

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการ

ผู้จัดทำโครงการได้เข้าไปฝึกงานและศึกษาเกี่ยวกับระบบการทำงานทั้งหมดในส่วนของแผนกการผลิตแบตเตอรี่ได้พบปัญหาที่เกี่ยวข้องกับระบบการทำงานในส่วนแผนกประกอบแบตเตอรี่สำเร็จ และได้ศึกษาเชิงวิเคราะห์เกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นในสายการผลิตของการประกอบแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์ พบว่ามีปัญหาเกี่ยวกับจำนวนแผ่นธาตุที่รับจากแผนกแผ่นธาตุมีจำนวนที่ไม่ถูกต้องก่อนนำมาประกอบเป็นแบตเตอรี่สำเร็จ ดังนั้นคณะผู้จัดทำโครงการจึงได้หาวิธีพอที่จะสามารถนำมาแก้ไขลักษณะของปัญหาดังที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยคิดออกแบบและทำการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องนับแผ่นธาตุแบตเตอรี่ขึ้น เพื่อทดลองใช้และวิเคราะห์ผลการทดลองพร้อมทั้งเสนอปัญหาที่พบหลังการทดลองใช้อีกทั้งรวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อเสนอแนะให้ทางบริษัทนำไปปรับปรุงการใช้เครื่องให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในสายการผลิตของการประกอบแบตเตอรี่ต่อไป

จากการที่ได้ออกแบบ เครื่องนับแผ่นธาตุแบตเตอรี่และทำการสร้างประกอบจนเสร็จ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการผลิตแบตเตอรี่ ผู้จัดทำโครงการจึงได้ทำการคำนวณผลการออกแบบ โดยคำนวณส่วนต่างๆ ที่ได้ประกอบเป็นเครื่องนับแผ่นธาตุแบตเตอรี่ ซึ่งรายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวกับการสร้างเครื่องนับแผ่นธาตุแบตเตอรี่ ได้กล่าวไว้ต่อไปนี้

3.1 การสำรวจรวบรวมข้อมูล

การสำรวจรวบรวมและศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องนับแผ่นธาตุแบตเตอรี่ ซึ่งแหล่งข้อมูลต่างๆ ได้มาจากแผนกประกอบแบตเตอรี่สำเร็จ สายประกอบแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์ แผนกแผ่นธาตุ และแผนกประกันคุณภาพ ข้อมูลที่ได้สำรวจรวบรวมมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 การนับแผ่นธาตุของพนักงาน

ในสายประกอบแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์จะมีการรับแผ่นธาตุที่พร้อมจะประกอบเป็นแบตเตอรี่มาจากแผนกแผ่นธาตุ ก่อนที่จะประกอบเป็นแบตเตอรี่สำเร็จนั้นจะมีการนับแผ่นธาตุเพื่อตรวจสอบว่าจำนวนแผ่นธาตุที่รับมานั้นมีจำนวนที่ถูกต้องหรือไม่ ในการตรวจสอบพนักงานจะทำการนับแผ่นธาตุด้วยมือ โดยที่นำแผ่นธาตุจำนวนหนึ่งมาทำการนับแล้วใช้ความยาวแถวของแผ่นธาตุนั้นมาเปรียบเทียบกับแผ่นธาตุที่มีความยาวแถวเท่ากัน และถือว่าจำนวนแผ่นธาตุนั้นมีจำนวนที่

เท่ากัน การนับแผ่นธาตุในลักษณะดังกล่าวทำให้ได้จำนวนแผ่นธาตุที่ไม่ถูกต้อง เนื่องจากแผ่นธาตุเบตเตอร์มีความหนาไม่เท่ากันทั้งหมด การนับโดยการเปรียบเทียบความยาวของแถวแผ่นธาตุนั้นไม่ได้จำนวนแผ่นธาตุตรงตจริง และมีผลทำให้จำนวนของเบตเตอร์ที่ประกอบสำเร้จนั้นได้ไม่ตรงตามจำนวนที่ตั้งไว้

3.1.2 ลักษณะของแผ่นธาตุเบตเตอร์

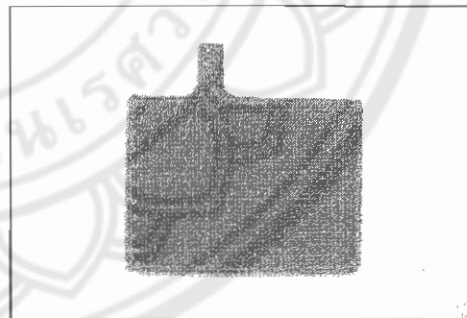
ในการศึกษารวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นธาตุเบตเตอร์ แผ่นธาตุมีลักษณะเป็นตะแกรงซึ่งทำขึ้นจากตะกั่วแท่งที่มีการฉาบด้วยสารเคมี และมีการอัดประจุกระแสไฟฟ้าเข้าไปในแผ่นธาตุ จากนั้นนำแผ่นธาตุไปอบให้แห้ง แล้วนำแผ่นธาตุนั้นมาตัดให้ได้ขนาดลักษณะดังรูปที่ 3.1 และ 3.2

แผ่นธาตุจะแบ่งเป็นแผ่นธาตุลบและแผ่นธาตุบวก โดยทั่วไปแผ่นธาตุลบจะมีความหนาที่น้อยกว่าแผ่นธาตุบวก จากการศึกษาและสำรวจข้อมูล ของแผ่นธาตุเบตเตอร์ 2 รุ่น มีรายละเอียดดังนี้ ดังนี้

1. CB89+3.9P เป็นแผ่นธาตุเบตเตอร์ที่มีประจุบวก มีสีน้ำตาลแดง มีความ สูง \times กว้าง \times หนา เท่ากับ $46 \times 57 \times 3.9$ มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีน้ำหนัก 58.5 กรัม ลักษณะดังรูปที่ 3.1
2. CB89-2.1N เป็นแผ่นธาตุเบตเตอร์ที่มีประจุลบ มีสีเทา มีความ สูง \times กว้าง \times หนา เท่ากับ $46 \times 57 \times 2.1$ มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีน้ำหนัก 29.5 กรัม ลักษณะดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 แผ่นธาตุบวก รุ่น CB89+3.9P



รูปที่ 3.2 แผ่นธาตุลบ รุ่น CB89-2.1N

ข้อมูลของแผ่นธาตุเบตเตอร์ รุ่น CB89+3.9P และ CB89-2.1N ได้นำมาพื้นฐานในการออกแบบและคำนวณผลการออกแบบของเครื่องนับแผ่นธาตุเบตเตอร์ต่อไป

3.2 หลักการในการออกแบบ

เครื่องนับแผ่นธาตุเบตเตอร์ออกแบบให้มีการทำงาน โดยโซ่จะลำเลียงแผ่นธาตุเบตเตอร์เข้าไปที่ตำแหน่งที่รอดูด จากนั้นจะมีชุดดูดทำหน้าที่มาดูดแผ่นธาตุแล้วเคลื่อนที่กลับไปแผ่นที่แผ่นธาตุเบตเตอร์ที่ถูกดูดจะหลุดออกจากหัวดูดแล้วผ่านเซนเซอร์(Sensor) ในการออกแบบเครื่องนับแผ่นธาตุเบตเตอร์ มีหัวใจสำคัญของเครื่องอยู่ที่เซนเซอร์ เมื่อแผ่นธาตุเบตเตอร์ได้เคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ที่ติดตั้งไว้กับแผ่นที่ เซนเซอร์จะส่งสัญญาณไปที่ตัวนับ(Counter)จากนั้นตัวนับจะทำการแปลงสัญญาณออกมาเป็นตัวเลขเพื่อแสดงจำนวนของแผ่นธาตุ

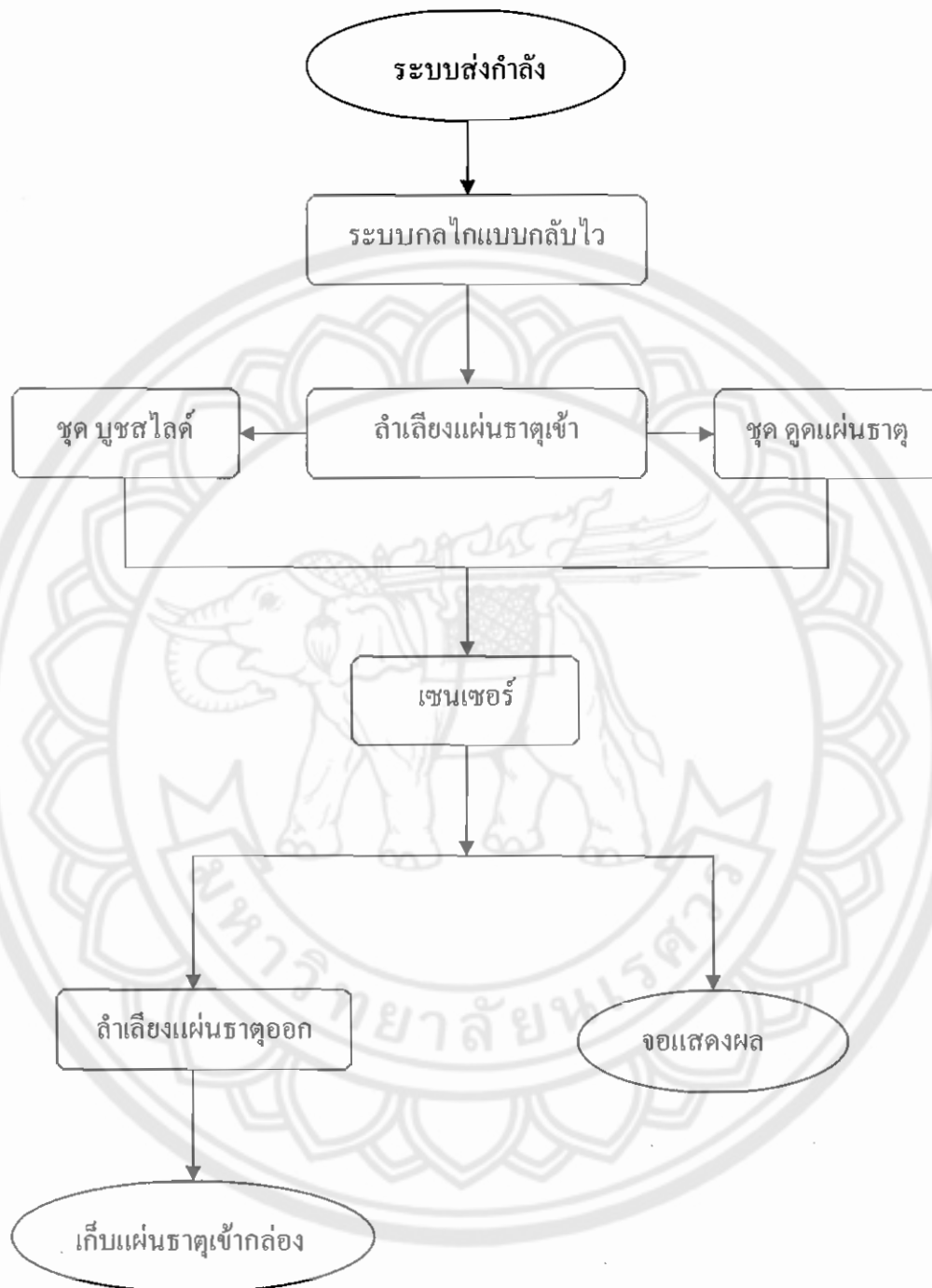
การออกแบบระบบต่างๆของเครื่องนับแผ่นธาตุเพื่อให้มีคุณสมบัติดังนี้

1. เพื่อตรวจสอบจำนวนแผ่นธาตุให้ถูกต้องก่อนเข้าสายประกอบเบตเตอร์
2. มีความแข็งแรงและง่ายต่อการดูแลรักษา
3. มีการทำงานของระบบที่ง่ายต่อการสร้าง
4. ถอดประกอบได้ง่ายในกรณีที่ต้องการซ่อมบำรุง
5. ประหยัดวัสดุในการสร้าง

จากคุณสมบัติดังกล่าว นำไปสู่การสร้างเครื่องนับแผ่นธาตุเบตเตอร์ ซึ่งรายละเอียดของเครื่องที่มีการออกแบบได้แสดงในภาคผนวก ง (Drawing)

3.2.1 หลักการทำงานของเครื่องนับแผ่นธาตุเบตเตอร์

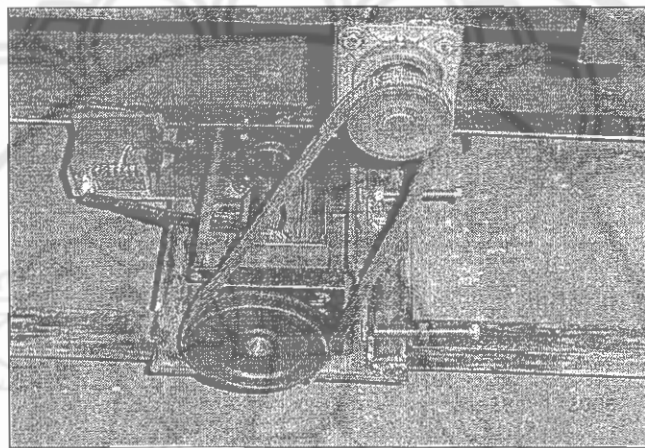
การทำงานของเครื่องนับแผ่นธาตุเบตเตอร์ จะเริ่มจากมอเตอร์(motor)ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนส่วนต่างๆของเครื่องนับแผ่นธาตุ โดยส่งกำลังมอเตอร์ผ่านสายพานและมูเลย์(Pulley) ไปยังเพลาหลัก แล้วส่งกำลังขับเคลื่อนจากเพลาหลักไปยังลูกเบี้ยว ลูกเบี้ยวจะมีชุดลิงค์(Link)ต่อโยงไปยังชุดของบushing(Bushed) เมื่อลูกเบี้ยวมีการหมุนเกิดขึ้นซึ่งทำให้บushingมีการเคลื่อนที่ไปและกลับ ชุดดูดจะถูกยึดติดกับชุดของบushingทำให้มีการเคลื่อนที่ในลักษณะเดียวกัน จากนั้นแผ่นธาตุเบตเตอร์จะถูกลำเลียงไปตามช่องที่มีขนาดความกว้างมากกว่าแผ่นธาตุเล็กน้อย โดยมีโซ่ลำเลียงขนานกันสองเส้นอยู่ที่ด้านในของช่องลำเลียงและ โซ่อีกหนึ่งเส้นจะอยู่ด้านบนของช่องลำเลียง ระยะในการเคลื่อนที่ของโซ่ลำเลียงนั้นจะเท่ากับความหนาของแผ่นธาตุที่ต้องการนับ แผ่นธาตุเบตเตอร์จะเคลื่อนไปที่ตำแหน่งรอดูด จากนั้นจะมีชุดดูดเคลื่อนที่มาดูดแผ่นธาตุแล้วถอยหลังกลับไปแผ่นที่ เพื่อให้แผ่นธาตุเบตเตอร์หลุดออกจากหัวดูด แผ่นธาตุเบตเตอร์ที่หลุดออกจากหัวดูดจะเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ เซนเซอร์จะทำการส่งสัญญาณไปที่ตัวนับ(Counter) เพื่อแสดงจำนวนแผ่นธาตุออกมาเป็นตัวเลข แผ่นธาตุเบตเตอร์ที่ผ่านการนับแล้วจะถูกลำเลียงย้อนกลับออกมาทางสายพาน เพื่อเก็บเข้ากล่องตามเดิม ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ไตอะแกรมหลักการทำงานของเครื่องนับแผ่นธาตุเบตเตอร์

3.2.2 ระบบส่งกำลัง (Power transfer)

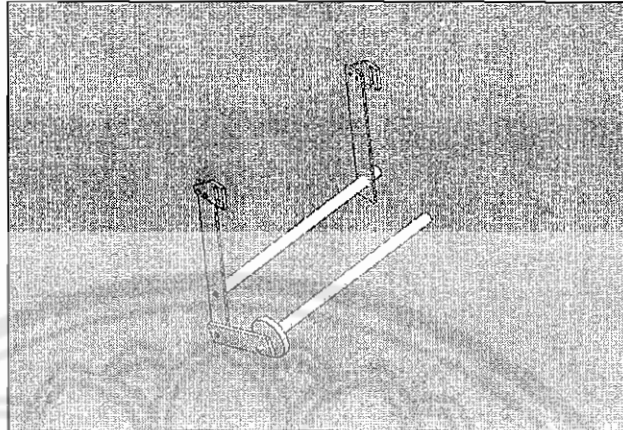
การขับเคลื่อนด้วยระบบมอเตอร์ โดยส่งกำลังมอเตอร์ผ่านสายพานและมูเลย์ไปยังเพลาลูก แล้วส่งกำลังขับเคลื่อนจากเพลาลูกไปยังส่วนต่างๆของเครื่อง จึงออกแบบให้ลูกเบี้ยวยึดติดกับเพลาลูกและมีลิงค์ต่อโยงจากลูกเบี้ยวไปยังชุดของบูชและชุดลำเลียงแผ่นธาตุเข้า เมื่อลูกเบี้ยวมีการหมุนเกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้ชุดของบูช ชุดดูด และชุดลำเลียงแผ่นธาตุมีการเคลื่อนที่ตามไปด้วย ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การขับเคลื่อนด้วยระบบมอเตอร์

3.2.3 ระบบกลไกแบบกลับไว (Quick Return)

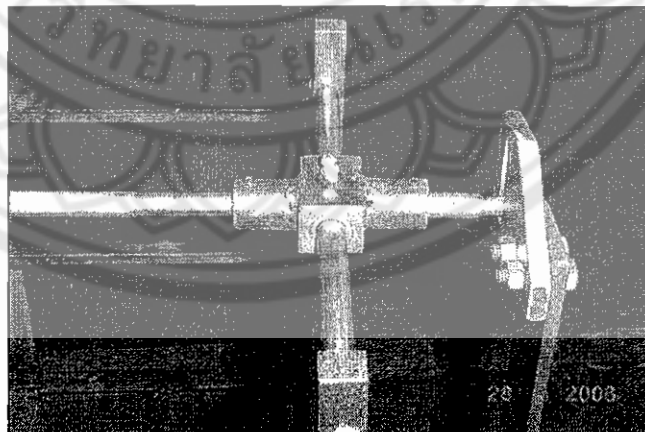
ระบบกลไกแบบกลับไวเป็นระบบที่มีการเคลื่อนที่ไปและกลับ ด้วยเหตุนี้จึงใช้ระบบดังกล่าว มาสร้างเครื่องนับแผ่นธาตุเบตเตอร์ เพื่อบังคับให้ชุดดูดที่ยึดติดกับชุดของบูชเคลื่อนที่เข้าไปดูดแผ่นธาตุและเคลื่อนที่กลับออกมาที่ตำแหน่งเดิม ฉะนั้นจึงออกแบบระบบกลไกแบบกลับไวให้มีลูกเบี้ยว(Cam)เป็นตัวบังคับการเคลื่อนที่ของลิงค์(Link) ลูกเบี้ยวจะถูกยึดติดกับเพลาลูก ลูกเบี้ยวจะมีส่วนประกอบที่เป็นจุดหมุนของลิงค์ ซึ่งจุดหมุนนั้นจะมีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของเพลาลูก เมื่อลูกเบี้ยวหมุนครบรอบจะทำให้ลิงค์มีระยะในการเคลื่อนที่ ชุดลิงค์จะประกอบด้วยลิงค์สั้นต่อจากลูกเบี้ยวไปที่ลิงค์ยาว โดยลิงค์ยาวนั้นจะมีจุดหมุนที่ยึดติดกับเพลาลูกอีกหนึ่งเพลาลูก เพื่อให้ลิงค์ที่อยู่อีกด้านของเครื่องมีการเคลื่อนที่ในลักษณะเดียวกัน ที่ปลายของลิงค์ทั้งสองข้างจะมีช่องบังคับแกนบูชอยู่ในแนวตั้งซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่บังคับให้ชุดบูชมีการเคลื่อนที่ในแนวระดับ ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ระบบกลไกแบบกัลป์ไว

3.2.4 ชุดบุชสไลด์ (Bushed Slider)

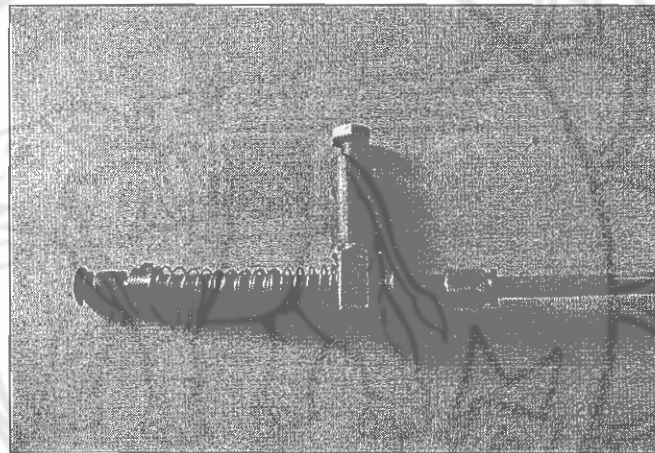
ชุดบุชสไลด์เป็นส่วนที่ทำหน้าที่พาชุดจุดเคลื่อนที่เข้าไปจุดเคลื่อนที่ที่มีการเคลื่อนที่มากับโซ่ลำเลียง การเคลื่อนที่ของชุดบุชนั้นจะถูกควบคุมด้วยการหมุนของลูกเบี้ยวที่ยึดติดกับเพลาหลัก จึงออกแบบให้บุช มีแกนยื่นออกมาทางด้านข้างทั้งสองด้าน โดยแกนยาวจะทำหน้าที่เป็นตัวยึดติดบุชที่อยู่อีกด้านหนึ่งของเครื่อง แกนสั้นจะทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อกับชุดลิงค์ แกนสั้นจะถูกใส่ไว้ในช่องบังคับแกนบุชของชุดลิงค์ เมื่อชุดลิงค์มีการเคลื่อนที่ช่องจะบังคับให้แกนที่ยึดติดบุชให้มีการเคลื่อนที่ตามไปด้วย ซึ่งจะทำให้ ตัวบุชนั้นมีการเคลื่อนที่ตามไปด้วย ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การเคลื่อนที่ของชุดบุช

3.2.5 ซูดดูดแผ่นธาตุ (Suck of Plate)

ซูดดูดแผ่นเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ดูดแผ่นธาตุที่เคลื่อนที่มาจากโซ่ลำเลียงแล้วนำแผ่นธาตุเคลื่อนที่ไปยังแผ่นกั้นเพื่อให้แผ่นธาตุหลุดออกจากหัวดูด แผ่นธาตุเบตเตอร์ที่หลุดออกจากหัวดูดจะเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ที่ติดตั้งไว้กับแผ่นกั้น จึงออกแบบให้ซูดดูดมีก้านปรับระยะของการดูดได้ ก้านปรับระยะนั้นจะมีช่องเพื่อใส่ท่อดูดเข้าไป ท่อดูดจะมีหัวดูดติดอยู่ที่ปลาย ระหว่างหัวดูดกับก้านปรับระยะนั้นจะมีสปริง(Spring)คอยทำหน้าที่เป็นตัวลดแรงกระแทกของหัวดูดขณะเคลื่อนที่ไปชนแผ่นธาตุ โดยซูดดูดแผ่นธาตุจะต่อท่อลมดูดมาจากซูดลมดูด (Vacuum) เพื่อทำการดูดต่อไป ลักษณะของซูดดูดแผ่นธาตุ ดังรูปที่ 3.7



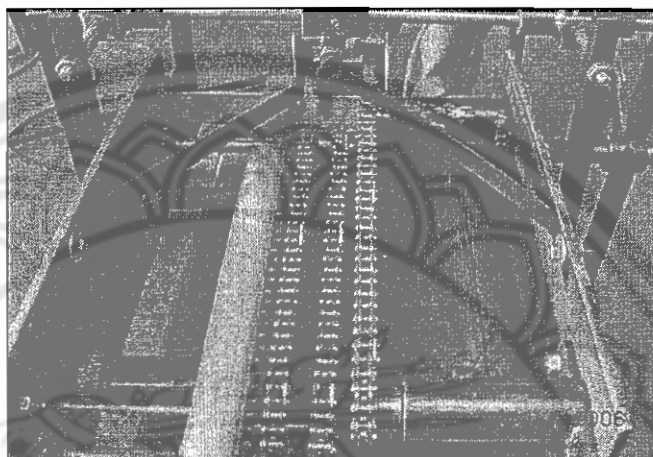
รูปที่ 3.7 ซูดดูดแผ่นธาตุ

3.2.6 การลำเลียงแผ่นธาตุเบตเตอร์ (In put system)

ในการลำเลียงแผ่นธาตุเบตเตอร์เข้าไปในตำแหน่งที่รอดูด ออกแบบโดยแผ่นธาตุจะถูกลำเลียงไปตามช่องที่มีขนาดความกว้างมากกว่าแผ่นธาตุเล็กน้อย โดยมีโซ่ลำเลียงขนานกันสองเส้น อยู่ที่ด้านในของช่องลำเลียงและโซ่อีกเส้นหนึ่งจะอยู่ด้านบนของช่องลำเลียง โซ่ที่อยู่ด้านบนของช่องลำเลียงมีหน้าที่ประคองแผ่นธาตุไม่ให้ล้ม โซ่ลำเลียงทั้งสามเส้นจะเพิ่มข้อต่อโซ่ปีกเข้าไปในตำแหน่งที่ตรงกันเพื่อให้ข้อต่อโซ่ปีกดันแผ่นธาตุให้เคลื่อนที่ไปด้านหน้าตามโซ่ลำเลียง โซ่ลำเลียงจะออกแบบให้มีการเคลื่อนที่ไปด้านหน้าตลอด โดยระยะในการเคลื่อนที่ของโซ่ลำเลียงต้องเท่ากับ ความหนาของแผ่นธาตุที่ต้องการนับ

การเคลื่อนที่ของโซ่ลำเลียง ออกแบบโดยใช้แรงดึงจากลิงค์ชุดเล็กที่ต่อโยงมาจากเพลลาที่เป็นจุดหมุนของลิงค์ชุดใหญ่ เพื่อไปขับเพลลาของโซ่ลำเลียงให้มีการเคลื่อนที่ ในการขับเพลลาของโซ่ลำเลียงนั้นจะใช้ลูกปืน (Bearing) ที่การเคลื่อนที่หนึ่งด้านมาใส่ที่เพลลาขับของโซ่ลำเลียง การ

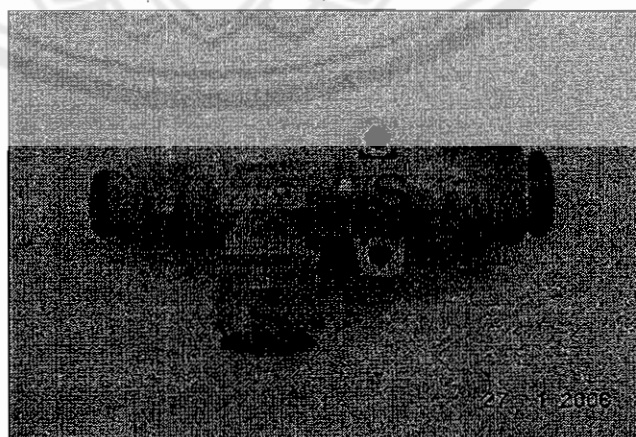
เคลื่อนที่ของลึงค์จะเคลื่อนที่ในลักษณะที่โยกไปและกลับ ในขณะที่ลึงค์โยกไปด้านหน้าจะทำให้โซ่ลำเลียงมีการเคลื่อนที่ไปด้านหน้าด้วยและเมื่อลึงค์โยกกลับลูกปืนจะหมุนเปล่า ซึ่งทำให้โซ่ลำเลียงนั้นไม่มีการเคลื่อนที่เกิดขึ้น ลักษณะของระบบลำเลียงแผ่นธาตุแบบเตอร์ี ดังรูปที่ 3.8



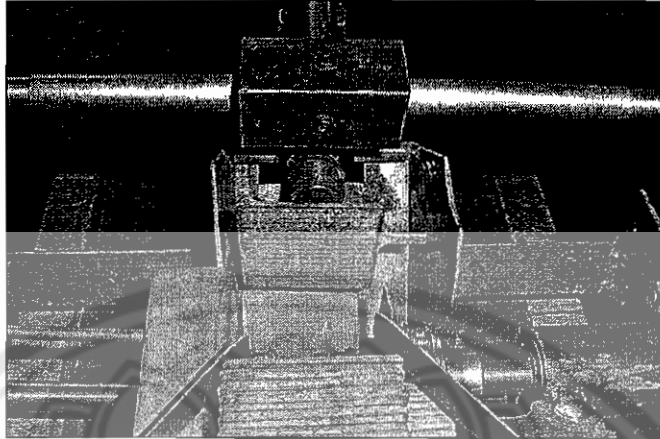
รูปที่ 3.8 ระบบลำเลียงแผ่นธาตุแบบเตอร์ี

3.2.7 การนำแผ่นธาตุผ่านเซนเซอร์ (Conduction plate to sensor)

การนำแผ่นธาตุผ่านเซนเซอร์ ออกแบบโดยใช้ลมดูดจากชุดลมดูดไปดูดที่แผ่นธาตุ โดยใช้เว็กรุ่น ZH 13 D S-08-10-10 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ท่อลมเข้าเท่ากับ 8 มิลลิเมตร ที่ท่อลมดูด 10 มิลลิเมตร และที่ท่อลมออกเท่ากับ 10 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.9 จากนั้นจะใช้สายลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ต่อจากท่อลมดูดของชุดลมดูดไปยังชุดดูดแผ่น ชุดดูดแผ่นจะเคลื่อนที่มาดูดแผ่นธาตุแล้วถอยหลังกลับไปแผ่นกัน เพื่อให้แผ่นธาตุแบบเตอร์ีหลุดออกจากหัวดูด แผ่นธาตุแบบเตอร์ีที่หลุดออกจากหัวดูดจะเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ ดังรูปที่ 3.10



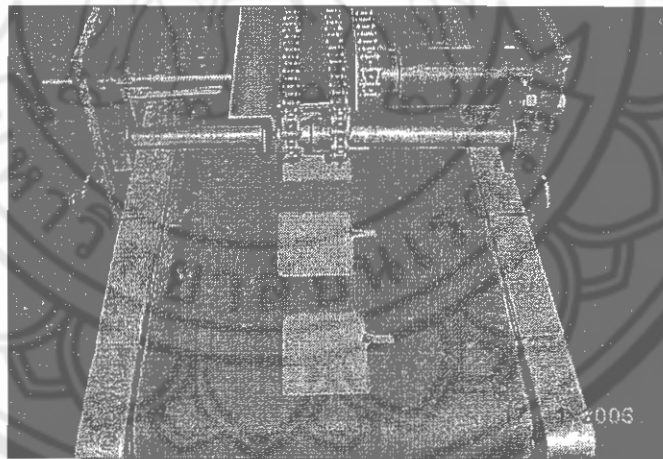
รูปที่ 3.9 ชุดลมดูด(Vacuum)รุ่น ZH 13 D S-08-10-10



รูปที่ 3.10 การนำแผ่นธาตุผ่านเซนเซอร์

3.2.8 การลำเลียงแผ่นธาตุย้อนกลับ (Out put)

เมื่อแผ่นธาตุเบตเตอร์ได้ผ่านการแล้วจะถูกลำเลียงออกมาด้านนอกโดยสายพาน สายพานสามารถปรับความเร็วการเคลื่อนที่ได้ ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การลำเลียงแผ่นธาตุย้อนกลับ

3.3 การคำนวณเกี่ยวกับเครื่องนับแผ่นธาตุเบตเตอร์

3.3.1 สายพานและมูเลย์ (Belt and Pulley)

ในขั้นตอนของการออกแบบเครื่องนับแผ่นธาตุเบตเตอร์ เลือกใช้มอเตอร์เกียร์จาก ตารางที่ 22 ก.(ภาคผนวก ก) ขนาด 373 วัตต์ ($\frac{1}{2}$ แรงม้า) ความเร็วรอบ 1750 รอบต่อนาที ทอร์ก 52.53 นิวตันเมตร (465 ปอนด์นิ้ว) อัตราทด 26.30 และความเร็วรอบที่ทดเท่ากับ 67 รอบต่อนาที มาใช้เป็นตัวกำลังในการขับเคลื่อนเครื่องนับแผ่นธาตุเบตเตอร์ และมีการส่งกำลังโดยใช้สายพาน และมูเลย์ จากมอเตอร์ไปยังเพลาหลักของเครื่องจักร

เงื่อนไขการทำงานของจักร

เวลาทำงาน (Operating Time) : 6 ชั่วโมงต่อวัน

โหลดที่มากกระทำ : กระแทกเล็กน้อย

มอเตอร์เกียร์ : กระแสตลับ 3 เฟส $\frac{1}{2}$ Hp, 1750 rpm, Output Torque
465 lb-in, Ratio 26.30, Output Speed 67 rpm

ขนาดของสายพาน

กำลังที่ต้องการส่ง $W_p = 373 \text{ W}$

ทำงานเบา น้อยกว่า 10 ชั่วโมงต่อวัน จากตารางที่ 1ก.(ภาคผนวก ก)

ตัวประกอบใช้งาน $N_s = 1.1$

ดังนั้น

$$W_p = W_p \cdot N_s \quad (3.1)$$

จากสมการที่ 3.1

จะได้

$$\begin{aligned} W_p &= 373 \times 1.1 \\ &= 410.3 \text{ W} \\ &= 0.41 \text{ kW} \end{aligned}$$

จากรูปที่ 1ข.(ภาคผนวก ข) เลือกสายพานแบบ V หน้าตัด A

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของมูเลย์

ในการออกแบบจะใช้มูเลย์ขับ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 127 มิลลิเมตร (5 นิ้ว) $D_p = 127$ มิลลิเมตร มูเลย์ตาม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 76.2 มิลลิเมตร (3 นิ้ว) $d_p = 76.2$ มิลลิเมตร จากการออกแบบจะพบว่าตำแหน่งที่เหมาะสม ในการวางมอเตอร์ของตัวเครื่องจักร

สามารถวางไว้ที่ด้านล่างของเครื่อง ซึ่งเมื่อวางแล้วจะให้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของมูเลย์ $C = 300$ มิลลิเมตร ดังนั้น ความยาวพิตช์โดยประมาณของสายพาน ซึ่งคำนวณจากสมการ 3.2

$$L_p \cong 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p + d_p)}{4C} \quad (3.2)$$

จากสมการที่ 3.2
จะได้

$$L_p \cong 2 \times 300 + 1.57(127 + 76.2) + \left(\frac{127 - 76.2}{4 \times 300} \right)$$

$$\cong 921 \text{ mm}$$

ตารางที่ 8 ก. (ภาคผนวก ก) เลือกใช้สายพาน $L_p = 925$ mm
ส่วนโค้งสัมผัส

$$\frac{D_p - d_p}{L_p} = \frac{127 - 76.2}{925}$$

$$= 0.05$$

ตารางที่ 2 ก. (ภาคผนวก ก.) ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส

$$N_a \cong 1$$

ตารางที่ 8 ก. (ภาคผนวก ก.) ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน

$$N_1 \cong 0.87$$

สำหรับมูเลย์ขนาด 127 mm อัตราทด $m_\omega = \frac{D_p}{d_p} = 1.6$ $n = 65$ rpm

ตารางที่ 8 ก. (ภาคผนวก ก) กำลังที่สามารถส่งได้ต่อสายพาน 1 เส้น $P_R = 0.82$ kW

$$z = \frac{W_p \cdot N_s}{P_R \cdot N_s \cdot N_1} \quad (3.3)$$

จากสมการที่ 3.3
จะได้

$$z = \frac{0.373 \times 1.1}{0.82 \times 1 \times 0.87}$$

$$z = 0.58$$

ดังนั้นเลือกใช้สายพานหน้าตัด $A \times 925L_1$ จำนวน 1 เส้น

มุมสัมผัสของสายพาน

$$\alpha_1 = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{D_p - d_p}{2C}\right) \text{ rad} \quad (3.4)$$

จากสมการที่ 3.4

จะได้

$$\alpha_1 = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{127 - 76.2}{2(300)}\right) \text{ rad}$$

$$\alpha_1 = 170^\circ$$

ความเร็วของสายพาน

$$\text{อัตราทด} \quad m_\omega = \frac{n_1 \cdot d_2 \cdot \omega_1}{n_2 \cdot D_1 \cdot \omega_2} \quad (3.5)$$

ในการออกแบบจะใช้ความเร็วรอบของมูเลย์ซ์เท่ากับ 65 รอบต่อนาที ($n_1 = 65$)

จากสมการที่ 3.5

จะได้

$$\text{ความเร็วรอบของมูเลย์ซ์ตาม} \quad n_2 = \frac{n_1 \times D_1}{d_2}$$

$$n_2 = \frac{65 \times 127}{76.2}$$

$$n_2 = 108 \text{ rpm}$$

$$V_b = \frac{\pi \times D_p \times n_1}{(1000)(60)} \text{ (m/s)} \quad (3.6)$$

จากสมการที่ 3.6

จะได้

$$V_b = \frac{\pi \times 127 \times 65}{(1000)(60)} \text{ (m/s)}$$

$$V_b = 0.43 \text{ (m/s)}$$

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง

$$F = \frac{W_p}{V_b} \text{ (N)} \quad (3.7)$$

จากสมการที่ 3.7
จะได้

$$\begin{aligned} F &= \frac{373}{0.43} \text{ (N)} \\ &= 863 \text{ N} \\ &= 0.863 \text{ kN} \end{aligned}$$

แรงดึงขั้นต้นในสายพาน

ตารางที่ 13 ก. (ภาคผนวก ก) $k_1 = 1.3$

ตารางที่ 5 ก. (ภาคผนวก ก) $k_2 = 0.217$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = 0.996$$

$$V_b^2 = 0.185$$

$$z = 1$$

$$F_i = (k_1 F + z k_2 V_b^2) \sin \frac{\alpha}{2} \text{ (N)} \quad (3.8)$$

จากสมการที่ 3.8
จะได้

$$F_i = [(1.3 \times 863) + (1 \times 0.217 \times 0.185^2)] \times 0.996 \text{ (N)}$$

$$F_i = 1117.56 \text{ (N)}$$

$$F_i = 1.117 \text{ kN}$$

สรุป เลือกใช้สายพานหน้าตัด A ยาว 925 มิลลิเมตร
มูเลย์ซ์บับ ขนาด 127 มิลลิเมตร จำนวน 1 ร่อง
มูเลย์ซ์ตาม ขนาด 76.2 มิลลิเมตร จำนวน 1 ร่อง

3.3.2 ความเร็วในโซ่

ในระบบการลำเลียงแผ่นธาตุเบดเดอร์ี่จะใช้โซ่ขนาดมาตรฐาน No.35 โดยความเร็วของโซ่จะเท่ากันหมดทั้งเส้น ซึ่งหาได้จาก

$$V_c = \omega \times \frac{d_p}{2} \quad (3.9)$$

โดยที่ V_c = ความเร็วโซ่ (m/s)

ω = ความเร็วเชิงมุมของเพลา (rad/s)

d_p = pitch diameter ของงานโซ่ (mm)

$$\text{โดยที่ } d_p \text{ ของงานโซ่} = \frac{p}{\sin(180^\circ/z)} \quad (3.10)$$

ความเร็วของโซ่ต่ำเลียง

การคำนวณจากเพลลาของเฟืองโซ่ ซึ่งมีความเร็วเชิงมุม (ω) = 24.4 rpm (2.56 rad/s) และเฟืองโซ่ที่มีจำนวนฟัน (z) = 10 ฟัน สำหรับโซ่มาตรฐาน No. 35 จากตารางที่ 18 ก. (ภาคผนวก ก) ซึ่งมีระยะพิตช์ (pitch) เท่ากับ 9.525 มิลลิเมตร (0.375 นิ้ว)

จากสมการที่ 3.10

จะได้

$$\begin{aligned} d_p &= \frac{9.525}{\sin(180^\circ/10)} \\ &= 30.82 \text{ mm} \end{aligned}$$

จากสมการที่ 3.9

จะได้

$$\begin{aligned} V_c &= 2.56 \times \frac{30.82}{2} \\ &= 39.45 \text{ mm/s} \\ &\cong 0.04 \text{ m/s} \end{aligned}$$

ความเร็วของโซ่ต่ำเลียงแผ่นธาตุเท่ากับ 0.04 เมตรต่อวินาที

ขนาดของเพลลาของโซ่

แรงบิดที่กระทำต่อเพลลาของเฟืองโซ่เท่ากับ 31.6 นิวตันเมตร ($T = 31.6 \text{ N.m}$)

ในการคำนวณเลือกใช้วัสดุ AISI 1010 HR

จากตารางที่ 21 ก. (ภาคผนวก ก) $\sigma_y = 42 \text{ ksi}$

$$\begin{aligned} \sigma_y &= 42 \times 6.895 \text{ N/mm}^2 \\ &= 289.95 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

ใช้ความต้านแรงเฉือนครากเป็นหลักในการออกแบบ

$$\tau = 0.6\sigma_y$$

$$\tau = 0.6 \times 289.95 \text{ N/mm}^2$$

$$= 173.75 \text{ N/mm}^2$$

จากตารางที่ 19 ก. (ภาคผนวก ก) ใช้ค่าความปลอดภัย $N_y = 2$ (แรงอยู่นิ่ง)

$$\tau = \frac{Tr}{J} = \frac{16T}{\pi d^3} \tag{3.11}$$

จากสมการที่ 11

จะได้

$$\left(\frac{173.75}{2}\right) = \left(\frac{16 \times 31.6 \times 1000}{\pi d^3}\right)$$

$$d = 12.2 \text{ mm}$$

เลือกใช้เพลลาเพื่องโซ่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 12.7 มิลลิเมตร (0.5 นิ้ว)

3.3.3 ความเร็วและความเร่งของชุดคูด

จากการวิเคราะห์ความเร็วและความเร่งของชุดคูดนั้น สามารถวิเคราะห์ได้โดยใช้ทฤษฎีของคิเนแมติกส์ของเครื่องจักรกลที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ผ่านมาใช้วิธีของสมการความเร็วสัมพัทธ์และความเร่งสัมพัทธ์ ซึ่งผลของการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ความเร็วของชุดคูดเท่ากับ 0.681 เมตรต่อวินาที
2. ความเร่งของชุดคูดเท่ากับ 52.53 เมตรต่อวินาที²

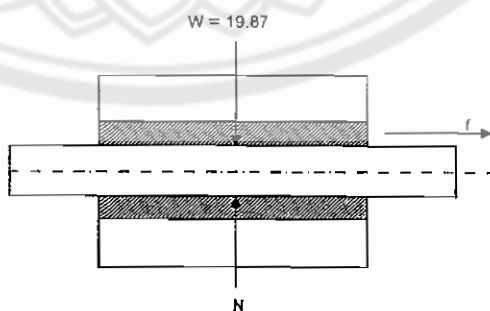
3.3.4 การคำนวณหาแรงที่กระทำกับอุปกรณ์ต่างๆ

ซึ่งเป็นการคำนวณหาแรงที่กระทำกับอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องนับแผ่นธาตุเบตเตอรี โดยในการคำนวณจะเริ่มที่ชุดบushing ไลด์

bushing ไลด์

$$\text{มวล} = 2.0259 \text{ kg}$$

$$W = 19.87 \text{ N}$$



รูปที่ 3.12 แรงกระทำที่ bushing ไลด์

จากตารางที่ 23 ก.(ภาคผนวก ก) สแตนเลสกับทองเหลือง $\mu = 0.35$

$$f = \mu N \qquad \mu = 0.35 \qquad N = mg$$

$$f = \frac{0.35(2.0259 \times 9.81)}{2} \quad g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$= 3.478 \text{ N} \quad (\text{บุช 2 ข้าง})$$

$$N = \frac{2.0259 \times 9.81}{2}$$

$$= 9.937 \text{ N}$$

$$F = \sqrt{f^2 + N^2} \quad (3.12)$$

$$= \sqrt{3.478^2 + 9.937^2}$$

$$= 10.53 \text{ N}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{9.937}{3.478}\right)$$

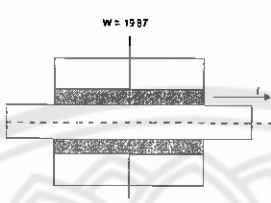
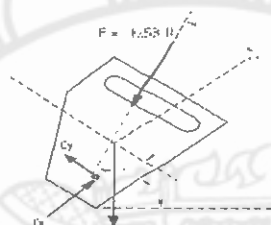
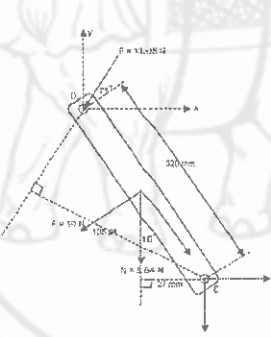
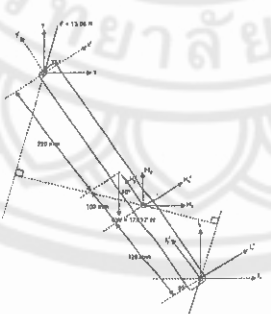
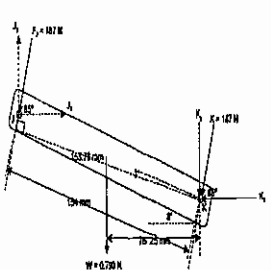
$$\theta = 71^\circ$$

จะได้แรง F ทำมุมกับแกน x เท่ากับ 71 องศา

สำหรับอุปกรณ์อื่นๆ ได้มีการคำนวณเช่นเดียวกันและแสดงผลไว้ในตารางที่ 3.1

มหาวิทยาลัยพระนคร

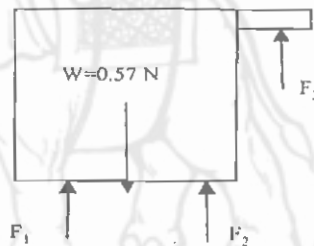
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงผลการคำนวณหาแรงที่กระทำกับอุปกรณ์ต่างๆ

ลำดับที่	รายการ	Free Body Diagram	f (N)	W (N)	N (N)	θ	T (N.m)
1	บุชสไลด์		3.478	19.81	9.937	71	-
2	ช่องบังคับบุช		F (N) 10.53	C_y (N) 5.57	C_y (N) 11.8	θ 65	-
3	ลิงค์ด้านขวา		F (N) 13.05	E_y (N) 3.37	E_Y (N) 21.39	θ 81	T (N.m) 2
4	ลิงค์ด้านซ้าย		F (N) 13.05	I_Y (N) 16.20	I_Y (N) 186.58	θ 85	T (N.m) 3.83
				H_Y (N) 19.57	H_Y (N) 161.96	θ 83	
5	ลิงค์ศูนย์กลาง		F (N) 187	K_Y (N) 16.32	K_Y (N) 185.78	θ 85	T (N.m) 29.36

ลำดับที่	รายการ	Free Body Diagram	F (N)	O_x (N)	O_y (N)	θ	T (N.m)
6	ลูกเบี้ยว		187	16.29	186.28	85	0.41

3.3.5 การคำนวณหาความดันที่ใช้จุดแผ่นธาตุ

การคำนวณหาความดันที่ใช้จุดแผ่นธาตุเบตเตอร์ ซึ่งเป็นการหาค่าความดันเริ่มต้นที่ทำให้แผ่นธาตุมีการเคลื่อนที่และติดไปกับหัวจุดแผ่น หาได้จากแผ่นธาตุเบตเตอร์ มวล = 58.5 g, $N = mg$, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$



รูปที่ 3.13 แรงกระทำที่แผ่นธาตุ

จากตารางที่ 23 ก.(ภาคผนวก ก) เหล็กกับตะกั่ว $\mu = 0.95$

$$\sum F = \mu N \quad (3.13)$$

$$= 0.95 \times \left(\frac{58.5}{1000} \right) \times 9.81 \text{ N}$$

$$= 0.545 \text{ N}$$

$$P = \frac{F}{A} \quad (3.14)$$

$$= \frac{0.545}{\frac{\pi(0.01)^2}{4}} \text{ Pa}$$

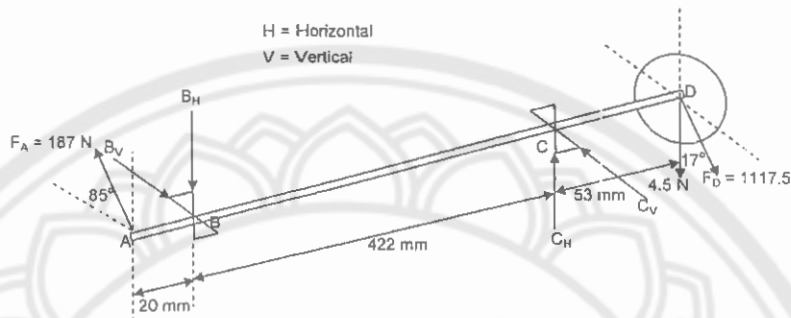
$$= 6940 \text{ Pa}$$

$$= 6.940 \text{ kPa}$$

ความดันเริ่มต้นที่ใช้จุดแผ่นธาตุเบตเตอร์เท่ากับ 6.940 กิโลปาสกาล

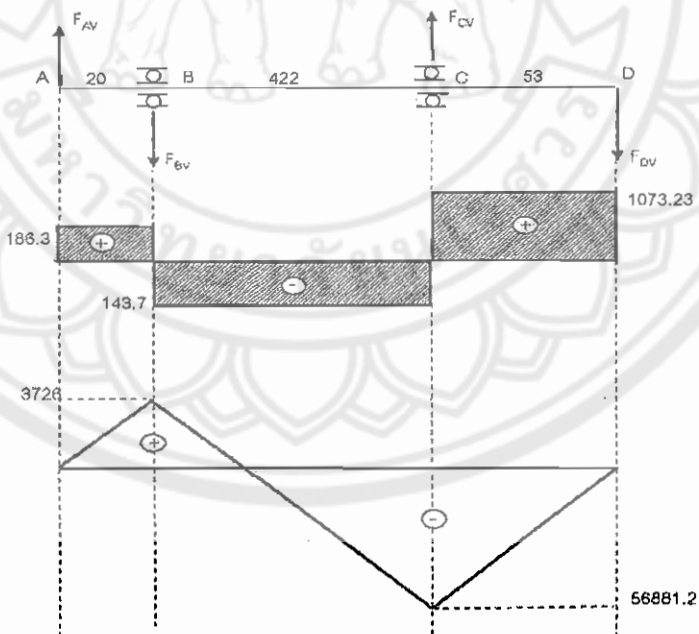
3.3.5 แรงและขนาดของเพลหลัก

แรงที่กระทำบนเพลหลักสามารถคำนวณได้จากผลรวมของแรงที่กระทำในแต่ละอุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.14

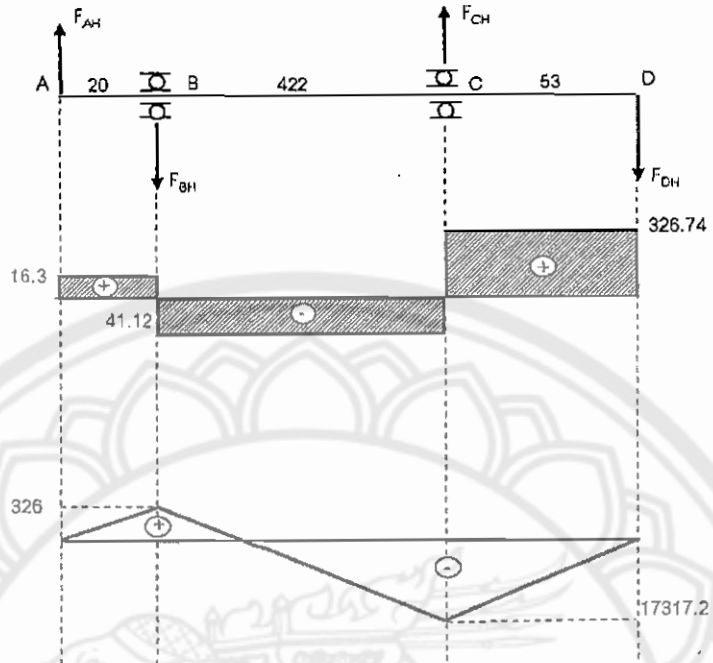


รูปที่ 3.14 แรงที่กระทำบนเพลหลัก

จากรูปที่ 3.14 สามารถเขียนแรงและโมเมนต์ค้ดที่กระทำต่อเพลหลักในแนวตั้ง และแนวระดับ ได้ดังรูปที่ 3.15 และรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.15 แรงและโมเมนต์ค้ดกระทำบนเพลหลักในแนวตั้ง



รูปที่ 3.16 แรงและโมเมนต์ตัดกระทำบนเพลาหลักในแนวระดับ

แรงปฏิกิริยาที่ A และ B ในแนวดิ่ง
รวมโมเมนต์ที่จุด B

CCW +
$$\sum M_B = 0 \tag{3.15}$$

$$= -186.3(20) + F_{CV}(422) - 1073.23(475)$$

$$F_{CV} = 1216.85 \text{ N}$$

รวมแรงในแนวดิ่ง

$$\sum F_V = 0 \tag{3.16}$$

$$F_{BV} = 186.3 + 1208.80 - 1073.23$$

$$F_{BV} = 330 \text{ N}$$

โมเมนต์ตัดในแนวดิ่งที่ B และ C

$$M_{BV} = 186.3 \times 20$$

$$= 3726 \text{ N.mm}$$

$$= 3.72 \text{ kN.mm}$$

$$M_{CV} = 1073.23 \times 53$$

$$= 56881.2 \text{ N.mm}$$

$$= 56.88 \text{ kN.mm}$$

แรงปฏิกิริยาที่ A และ B ในแนวระดับ

รวมโมเมนต์ที่จุด B

$$\begin{aligned} \text{CCW} + \quad \sum M_B &= 0 & (3.17) \\ &= -16.3(20) + F_{CH}(422) - 326.74(475) \end{aligned}$$

$$F_{CH} = 368.55 \text{ N}$$

รวมแรงในแนวระดับ

$$\sum F_H = 0 \quad (3.18)$$

$$F_{BH} = 16.3 + 367.86 - 326.74$$

$$F_{BH} = 58 \text{ N}$$

โมเมนต์ตัดในแนวระดับที่ B และ C

$$\begin{aligned} M_{BH} &= 16.3 \times 20 \\ &= 326 \text{ N.mm} \\ &= 0.326 \text{ kN.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{CH} &= 326.74 \times 53 \\ &= 17317.2 \text{ N.mm} \\ &= 17.32 \text{ kN.mm} \end{aligned}$$

รวมโมเมนต์ด้วยเวกเตอร์ทั้งสองตำแหน่ง

$$\begin{aligned} M_B &= \sqrt{M_{BV}^2 + M_{BH}^2} & (3.19) \\ &= \sqrt{(3726)^2 + (326)^2} \\ &= 3740.23 \text{ N.mm} \\ &= 3.74 \text{ kN.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_C &= \sqrt{M_{CV}^2 + M_{CH}^2} & (3.20) \\ M_C &= \sqrt{(56881.2)^2 + (17317.2)^2} \\ &= 59458.86 \text{ N.mm} \\ &= 59.46 \text{ kN.mm} \end{aligned}$$

ดังนั้น โมเมนต์ตัดสูงสุดเกิดที่ตำแหน่ง C

โมเมนต์ตัดเนื่องจากการส่งกำลังจากสายพาน คือ

$$\text{แรงดึงสายพาน } F = 863 \text{ N} \quad d_p = 76.2 \text{ mm}$$

ดังนั้น

$$T = F \times \frac{d_p}{2} \quad \text{N.mm} \quad (3.21)$$

$$\begin{aligned} T &= 863 \times \frac{76.2}{2} \quad \text{N.mm} \\ &= 32880 \quad \text{N.mm} \\ &= 32.88 \quad \text{kN.mm} \end{aligned}$$

จากตารางที่ 17 ก. (ภาคผนวก ก) เพลลาหมุน : แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ

เพลลาไม่มีร่องลิ้น $\tau_d = 55 \text{ N/mm}^2$ $c_m = 1.5$, $c_r = 1$

$$d^3 = \frac{16}{\pi \tau_d} [(c_r T)^2 + (c_m M_c)^2]^{1/2} \quad (3.22)$$

จากสมการที่ 3.22

จะได้

$$\begin{aligned} d^3 &= \frac{16 \times 10^3}{\pi (55)} [(1.0 \times 32.88)^2 + (1.5 \times 59.46)^2]^{1/2} \\ d &= 20.64 \text{ mm} \end{aligned}$$

จากตารางที่ 16 ก. (ภาคผนวก ก.) เลือกเพลลาต้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 25 มิลลิเมตร

ผลการคำนวณการออกแบบสามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 3.2 ผลการคำนวณการออกแบบเครื่องนั้บแผ่นธาตุเบตเตอร์

ลำดับที่	รายการ	ผลการคำนวณ	การใช้งานจริง
1	ต้นกำลัง (มอเตอร์)	-	373 W , 67 rpm
2	มูเลย์จับ	-	127 mm
3	มูเลย์ตาม	-	76.2 mm
4	จำนวนสายพาน	1 เส้น	1 เส้น
5	ขนาดเพลลาหลัก	20.64 mm	25.40 mm
6	ขนาดเพลลาเฟืองโซ่	12.20 mm	12.70 mm
7	ขนาดเฟืองโซ่	30.82 mm	30.82 mm

3.4 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานขั้นต้น

คือ การเตรียมชิ้นงานหรืออุปกรณ์ทุกชิ้นให้ได้ขนาดและรูปร่างตามที่ได้ออกแบบไว้จนพร้อมที่จะประกอบเป็นเครื่องนับแผ่นธาตุเบตาเตอร์

3.4.1 การเตรียมชิ้นส่วน

1. การวัดขนาดชิ้นงาน เป็นการล่่างขนาดชิ้นงานลงบนโลหะตามขนาดและรูปร่างที่ได้ ออกแบบไว้ เพื่อทำการตัดในขั้นตอนต่อไป

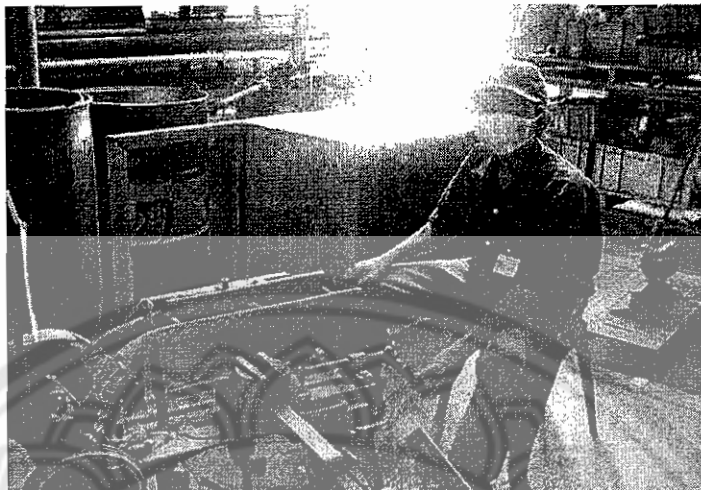
2. การตัดชิ้นงาน แบ่งเป็น 2 วิธี คือ

1. การใช้แก๊สและเครื่องตัดโลหะแผ่น ใช้ตัดชิ้นงานที่เป็น โลหะแผ่น เช่น ส่วนของฝาทั้ง 2 ข้างของระบบลำเลียงแผ่นเข้า ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 การตัดด้วยแก๊ส

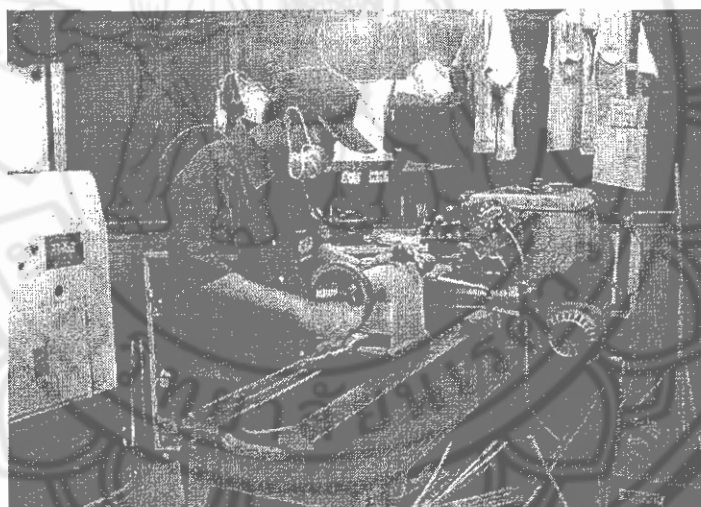
2. การใช้เลื่อยตัด ใช้ตัดชิ้นงานที่ไม่ใช่โลหะแผ่น เช่น เพลา เหล็กฉาก เหล็กแท่งกลม ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 การตัดด้วยเลื่อยไฟฟ้า

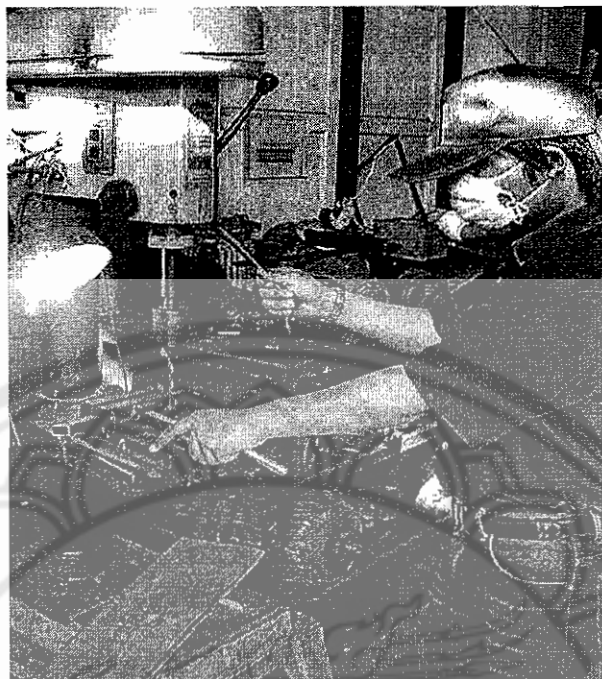
3. งาน Machining

1. งานกลึง ชิ้นส่วนที่ต้องทำการกลึง เช่น เพลา ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 งานกลึง

4. งานเจาะ ทำการเจาะชิ้นส่วนเพื่อยึดด้วยสลักเกลียวให้แข็งแรง ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 งานเจาะ

5. งานทำเกลียว ใช้เกลียวเมตริกมาตรฐาน คูได้จากตารางที่ 14 ก.และ 15 ก. (ภาคผนวก ก)

3.5 ขั้นตอนการประกอบ

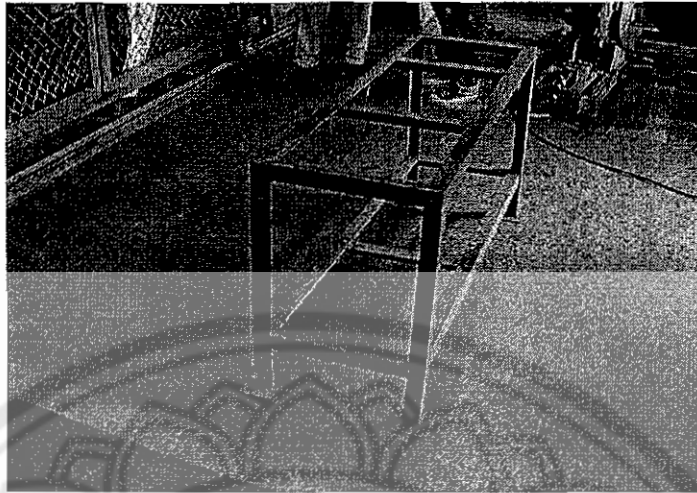
เมื่อเตรียมชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ทุกชิ้นให้ได้ขนาดและรูปร่างตามที่ได้ออกแบบไว้จนพร้อมที่จะประกอบเป็นเครื่องนับแผ่นธาตุแล้วจึงประกอบตามที่วางแผนไว้ต่อไป

ขั้นตอนการประกอบ

ประกอบด้วยขั้นตอนการเชื่อม และขั้นตอนการขันยึดด้วยสลักเกลียว โดยแยกการประกอบออกเป็น 6 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

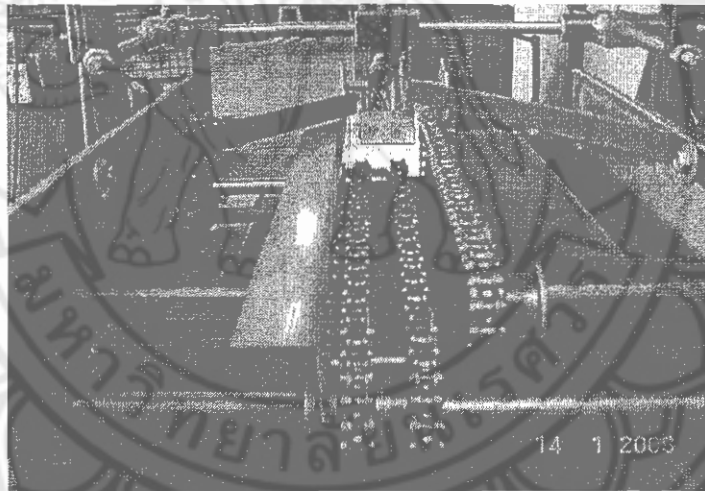
1. ส่วนโครง ทำการขึ้นโครงด้วยการเชื่อมเหล็กฉากให้ได้ขนาดตามที่ออกแบบไว้ ดังรูป ที่

3.21



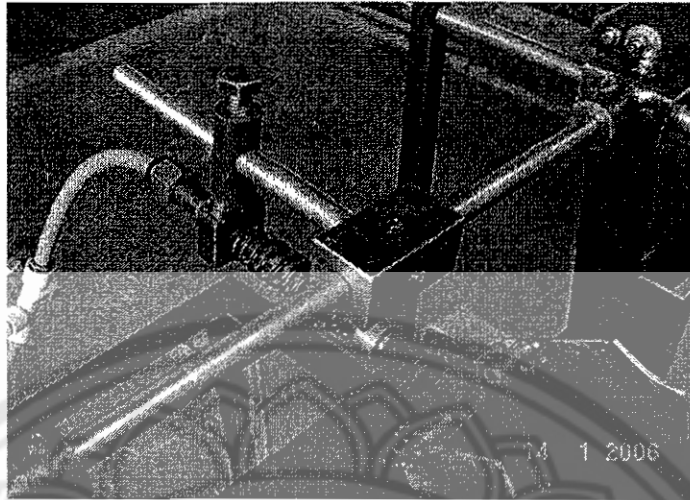
รูปที่ 3.21 ส่วน โครง

2. ส่วนลำเลียงแผ่นธาตุเข้า ประกอบด้วยชุดเฟืองโซ่และโซ่ ประกอบเข้าด้วยกันโดยการ
ใช้การขันยึดด้วยสลักเกลียว ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 ส่วนลำเลียงแผ่นธาตุเข้า

3. ส่วนชุดตัวดูดแผ่นธาตุ ประกอบด้วย ชุดบูชสไลด์ หัวดูด ชุดลมดูด (Vacuum) ประกอบ
เข้า
ด้วยกัน โดยการขันยึดด้วยเกลียวตัวหนอน ดังรูปที่ 3.23



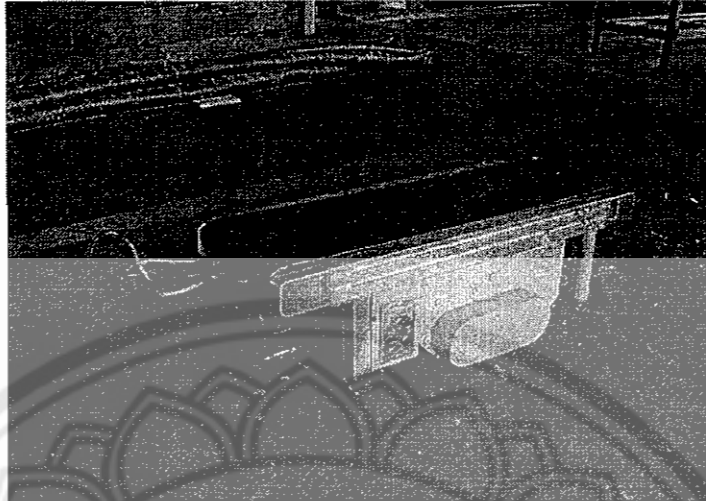
รูปที่ 3.23 ส่วนชุดจุดแผ่นธาตุ

4. ส่วนกั้นแผ่นธาตุให้ไหลผ่านเซนเซอร์ ประกอบเข้าด้วยกัน โดยการเชื่อม ดังรูปที่ 3.24



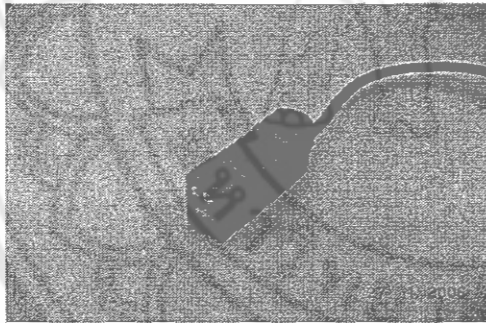
รูปที่ 3.24 ส่วนกั้นแผ่นธาตุให้ไหลผ่านเซนเซอร์

5. ส่วนลำเลียงแผ่นธาตุออก ประกอบเข้าด้วยสายพานและชุดมอเตอร์ ประกอบเข้าด้วยกัน โดยการขันยึดด้วยสลักเกลียว ดังรูปที่ 3.25

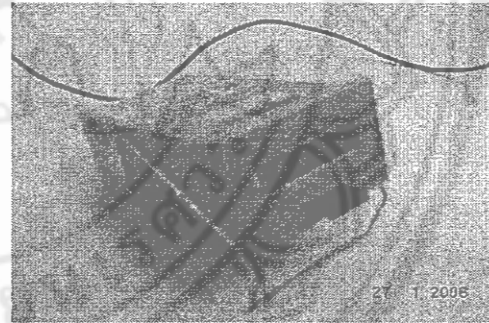


รูปที่ 3.25 ส่วนลำเลียงแผ่นธาตุออก

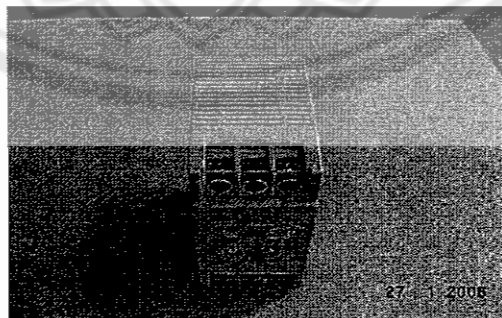
6. ส่วนชุดแสดงผล ประกอบด้วยเซนเซอร์ ตัวนับ(Counter) หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า (Power Supply) และตัวตัดต่อสัญญาณเซนเซอร์ (Relay) เซนเซอร์จะติดตั้งไว้กับส่วนกินแผ่นธาตุ ส่วนตัวนับ(Counter) หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า(Power Supply) และตัวตัดต่อสัญญาณเซนเซอร์ (Relay) จะติดตั้งไว้บนปาย



รูปที่ 3.26 เซนเซอร์

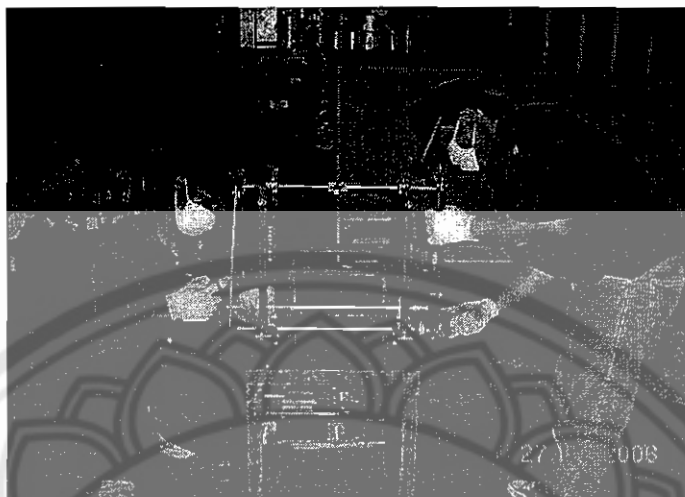


รูปที่ 3.27 ตัวนับ



รูปที่ 3.28 หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า

7. ทำการประกอบทั้ง 6 ส่วนเข้าด้วยกัน โดยการขันยึดด้วยสลักเกลียว ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 การประกอบทั้ง 6 ส่วนเข้าด้วยกัน

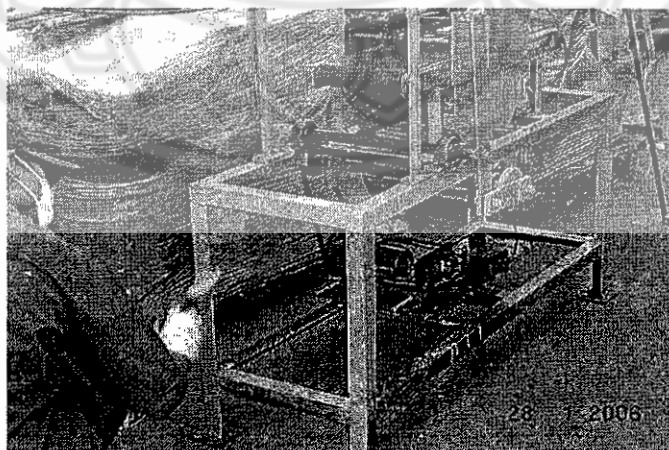
3.6 ขั้นตอนการเก็บรายละเอียดของงาน

ชิ้นงานทุกส่วนจะมีการเก็บรายละเอียดในขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน เช่น การลบคมจาก การตัด การกลึง การเจาะและการทำเกลียว เป็นต้น

นอกจากนี้ ในขณะที่ทำการประกอบต้องตรวจสอบว่าเมื่อนำชิ้นส่วนมาประกอบกันแล้ว ตำแหน่งต่างๆ ยังคงถูกต้องอยู่หรือไม่ หลังประกอบชิ้นส่วนทุกชิ้นแล้ว ตรวจสอบว่าทุกส่วนได้รับการขันยึดเรียบร้อยแล้ว

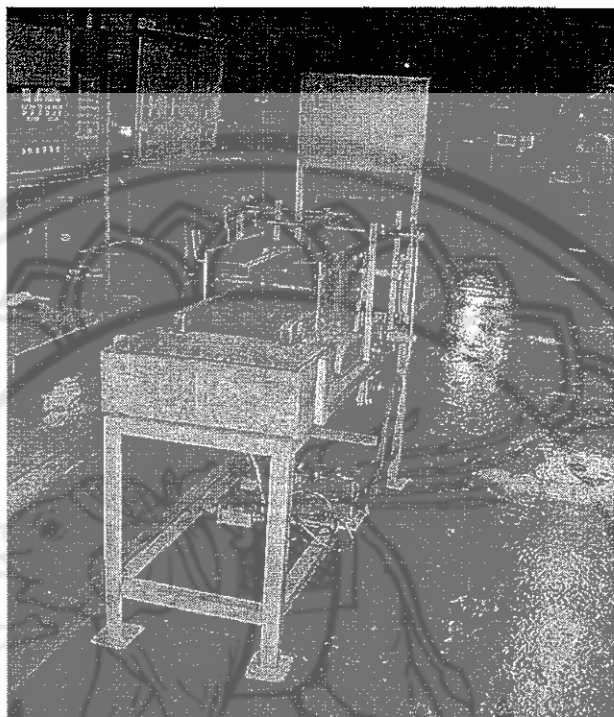
3.7 ขั้นตอนการทาสีและประกอบหลังทาสี

เมื่อตรวจสอบความเรียบร้อยหลังการประกอบเครื่องแล้วก็ถอดชิ้นส่วนเครื่องออกมาอีกครั้ง เพื่อทาสี ดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 การทาสีเครื่องนับแผ่นธาตุเบตเตอร์

หลังจากชิ้นส่วนทาสีเรียบร้อยแล้วนำมาประกอบเป็นเครื่องจักรตามเดิม เมื่อประกอบเสร็จ
ได้เครื่องนับแผ่นธาตุเบตเตอร์ ดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 เครื่องนับแผ่นธาตุเบตเตอร์