (SFD)

- 1) จาก FBD ของคานทั้งหมด จะใช้สมการของสภาพสมดุลในการหาแรงปฏิกิริยาที่จตุรรองรับ
- 2) เลือกส่วนคัตของคานแต่ละช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงของแรงกระทำ โดยในแต่ละช่วงนั้นจะเลือก FBD ของส่วนคัตของคานด้านซ้ายพิจารณาแรงเฉือนในคานและใช้สมการที่ 2.9 โดยในการพิจารณาแต่ละช่วงของคานนั้น จะพิจารณาค่าหนึ่งของส่วนคัตด้วยระยะทาง x วัดจากปลายคานด้านซ้ายเสมอ
- 3) นำผลการคำนวณของแรงเฉือนในขั้นตอนที่ 2 มาเขียนเป็น SFD พร้อมทั้งคำนวณตำแหน่ง ณ แรงเฉือนเป็นศูนย์

2.10.5 ขั้นตอนในการสร้างแผนภาพโมเมนต์คัต (BMD)

- 1) จาก FBD ของคานทั้งหมด จะใช้สมการของสภาพสมดุลในการหาแรงปฏิกิริยาที่จตุรรองรับ

2) เลือก FBD ของส่วนตัดของคานด้านซ้าย และหาโมเมนต์คัตบนหน้าตัดของคานจากสมการที่ 2.10

3) นำผลการคำนวณของโมเมนต์คัตในขั้นตอนที่ 2 มาเขียนเป็น MBD พร้อมทั้งคำนวณหาโมเมนต์สูงสุดหรือต่ำสุด ณ ตำแหน่งที่แรงเฉือนเป็นศูนย์

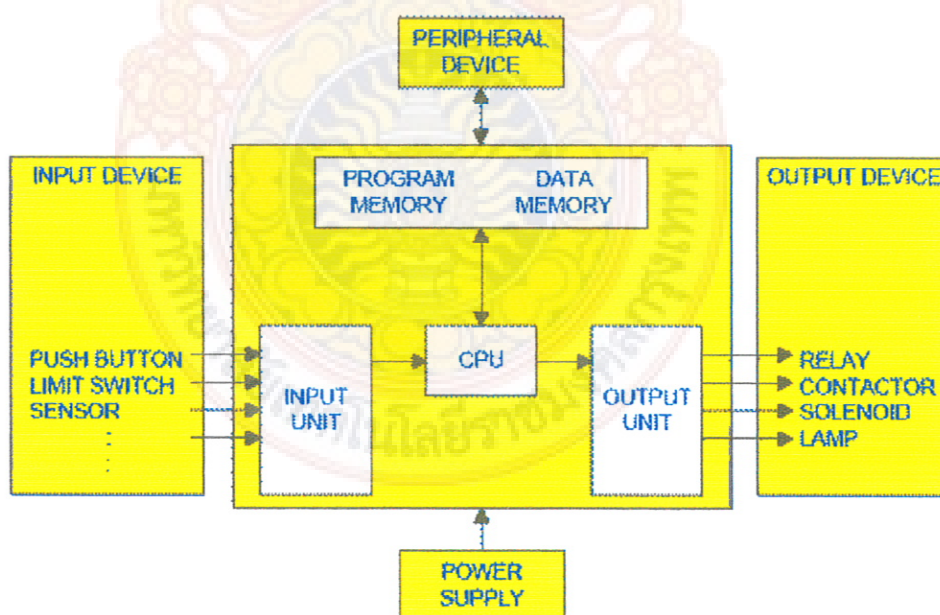
2.11 Programmable Logic Controller (PLC)

PLC คือ เครื่องควบคุมอัตโนมัติที่สามารถสร้างโปรแกรมเพื่อพัฒนาทดแทนวงจรรีเลย์ราคาถูกสามารถใช้งานได้เอนกประสงค์ โดยเชื่อมต่อต่างระหว่าง PLC กับ Computer มีดังนี้

1) PLC ถูกออกแบบและสร้างขึ้น เพื่อให้สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมในโรงงานอุตสาหกรรมได้ดี

2) โปรแกรมการใช้งาน PLC สามารถทำได้ไม่ยุ่งยากเหมือนคอมพิวเตอร์ทั่วไป โดย PLC มีระบบการตรวจสอบตัวเองตั้งแต่ช่วงติดตั้ง จนถึงช่วงการใช้งานทำให้การบำรุงรักษาทำได้ง่าย

3) PLC มีความสามารถในการใช้งานสะดวก ในขณะที่คอมพิวเตอร์มีความยุ่งยากและซับซ้อนมากกว่า



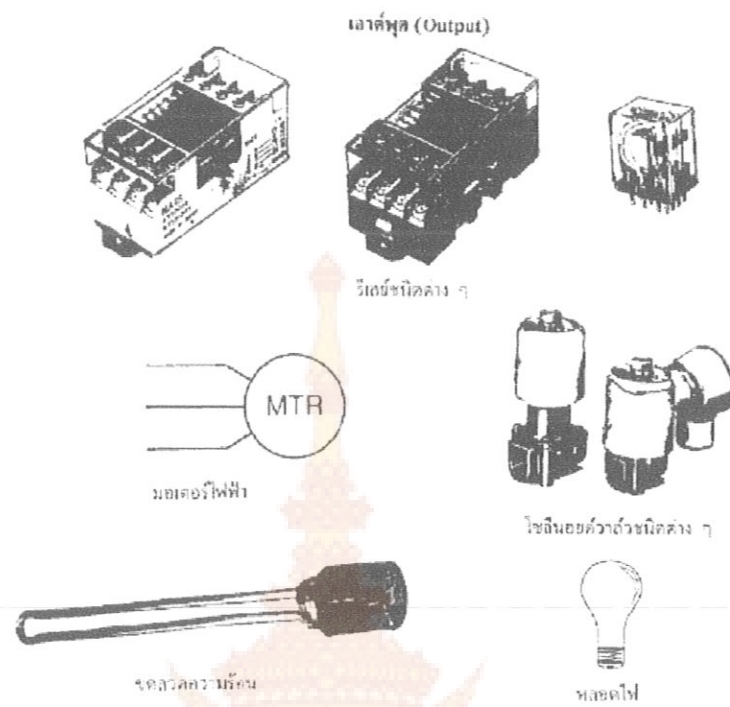
ภาพที่ 2.14 โครงสร้างภายในของ PLC

2.11.1 ตัวประมวลผล (CPU) ทำหน้าที่คำนวณและควบคุม ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของ PLC ภายในประกอบด้วยวงจร Logic หลายชนิด ใช้แทนอุปกรณ์จำพวก Relay, Counter และ Timer เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้ Relay Ladder Diagram จะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์ Input ต่างๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ ส่งข้อมูลที่เหมาะสมและส่งไปยังอุปกรณ์ Output



ภาพที่ 2.15 ตัวอย่างอุปกรณ์ Input ในระบบ PLC

2.11.2 Input-Output Unit โดย Input จะทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกแล้วแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสม จากนั้นส่งให้หน่วยประมวลผลต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 2.15 และภาพที่ 2.16 ส่วน Output จะทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เช่น หลอดไฟ, มอเตอร์ และวาล์ว เป็นต้น



ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างอุปกรณ์ Output ในระบบ PLC

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 บทนำ

การดำเนินการศึกษาหลักการของการเคลื่อนสือลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์ เพื่อทำการออกแบบและจัดสร้างเครื่องเคลื่อนสือลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์ โดยมีเงื่อนไขให้สามารถเคลื่อนสือลูมิเนียมตามคุณภาพที่กำหนดไว้ ซึ่งประสิทธิภาพระบบการทำงานของเครื่องจักรดังกล่าวจะถูกควบคุมการทำงานด้วยระบบ PLC (Programmable Logic Controller) เพื่อให้ได้มาซึ่งชิ้นงานภายหลังการเคลื่อนสือด้วยวิธีการอะโนไดซ์ที่มีคุณภาพ

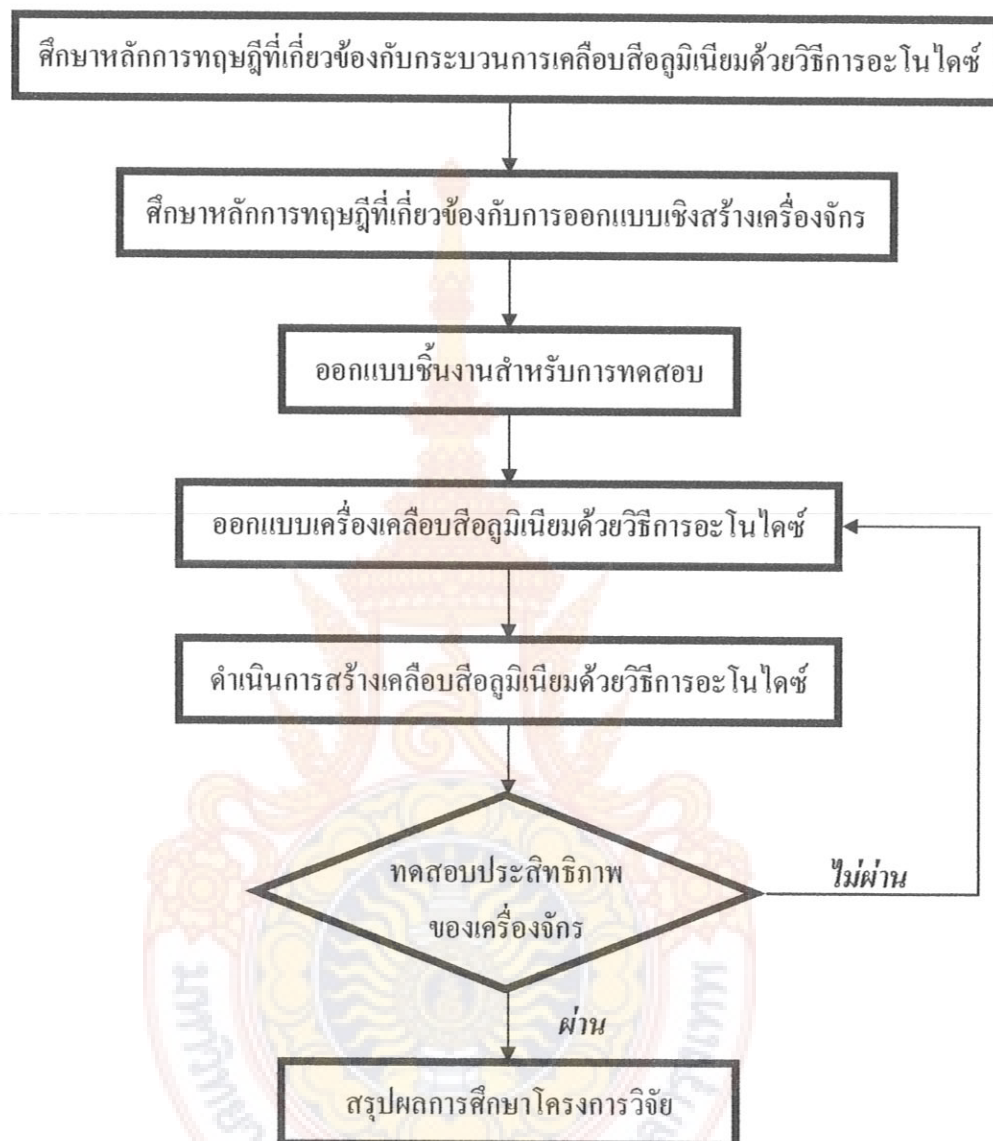
3.2 การวางแผนการดำเนินงาน

การวางแผนการดำเนินงาน และการเตรียมการจัดทำแผนการดำเนินงานนั้น เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามเป้าหมายในช่วงเวลาที่กำหนด

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน โครงการวิจัย

ลำดับขั้นตอน	ระยะเวลาการดำเนินงาน 2553			
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเคลื่อนสือลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์	↔			
2. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเชิงสร้างเครื่องจักร	↔			
3. ออกแบบชิ้นงานสำหรับการทดสอบเครื่องเคลื่อนสือลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์		↔		
4. ออกแบบเครื่องเคลื่อนสือลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์		↔		
5. ดำเนินการสร้างเคลื่อนสือลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์			↔	
6. ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเคลื่อนสือลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์			↔	
7. สรุปผลการศึกษาโครงการวิจัย				↔

3.3 วิธีการดำเนินงาน



ภาพที่ 3.1 วิธีการดำเนินงาน

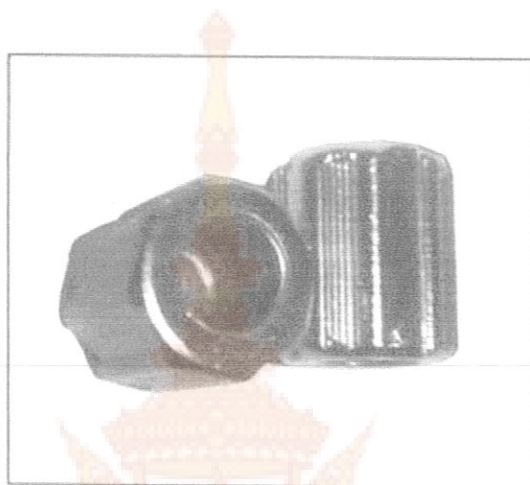
3.4 การศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาข้อมูลและค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างเครื่องเคลื่อนสือภูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไคซ์ รวมไปถึงการกำหนดรายละเอียดของโครงการวิจัย

3.5 การกำหนดรายละเอียดของงาน

3.5.1 การกำหนดขนาดชิ้นงาน

โครงการวิจัยนี้ มีการกำหนดขนาดชิ้นงานทดสอบเป็นวัสดุอลูมิเนียมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ยาว 12 มิลลิเมตร โดยทำเกลียวใน ดังแสดงในภาพที่ 3.2



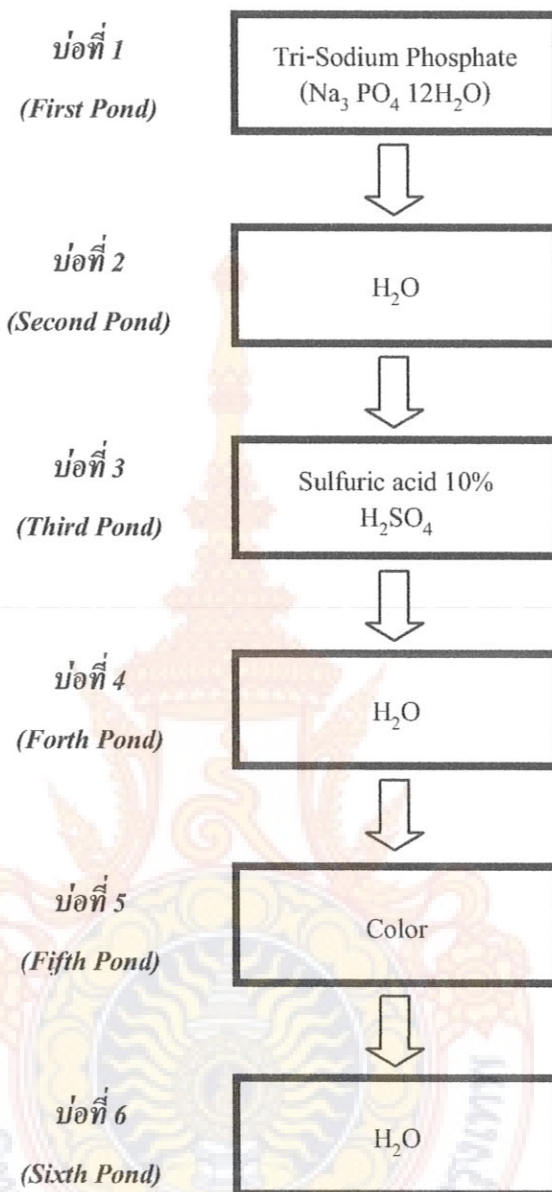
ภาพที่ 3.2 ชิ้นงานทดสอบสำหรับเครื่องเคลือบสืออลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์

3.5.2 การออกแบบบ่อเคลือบสืออลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์

บ่อเคลือบสืออลูมิเนียมจะถูกออกแบบให้สามารถเคลือบสือชิ้นงานอลูมิเนียมได้ครั้งละ 20 ชิ้น ซึ่งได้กำหนดให้บ่อมีขนาดกว้าง 200 ยาว 300 สูง 200 มิลลิเมตร วัสดุเป็นอะคริลิก (Acrylic) ซึ่งมีคุณสมบัติน้ำหนักเบา โดยมีน้ำหนักเพียงครึ่งหนึ่งของน้ำหนักแผ่นกระจกขนาดเดียวกัน เป็นฉนวนกันความร้อนและฉนวนไฟฟ้าได้ สามารถต้านแรงกระแทกได้มากกว่ากระจกถึง 15 เท่า ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายเกลือ, สารเคมี, น้ำมันเชื้อเพลิง เช่น แก๊สโซลีน เป็นต้น

3.5.3 ขั้นตอนการเคลือบสืออลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์

จากการศึกษาและค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเคลือบสืออลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์ รวมไปถึงการทดลองเคลือบสืออลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์ในเบื้องต้น พบว่า กระบวนการเคลือบสืออลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์นั้น สามารถแสดงรายละเอียดของกระบวนการดังกล่าวในแต่ละบ่อดังแสดงในภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 กระบวนการเคลือบสีอลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์

จากภาพที่ 3.3 สามารถอธิบายกระบวนการเคลือบสีอลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์ในแต่ละบ่อ ได้ดังต่อไปนี้

- 1) บ่อที่ 1 เป็นการล้างไขออกด้วยสารละลายโซเดียมฟอสเฟต 10 วินาที
- 2) บ่อที่ 2 ดำเนินการทำความสะอาดผิวด้วยน้ำเปล่า โดยให้น้ำไหลผ่านชิ้นงาน 10 วินาที

3) บ่อที่ 3 เป็นการทำอะโนไดซ์โดยใช้สารละลายกรดซัลฟริก 10% ของปริมาณน้ำ โดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ความหนาแน่นกระแส 4.5 Amp./ml ความต่างศักย์ไฟฟ้า 24 v โดยใช้ชิ้นงานเป็น Anode ส่วนตะกั่วเป็น Cathode ใช้เวลา 4-5 นาที

4) บ่อที่ 4 ล้างชิ้นงานด้วยน้ำเปล่าอีกครั้ง ใช้เวลา 5 วินาที

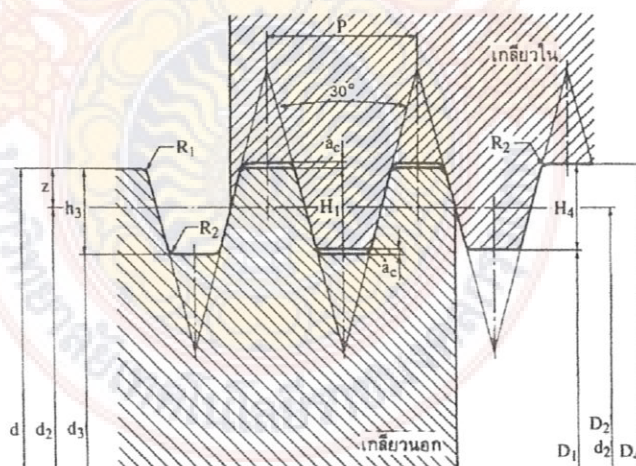
5) บ่อที่ 5 หลังจากที่อยู่ภูมิเนียมผ่านการอะโนไดซ์แล้ว นำมาชุบให้เป็นสีต่างๆ โดยจุ่มลงในสารละลายสีที่สามารถเกาะยึดติดบนผิวภูมิเนียมออกไซด์ได้ ใช้เวลา 10 นาที

6) บ่อที่ 6 ผิวภูมิเนียมออกไซด์ที่ได้นี้ อาจเป็นด่างเป็นดองได้ง่าย และมีรูพรุนอยู่บ้าง จึงต้องนำมาเคลือบปิดผิวอีกครั้งหนึ่ง โดยจุ่มลงในน้ำ ใช้เวลา 10 นาที

ระยะเวลารวมเกี่ยวกับกระบวนการเคลือบสีภูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์ทั้งหมดโดยเฉลี่ย 25.30 นาที และระยะเวลาในการเคลื่อนที่ไปในแต่ละบ่อโดยเฉลี่ย 2 นาที ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 6 บ่อ ดังนั้นใช้ระยะเวลารวมในการเคลื่อนที่ไปในแต่ละบ่อทั้งหมดโดยเฉลี่ย 12 นาที สรุประยะเวลาทั้งหมดของเครื่องเคลือบสีภูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์ทั้งหมดโดยเฉลี่ย 37.30 นาที

3.6 การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องเคลือบสีภูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์

3.6.1 การออกแบบสกรูส่งกำลังเพื่อขับเคลื่อนที่



ภาพที่ 3.4 ขนาดต่างๆ ของเกลียว

โดยที่ a_c คือ ช่องว่างบนยอดฟัน

D_4 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ของเกลียวใน

D_1 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางน้อยของเกลียวใน

D_2 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางพิชของเกลียวใน

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ของเกลียวนอก

d_3 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางน้อยของเกลียวนอก

การคำนวณหาค่าความเค้นที่เกิดขึ้นนั้น ในการออกแบบได้ทำการเลือกใช้วัสดุมาตรฐาน AISI 1010 ซึ่งมีค่า Yield Strength (σ_y) ของเหล็ก AISI 1010 เท่ากับ 42 ksi

$$\begin{aligned}\sigma_y &= 42 \times 6.895 \\ &= 289.59 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

เลือกใช้ค่าความปลอดภัย (Safety Factor : N) เท่ากับ 3.5

$$\begin{aligned}\sigma &= \sigma_y / N \\ &= 289.59 / 3.50 \\ &= 82.74 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

3.6.2 การคำนวณหาขนาดของสกรูส่งกำลัง

$$\begin{aligned}W &= \sigma_y (A) \\ 20 \times 9.81 &= 82.74 (\pi d^2 / 4) \\ d &= 3.02 \text{ mm}\end{aligned}$$

เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการสร้างเครื่องเคลือบสือภูมินิยมด้วยวิธีการอะโนไดซ์ จึงทำการเลือกมาตรฐานสกรูส่งกำลังที่มีจำหน่ายโดยทั่วไป ซึ่งมีราคาถูก ดังนั้นจึงเลือกใช้มาตรฐานสกรูส่งกำลังขนาด 12 mm ดังแสดงในตารางที่ 3.2 ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 3.02 mm กล่าวคือ สามารถรับภาระงานได้เพียงพอ

ตารางที่ 3.2 ฐานข้อมูลในการเลือกขนาดของสกรูส่งกำลัง

ขนาดระบุ			ระยะพิคซ์ p	$d_2 = D_2$	D_4	d_3	D_2
ช่องที่ 1	ช่องที่ 2	ช่องที่ 3					
8			1.5	7.250	8.300	6.200	6.500
	9		1.5	8.250	9.300	7.200	7.500
			*2	8.000	9.500	6.500	7.000
10			1.5	9.250	10.300	8.200	8.500
			*2	9.000	10.500	7.500	8.000
	11		2	10.000	11.500	8.500	9.000
			*3	9.500	11.500	7.500	8.000
12			2	11.000	12.500	9.500	10.000
			*3	10.500	12.500	8.500	9.000
	14		2	13.000	14.500	11.500	12.000
			*3	12.500	14.500	10.500	11.000
16			2	15.000	16.500	13.500	14.000
			*4	14.000	16.500	11.500	12.000

ภาระรับแรงสูงสุดที่ 20 kg ระยะ 300 mm

จากตารางที่ 3.2 $d_3 = d_r = 9.5$ mm

ปลายเกลียวทั้ง 2 ด้านมีจุดรองรับ จะได้

$$\begin{aligned}
 L_c &= 0.707 (L) \\
 &= 0.707 (300) \\
 &= 212.1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

รัศมีโรเจชั่น (k)

$$\begin{aligned}
 k &= 9.5/4 \\
 &= 2.375 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น

$$\begin{aligned}
 L_c/k &= 212.1 / 2.375 \\
 &= 89.305 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

จะเห็นว่า L_e/k อยู่ในช่วงสมการของจอห์นสัน ดังนั้นจึงต้องตรวจสอบน้ำหนักที่สกรูส่งกำลังสามารถรับได้ไหม

$$W = \frac{A_r \sigma_y}{N} \times \left(1 - \left[\frac{\sigma_y (L_e/k)^2}{4\pi^2 E} \right] \right)$$

โดยที่

$$A_r = \frac{\pi(9.5)^2}{4}$$

$$= 70.88 \text{ mm}^2$$

ค่า Elastic Modulus (E) ของเหล็ก AISI 1010 มีค่าเท่ากับ 210,000 MN/mm²

แทนค่า

$$W = \left(\frac{70.88 \times 289.59}{3.5} \right) \times \left(1 - \left(\frac{289.59 \times (2.375)^2}{4\pi^2 (210,000)} \right) \right)$$

$$= 5863.4 \text{ N} \text{ หรือ } 597.69 \text{ kg}$$

ดังนั้นเลือกใช้สกรูขนาด TR 12×2 จึงจะใช้งานได้อย่างปลอดภัย เนื่องจากสามารถรับภาระงานได้สูงสุดถึง 597.69 kg ในขณะที่ภาระงานจริงที่ได้รับสูงสุดเพียง 20 kg

3.6.3 การคำนวณขนาดของมอเตอร์

เกลียวชนิด 1 ปาก (Single Thread) โดยระยะนำมีค่าเท่ากับระยะพิทช์ (P=2 mm) ดังนั้นระยะทางที่เกลียวหมุน 1 รอบ จะเคลื่อนที่ 2 mm และออกแบบความยาวของแต่ละบ่อเท่ากับ 200 mm หากเลือกใช้มอเตอร์ที่มีความเร็วรอบ 60 rpm ระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในแต่ละบ่อจะใช้เวลา 2 นาที ดังนั้นการคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ จะได้

$$P = T(\omega)$$

$$= (T) \left[\frac{2(\pi)(N)}{60} \right]$$

โดยที่

$$T = F(R)$$

ดังนั้น

$$T = [20(9.81)](6)$$

$$= 1177.2 \text{ N.mm} \text{ หรือ } 1.1722 \text{ N.m}$$

แทนค่า

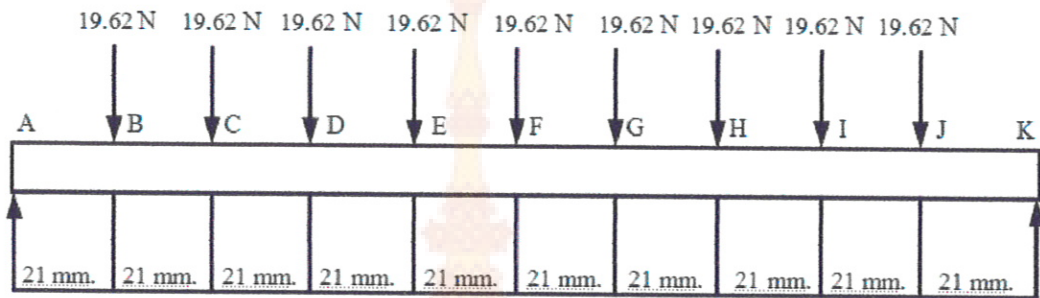
$$P = (1.1722) \left[\frac{2(\pi)(60)}{60} \right]$$

$$= 7.39 \text{ Watt} \text{ หรือ } 0.0099 \text{ Hp}$$

โครงการวิจัยนี้ จึงเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 0.5 Hp

3.6.4 การคำนวณหาแรงสูงสุดที่กระทำต่อคานยกชิ้นงาน

ชิ้นงานทดสอบกับเครื่องเคลือบสีอูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์ มีน้ำหนักสูงสุด 2 kg หรือ 19.62 N ต่อการทำงาน ซึ่งจำนวนในการชุบแต่ละครั้ง คือ 9 ชิ้น เมื่อเขียนแรงที่กระทำกับคานทั้งหมด สามารถแสดงได้จากภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 แรงทั้งหมดที่กระทำกับคานเนื่องมาจากน้ำหนักของชิ้นงานทดสอบ

Take Moment รอบจุด A ; $[\sum M = 0]$

$$\begin{aligned} R_K (210) &= (19.62 \times 21) + (19.62 \times 42) + (19.62 \times 63) + (19.62 \times 84) + (19.62 \times 105) \\ &\quad + (19.62 \times 126) + (19.62 \times 147) + (19.62 \times 168) + (19.62 \times 189) \\ &= -88.29 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_A &= 19.62 + 19.62 + 19.62 + 19.62 + 19.62 + 19.62 + 19.62 + 19.62 + 19.62 - 88.29 \\ &= -88.29 \text{ N} \end{aligned}$$

Bending Moment Diagram ; BMD

ช่วง AB ; BM เป็นเส้นตรงเริ่มจาก $M_A = 0$ ถึง $M_B = + (88.29 \times 21) = 1854.09 \text{ N.mm}$

ช่วง BC ; BM เป็นเส้นตรงเริ่มจาก $M_B = 1854.09 \text{ N.mm}$ ถึง M_C

$$\begin{aligned} M_C &= (88.29 \times 42) - (19.62 \times 21) \\ &= 3296.16 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

ช่วง CD ; BM เป็นเส้นตรงเริ่มจาก $M_C = 3296.16 \text{ N.mm}$ ถึง M_D

$$\begin{aligned} M_D &= (88.29 \times 63) - (19.62 \times 41) - (19.62 \times 21) \\ &= 4326.21 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

ช่วง DE ; BM เป็นเส้นตรงเริ่มจาก $M_D = 4326.21 \text{ N.mm}$ ถึง M_E

$$\begin{aligned} M_E &= (88.29 \times 84) - (19.62 \times 63) - (19.62 \times 42) - (19.62 \times 21) \\ &= 9888.48 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

ช่วง EF ; BM เป็นเส้นตรงเริ่มจาก $M_E = 9888.48 \text{ N.mm}$ ถึง M_F

$$\begin{aligned} M_F &= (88.29 \times 105) - (19.62 \times 84) - (19.62 \times 63) - (19.62 \times 42) \\ &\quad - (19.62 \times 21) \\ &= 5140.80 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

ช่วง FG ; BM เป็นเส้นตรงเริ่มจาก $M_F = 9888.48 \text{ N.mm}$ ถึง M_G

$$\begin{aligned} M_G &= (88.29 \times 126) - (19.62 \times 105) - (19.62 \times 84) - (19.62 \times 63) \\ &\quad - (19.62 \times 42) - (19.62 \times 21) \\ &= 4944.24 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

ช่วง GH ; BM เป็นเส้นตรงเริ่มจาก $M_G = 9888.48 \text{ N.mm}$ ถึง M_H

$$\begin{aligned} M_H &= (88.29 \times 147) - (19.62 \times 126) - (19.62 \times 105) - (19.62 \times 84) \\ &\quad - (19.62 \times 63) - (19.62 \times 42) - (19.62 \times 21) \\ &= 4326.21 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

ช่วง HI ; BM เป็นเส้นตรงเริ่มจาก $M_H = 9888.48 \text{ N.mm}$ ถึง M_I

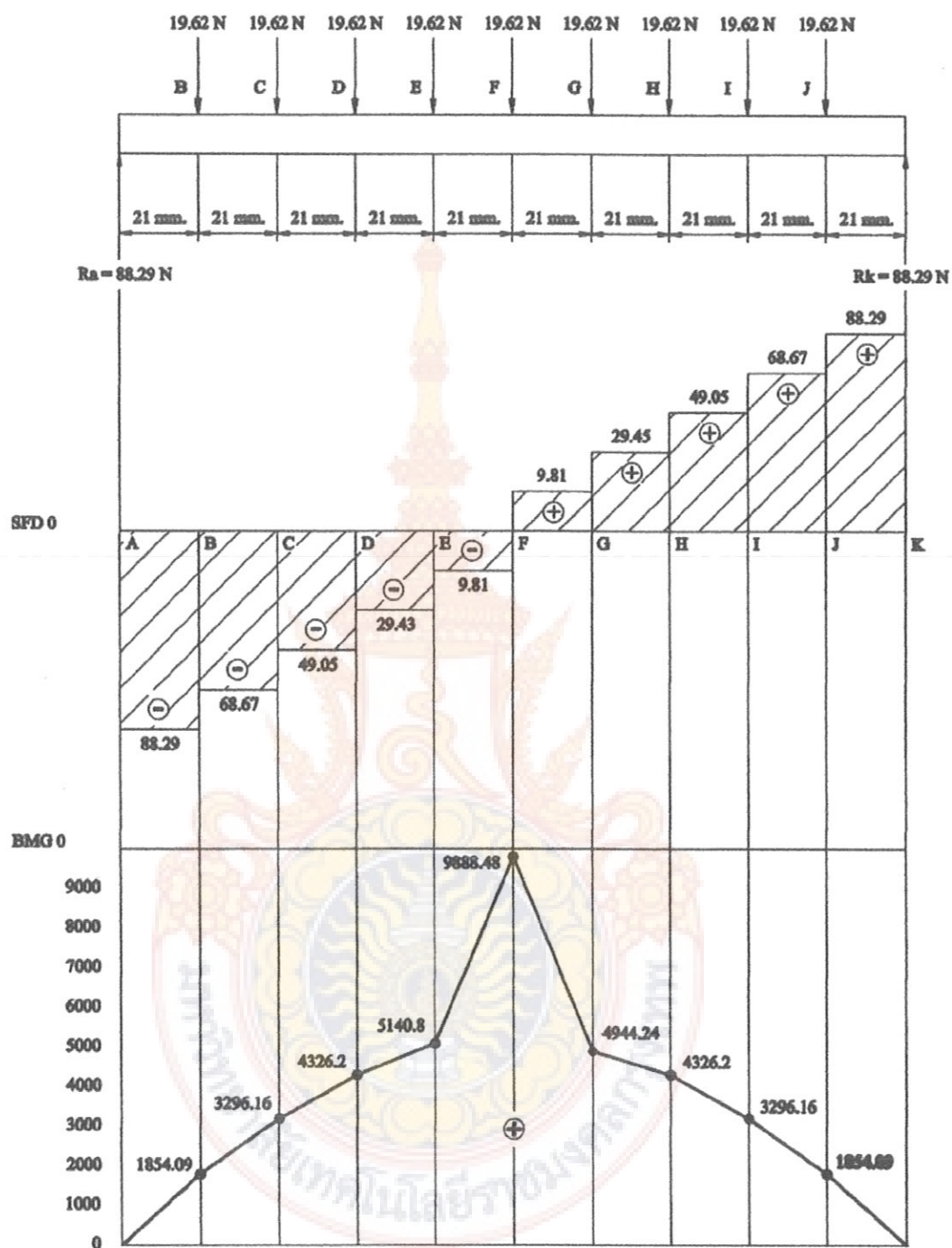
$$\begin{aligned} M_I &= (88.29 \times 168) - (19.62 \times 147) - (19.62 \times 126) - (19.62 \times 105) \\ &\quad - (19.62 \times 84) - (19.62 \times 63) - (19.62 \times 42) - (19.62 \times 21) \\ &= 3296.16 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

ช่วง IJ ; BM เป็นเส้นตรงเริ่มจาก $M_I = 9888.48 \text{ N.mm}$ ถึง M_J

$$\begin{aligned} M_J &= (88.29 \times 189) - (19.62 \times 168) - (19.62 \times 147) - (19.62 \times 126) \\ &\quad - (19.62 \times 105) - (19.62 \times 84) - (19.62 \times 63) - (19.62 \times 42) \\ &\quad - (19.62 \times 21) \\ &= 1854.09 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

ช่วง JK ; BM เป็นเส้นตรงเริ่มจาก $M_J = 9,888.48 \text{ N.mm}$ ถึง M_K

$$\begin{aligned} M_K &= (88.29 \times 189) - (19.62 \times 168) - (19.62 \times 147) - (19.62 \times 126) \\ &\quad - (19.62 \times 105) - (19.62 \times 84) - (19.62 \times 63) - (19.62 \times 42) \\ &\quad - (19.62 \times 21) + 1,854.09 \\ &= 0 \text{ N.mm} \end{aligned}$$



ภาพที่ 3.6 แผนภาพความเค้นดัดและความเค้นเฉือนจากน้ำหนักของชิ้นงานทดสอบ

จาก BMD และ SFD ในภาพที่ 3.6 พบว่า โมเมนต์ดัดสูงสุดมีค่า 9,888.48 N.mm (ทิศทาง+)
คำนวณหาโมเมนต์ความเฉื่อย (I) รอบ N.A.

$$\begin{aligned} I_{N.A} &= bh^3/12 \\ &= 30(20)^3/12 \\ &= 20,000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

พิจารณาหาค่าความเค้นสูงสุด เมื่อ $C = 10 \text{ mm}$ จะได้

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= Mc/I \\ &= (9,888.48 \times 10) / 20,000 \\ &= 4,944 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

3.6.5 การคำนวณหาขนาดของเสาชุดขับเคลื่อน

โครงการวิจัยนี้ จะเลือกใช้วัสดุเหล็ก St 37 หรือ AISI 1010 ซึ่งมีค่า Yield Strength (σ_y) เท่ากับ 42 ksi และเลือกใช้ค่าความปลอดภัย (Safety Factor : N) เท่ากับ 3.5 จะได้

$$\begin{aligned} \sigma &= \sigma_y/N \\ &= 289.59/3.5 \\ &= 82.74 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

รับแรงสูงสุดที่ 20 kg ดังนั้น ขนาดของเสา จะได้

$$\begin{aligned} F &= \sigma(A) \\ 20(9.81) &= 82.74 \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) \\ d &= \sqrt{\frac{20(9.81)(4)}{\pi(82.74)}} \\ &= 1.73 \text{ mm} \end{aligned}$$

ดังนั้นจะต้องผลิตเพลที่ทำจากวัสดุเหล็ก St 37 หรือ AISI 1010 ขนาด 3.02 mm จึงจะสามารถรับ Load = 20 kg ได้เพียงพอ แต่เพื่อเป็นการระมัดระวังต่อการผลิตชิ้นส่วนของเครื่องเคลือบปิ
อตุมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์ จึงเลือกใช้เพลมาตรฐานขนาด 8 mm ซึ่งสามารถรับ Load =
4,156.85 N/mm² ตามความต้องการได้เช่นกัน

3.6.6 สกรูยึดมอเตอร์

โครงการวิจัยนี้ จะเลือกใช้สกรูขนาด M4×1.75 ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนเกลียว 3.24 mm คำนวณหาความเค้นดึง (σ_t) ที่เกิดขึ้นกับสกรู

$$\sigma_t = F/A$$

เมื่อ F คือ แรงกระทำที่ยึดมอเตอร์ = 196.2 N

A คือ พื้นที่รับแรงดึง = $\pi(3.24)^2/4 = 8.24 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } \sigma_t &= 196.2/8.24 \\ &= 23.81 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{สกรู 4 ตัว รับแรงดึงตัวละ} = 23.81/4 = 5.95 \text{ N/mm}^2$$

พิจารณาเกรดความแข็งแรงของสกรูขนาด M4×1.75 จากตารางที่ 3.3 เกรดความแข็งแรงแบบ (Static) ของ M4×1.75 มีค่าเท่ากับ 10.9 kN จากนั้นนำไปพิจารณาคูสมบัติทางกลของสลักเกลียวจากตารางที่ 3.4 ค่าเกรดความแข็งแรง 10.9 kN จะได้ความต้านแรงดึงต่ำสุด 1,000 N/mm² ซึ่งเพียงพอที่จะรับรับแรงดึง = 5.95 N/mm²

ตารางที่ 3.3 ค่ามาตรฐานสำหรับการพิจารณาเลือกแกนสลักเกลียว

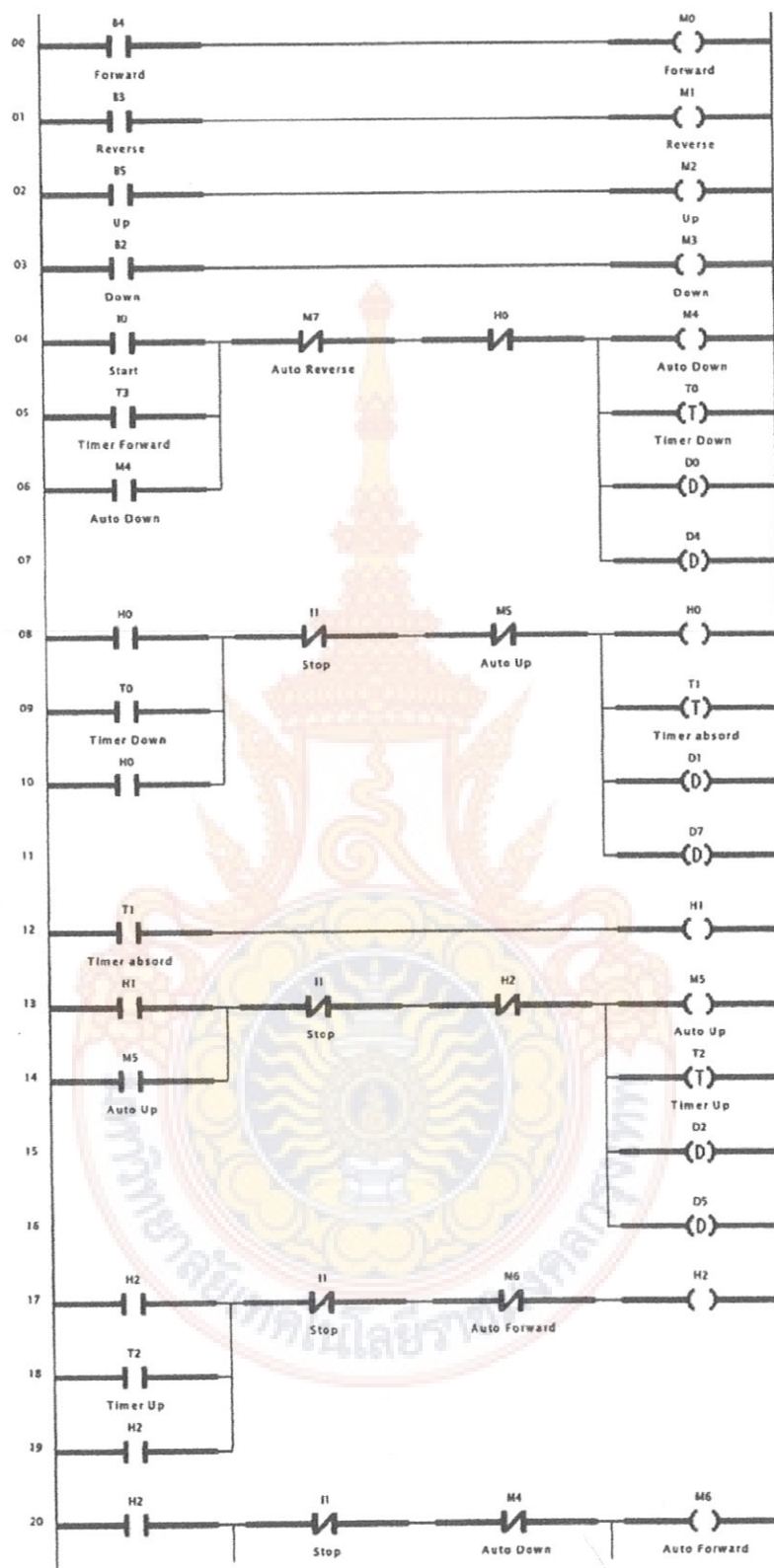
ค่ามาตรฐานสำหรับการพิจารณาเลือกแกนสลักเกลียว								
การรับแรง (Load)		แรงใช้งานที่สลักเกลียวแต่ละตัวต้องรับ $F_B^{1)}$ เป็น kN						
Static		2.5	4	6.3	10	16	25	40
Dynamic		1.6	2.5	4	6.3	10	16	25
เกรดความแข็งแรง	4.8 , 5.6	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
	5.8 , 6.8	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20
	8.8	M5	M6	M8	M8	M10	M16	M16
	10.9	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16
	12.9	M4	M5	M5	M8	M8	M10	M12

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติทางกลของสลักเกลียว

คุณสมบัติทางกล	เกรดความแข็งแรง											
	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	6.8	6.9	8.8	10.9	12.9	14.9
ความต้านทานแรงดึงต่ำสุด (N/mm ²)	340	400		500		600			800	1000	1200	1400
สูงที่สุด (N/mm ²)	490	550		700		800			1000	1200	1400	1600
ความต้านทานแรงดึงครากต่ำสุด (N/mm ²)	200	240	320	300	400	360	480	-	-	-	-	-

3.6.7 การออกแบบวงจรควบคุมด้วยระบบ PLC

การออกแบบวงจรควบคุมด้วยระบบ PLC (Programmable Logic Controller) เพื่อใช้ในการสั่งงานอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องเคลือบสีอูมิเนียมด้วยวิธีการอะนาล็อก ได้แก่ มอเตอร์ (Motor) และลิมิตสวิตช์ (Limit Switch) เป็นต้น ให้เป็นไปตามเงื่อนไขการทำงานที่ได้กำหนดหน้าที่ของลิมิตสวิตช์จะสั่งงานให้มอเตอร์หยุด ณ ตำแหน่งใด และทำการรูด ณ ตำแหน่งใดๆ จะใช้เวลาในการรูดเท่าใด จากนั้นทำการรูดในตำแหน่งต่างๆ ต่อไปจนครบรอบการทำงาน ซึ่งการออกแบบวงจรควบคุมด้วยระบบ PLC สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 แผงวงจรควบคุมระบบ PLC

3.7 การสร้างเครื่องเคลือบสีอลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์

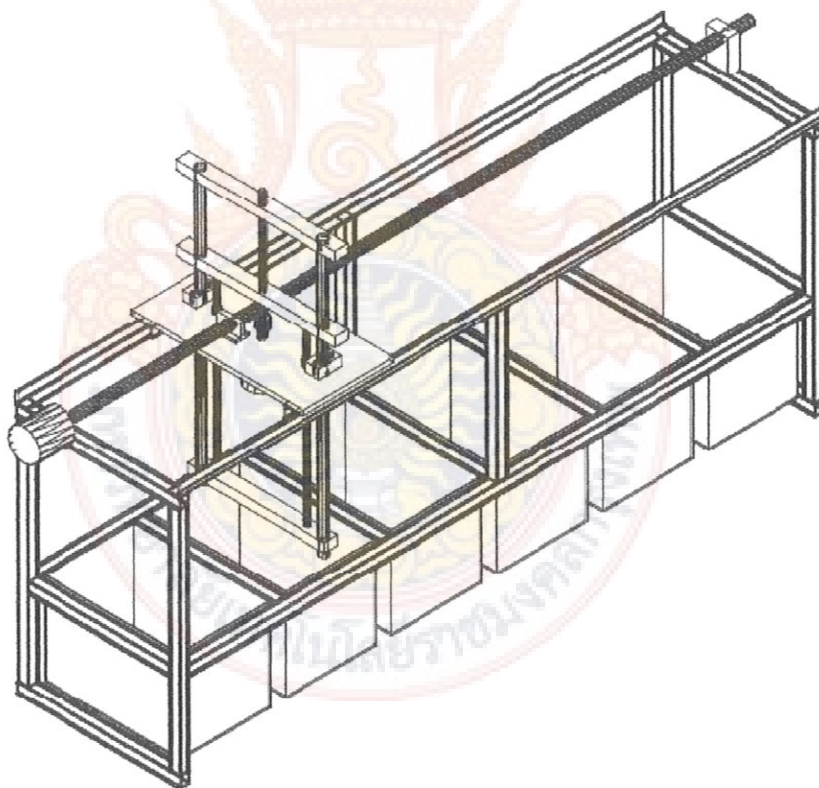
เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามแผนและบรรลุเป้าหมาย จึงได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็นลำดับ ดังต่อไปนี้

1.7.1 ก่อนเริ่มดำเนินการสร้างเครื่องเคลือบสีอลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์ ได้ทำการตรวจสอบวัสดุเพื่อที่จะนำวัสดุการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่อง

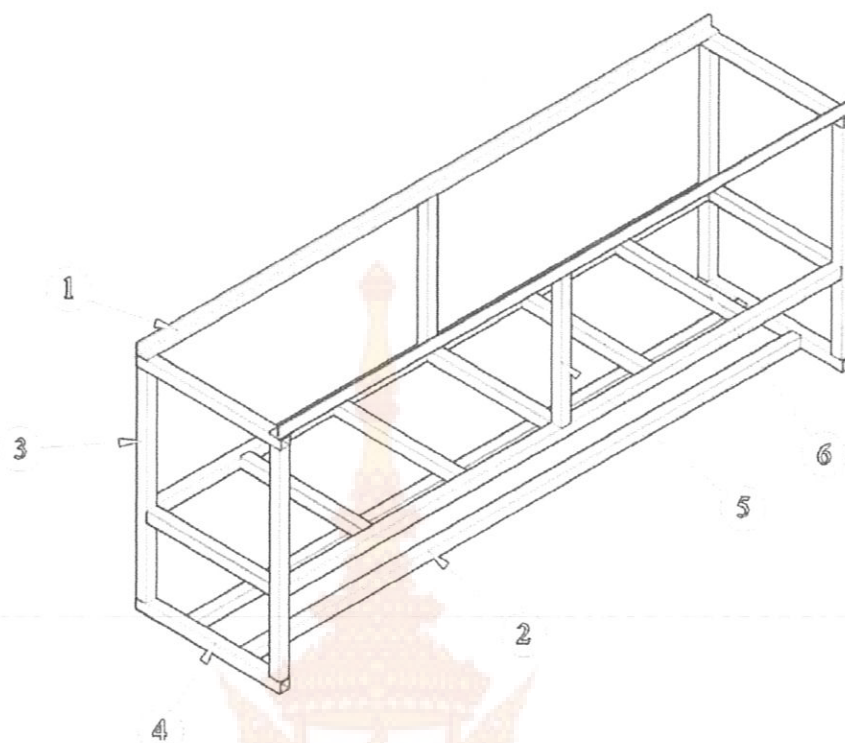
3.7.2 ทำการแยกชิ้นส่วนสำเร็จ ได้แก่ มอเตอร์, สกรูขับเคลื่อน, สกรูยึด เป็นต้น

3.7.3 ชิ้นส่วนที่ต้องทำการผลิตขึ้นมาจากวัสดุของส่วนประกอบ ได้แก่ ส่วนประกอบต่างๆ ที่ได้แสดงไว้ในภาคผนวก เช่น โครงเครื่อง ชุดขับเคลื่อน เป็นต้น

3.7.4 ดำเนินการจัดสร้างเครื่องเคลือบสีอลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์ โดยมีการวางแผนการดำเนินงานแบ่งเป็นส่วนต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.8 ภาพประกอบเครื่องเคลือบสีอลูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์

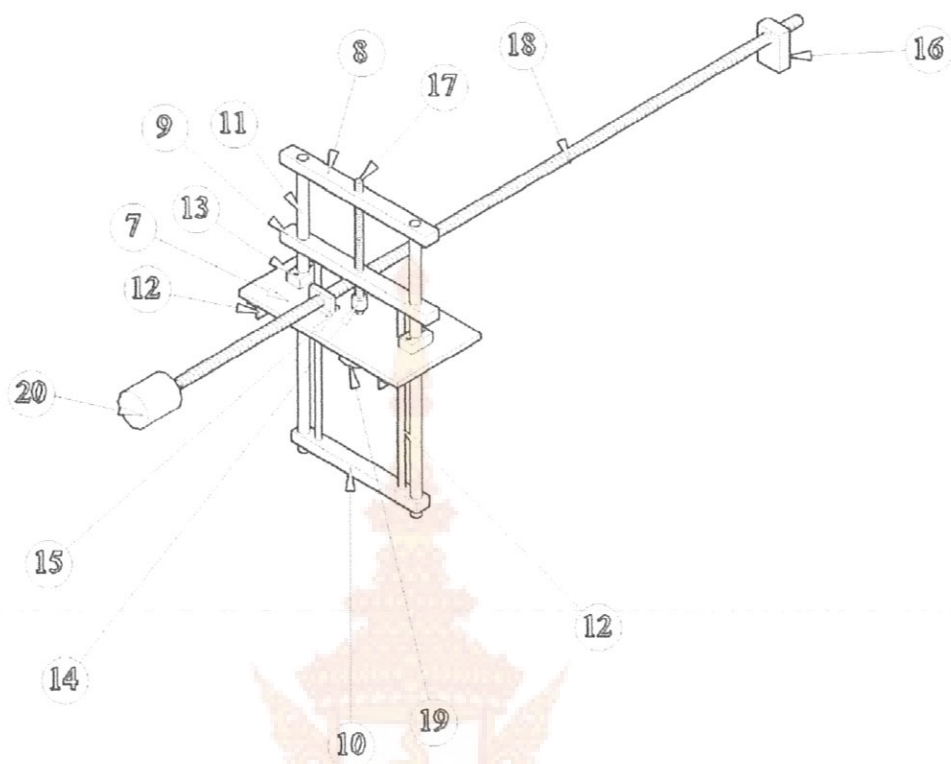


ภาพที่ 3.9 โครงเครื่องเคลือบสีอูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์

ชุดโครงเครื่องเคลือบสีอูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์ ดังแสดงในภาพที่ 3.9 นั้น สามารถแสดงรายละเอียดของชิ้นส่วนต่างๆ ได้ในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดชิ้นส่วนต่างๆ ของโครงเครื่องเคลือบสีอูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์

Pos.	Part Name and Remark	Dimension	Material	Req
1.	รางชุดเคลื่อนชิ้นงาน	L25x25 DIN 10210-2	S235J0	2
2.	ฐานรองบ่อชุบ	L25x25 DIN 1022	S355J0	4
3.	เสา 1	L25x25 DIN 1022	S355J0	4
4.	ฐานรองเสา	L25x25 DIN 1022	S355J0	4
5.	เสา 2	L25x25 DIN 1022	S355J0	2
6.	ฉากกั้นบ่อชุบ	L25x25 DIN 1022	S355J0	7



ภาพที่ 3.10 ชุดขับเคลื่อนชิ้นงานเครื่องเคลือบสีอูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์

ชุดขับเคลื่อนชิ้นงานเครื่องเคลือบสีอูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์ ดังแสดงในภาพที่ 3.10 นั้น สามารถแสดงรายละเอียดของชิ้นส่วนต่างๆ ได้ในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 รายละเอียดชุดเคลื่อนที่ขึ้นงานเครื่องเคลือบสีอะลูมิเนียมกึ่งอัตโนมัติ

Pos.	Part Name and Remark	Dimension	Material	Req
7.	ฐานชุดเคลื่อนที่ขึ้นงาน	200x380x10	อะคริลิก	1
8.	คานำเสา	30x350x20	อะคริลิก	1
9.	คานเคลื่อนที่ขึ้นงานบน	30x350x20	อะคริลิก	1
10.	ที่แขวนชิ้นงาน	30x300x20	อะคริลิก	1
11.	เสาประกอบการเคลื่อนที่	Ø 19x500	สแตนเลส	2
12.	เสาดังระยะ	L25x25 DIN 10210-2	S235J0	2
13.	ตัวยึดเสาประกอบ	30x50x15	เหล็ก	2
14.	ยึดมอเตอร์กับสตัคเกิ้ลยว	Ø20x30	เหล็ก	1
15.	บังคับการเคลื่อนที่	30x50x35	เหล็ก	1
16.	ประกอบสตัคเกิ้ลยว	20x50x100	เหล็ก	1
17.	ส่งกำลัง	M12	AISI 1010	1
18.	ส่งกำลัง	M12	AISI 1010	1
19.	ส่งกำลัง	12 v 60 rpm.	มอเตอร์	1
20.	ส่งกำลัง	12 v 60 rpm.	มอเตอร์	1

บทที่ 4

การทดลองและวิเคราะห์ผล

4.1 บทนำ

จากการดำเนินการตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ในส่วนนี้ผู้วิจัยจะทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเคลือบสีย้อมด้วยวิธีการอะโนไดซ์ และได้ดำเนินการหาขีดความสามารถของเครื่องจักรดังกล่าว เพื่อความสะดวกในการใช้งานสำหรับผู้ใช้งานเครื่องเคลือบสีย้อมด้วยวิธีการอะโนไดซ์

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องเคลือบสีย้อมด้วยวิธีการอะโนไดซ์

ในการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องเคลือบสีย้อมด้วยวิธีการอะโนไดซ์ด้วยวัสดุสีย้อมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ยาว 12 มิลลิเมตร โดยทำเกลียวใน โดยได้กำหนดเงื่อนไขในการทดสอบดังนี้

- 4.2.1 บ่อที่ 1 เป็นการล้างไขออกด้วยสารละลายโซเดียมฟอสเฟต 10 วินาที
- 4.2.2 บ่อที่ 2 ล้างทำความสะอาดผิวด้วยน้ำเปล่า โดยให้น้ำไหลผ่านชิ้นงาน 10 วินาที
- 4.2.3 บ่อที่ 3 เป็นการทำอะโนไดซ์โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก 10% ของปริมาณน้ำ โดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ความหนาแน่นกระแส 4.5 Amp./ml ความต่างศักย์ไฟฟ้า 24 v โดยใช้ชิ้นงานเป็น Anode ส่วนตะกั่วเป็น Cathode ใช้เวลา 4-5 นาที
- 4.2.4 บ่อที่ 4 ล้างชิ้นงานด้วยน้ำเปล่าอีกครั้ง ใช้เวลา 5 วินาที
- 4.2.5 บ่อที่ 5 หลังจากที่ย้อมผ่านการอะโนไดซ์แล้ว นำมาชุบให้เป็นสีต่างๆ โดยจุ่มลงในสารละลายสีที่สามารถเกาะยึดติดบนผิวสีย้อมออกไซด์ได้ ใช้เวลา 10 นาที
- 4.2.6 บ่อที่ 6 ผิวสีย้อมออกไซด์ที่ได้นี้ อาจเป็นค่าเป็นดวงได้ง่าย และมีรูพรุนอยู่บ้าง จึงต้องนำมาเคลือบปิดผิวอีกครั้งหนึ่ง โดยจุ่มลงในน้ำ ใช้เวลา 10 นาที

4.3 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องเคลือบสีย้อมด้วยวิธีการอะโนไดซ์

ผลการประเมินการทดสอบเกี่ยวกับประสิทธิภาพเครื่องเคลือบสีย้อมด้วยวิธีการอะโนไดซ์ในด้านความสมบูรณ์ของชิ้นงานทดสอบ โดยชิ้นงานทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ยาว 12 มิลลิเมตร ในการประเมินคุณภาพเครื่องเคลือบสีย้อมด้วยวิธีการอะโนไดซ์เกี่ยวกับความสมบูรณ์ของชิ้นงาน เนื่องจากข้อมูลชิ้นงานที่ชุบในแต่ละชิ้นเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องเคลือบสีอูมิเนียมด้วยวิธีการอะโนไดซ์

ลำดับ การทำซ้ำ	ระยะเวลาในการทำโนไดซ์ (นาทื)				
	2	4	6	8	10
1	NG	G	G	NG	NG
2	NG	G	NG	NG	NG
3	NG	G	NG	NG	NG
4	NG	G	G	G	NG
5	NG	G	NG	NG	NG

หมายเหตุ : G หมายถึง ชิ้นงานเคลือบสีสมบูรณ์

NG หมายถึง ชิ้นงานเคลือบสีไม่สมบูรณ์

ตารางที่ 4.2 การประมวลผลเชิงสถิติด้วยเทคนิค One-way ANOVA

One-way ANOVA: DPU versus Time

Source	DF	SS	MS	F	P
Time	4	2.240	0.560	4.00	0.015
Error	20	2.800	0.140		
Total	24	5.040			

S = 0.3742 R-Sq = 44.44% R-Sq(adj) = 33.33%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----
2	5	0.0000	0.0000	(-----+-----)
4	5	0.8000	0.4472	(-----+-----)
6	5	0.4000	0.5477	(-----+-----)
8	5	0.2000	0.4472	(-----+-----)
10	5	0.0000	0.0000	(-----+-----)

0.00 0.40 0.80 1.20

จากการประมวลผลเชิงสถิติด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way Analysis of Varince : One-way ANOVA) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พบว่า ช่วงเวลาในการทำปฏิกิริยาอะโนไดซ์ 2-10 นาทื มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่น

นอกจากนี้ เมื่อทำการพิจารณาผลการทดลองจะพบว่าเมื่อทำการใช้ระยะเวลาในการทำ
 โนโคซ์ 4 นาที พบว่า ชิ้นงานทดสอบสมบูรณ์ทั้งหมด ดังนั้น จึงมีการทดลองเพื่อพิสูจน์ความ
 ถูกต้องของค่าที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองในการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องเคลือบสีอูมิเนียม
 ด้วยวิธีการอะโนโคซ์ โดยจะใช้ชิ้นงานทดสอบจำนวน 25 ชิ้น โดยผลการทดลองสามารถแสดงได้
 ดังตารางที่ 4.3 ซึ่งผลการทดลองชิ้นงานทดสอบทั้ง 25 ชิ้น พบว่า ชิ้นงานเคลือบสีสมบูรณ์ (G)

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลการทดลองการทำโนโคซ์ชิ้นงานทดสอบ โดยใช้ระยะเวลา 4 นาที

ลำดับ	ผลการทดลอง	ลำดับ	ผลการทดลอง
1	G	16	G
2	G	17	G
3	G	18	G
4	G	19	G
5	G	20	G
6	G	21	G
7	G	22	G
8	G	23	G
9	G	24	G
10	G	25	G
11	G		
12	G		
13	G		
14	G		
15	G		

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

เครื่องเคลือบสีย้อมนิยมด้วยวิธีการอะโนไดซ์ ถูกออกแบบและสร้างโดยการประยุกต์เทคโนโลยีด้านวิศวกรรม มีจำนวนบ่อสำหรับเคลือบสีย้อมนิยมด้วยวิธีการอะโนไดซ์ทั้งหมด 6 บ่อ ได้แก่ บ่อที่ 1 เป็นการล้างไขออกด้วยสารละลายโซเดียมฟอสเฟต 10 วินาที, บ่อที่ 2 ล้างทำความสะอาดผิวชิ้นงานด้วยน้ำเปล่า 10 วินาที, บ่อที่ 3 เป็นการทำอะโนไดซ์โดยใช้สารละลายกรดซัลฟริก 10% ของปริมาณน้ำ โดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ความหนาแน่นกระแส 4.5 Amp/ml ความต่างศักย์ไฟฟ้า 24 v โดยใช้ชิ้นงานเป็น Anode ส่วนตะกั่วเป็น Cathode ใช้เวลา 4 นาที, บ่อที่ 4 ล้างชิ้นงานด้วยน้ำเปล่าอีกครั้ง 5 วินาที, บ่อที่ 5 หลังจากที่อลูมิเนียมผ่านการอะโนไดซ์แล้ว นำมาชุบให้เป็นสีต่างๆ โดยจุ่มลงในสารละลายที่มีสีที่สามารถติดได้บนผิวอลูมิเนียมออกไซด์ 10 นาที และบ่อที่ 6 ผิวอลูมิเนียมออกไซด์ที่ได้นี้อาจด่างเป็นด่างได้ง่ายและมีรูพรุนอยู่บ้าง จึงต้องนำมาเคลือบปิดผิวอีกครั้งหนึ่ง โดยจุ่มลงในน้ำประมาณ 10 นาที

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเคลือบสีย้อมนิยมด้วยวิธีการอะโนไดซ์นั้น สามารถสรุปผลวิธีการทำอะโนไดซ์ในบ่อที่ 3 โดยใช้สารละลายกรดซัลฟริก 10% ของปริมาณน้ำ ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ความหนาแน่นกระแส 4.5 Amp/ml ความต่างศักย์ไฟฟ้า 24 v โดยใช้ชิ้นงานเป็น Anode ส่วนตะกั่วเป็น Cathode ใช้เวลา 4 นาที โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพการเคลือบสีชิ้นงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm. ยาว 12 mm และทดสอบระยะเวลาในการเคลือบสีช่วงตั้งแต่ 2-10 นาที ซึ่งผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเคลือบสีย้อมนิยมด้วยวิธีการอะโนไดซ์เกี่ยวกับวิธีการทำอะโนไดซ์ในบ่อที่ 3 พบว่า ระยะเวลาในการเคลือบสีที่เหมาะสมกับชิ้นงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm. ยาว 12 mm คือ 4 นาที

บรรณานุกรม

- จำรูญ ตันติพิศาล. “ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล 2” พิมพ์ครั้งที่ 1 ว.เพ็ชรสกุล.
- บรรเลง สรนิล; กิตติ นิงสานนท์. “การคำนวณและชิ้นส่วนเครื่องกล” พิมพ์ครั้งที่ 1
กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2538.
- บรรเลง สรนิล; ประเสริฐ ก้วยสมบูรณ์. “ตารางโลหะ” กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2522.
- บรรเลง สรนิลและกิตติ นิงสานนท์. “การคำนวณและการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล”
กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2522. : 225
- บุญยศักดิ์ ใจจงกิจ. “คณิตศาสตร์ช่างเบื้องต้น” พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร : สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2522.
- ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงษ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ “การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง
” พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ . สำนักพิมพ์ท็อป, 2551.
- มานพ ตันตระกูลบัณฑิตย์; คำดี แสงห้าว; สุทิน จิตรเจริญ. “ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล” พิมพ์ครั้งที่
7 กรุงเทพมหานคร : ประชาชน, 2544.
- มณฑล ฉายอรุณ. “วัสดุอุตสาหกรรม” พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร : เจริญธรรม, 2547.
- สมาน เจริญพุทธผล. “การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล” พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร :
ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2540.