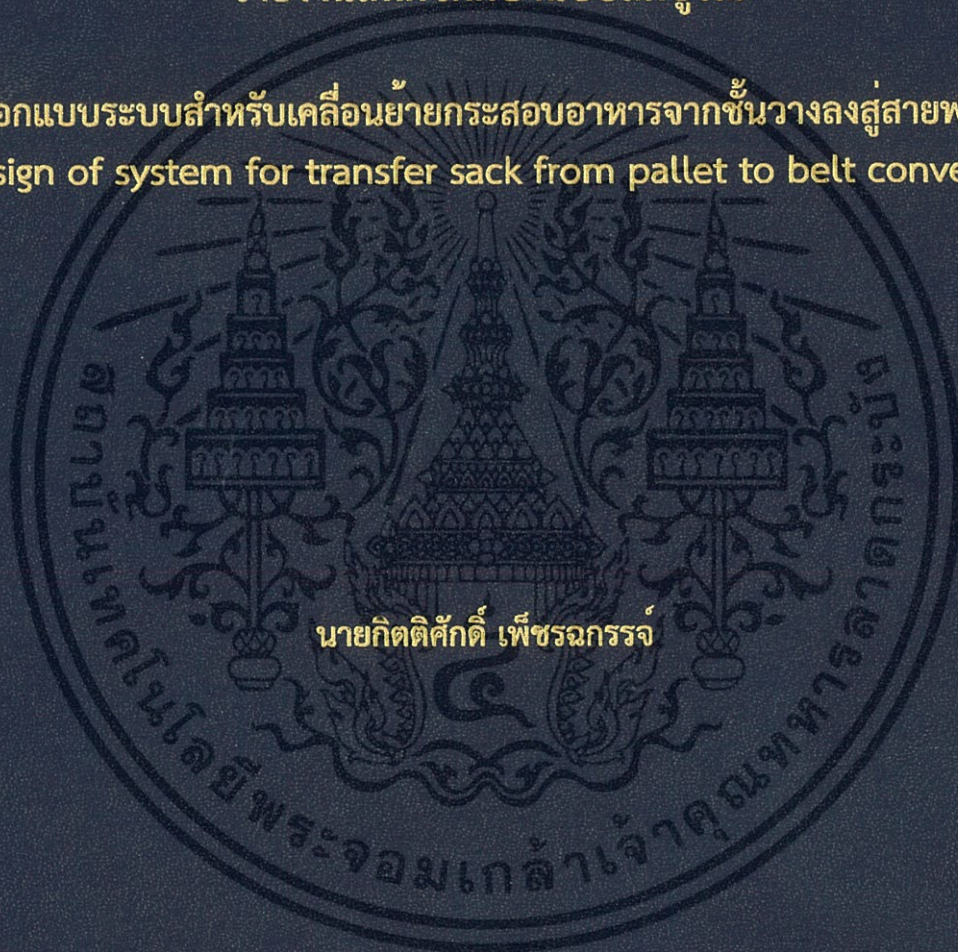




รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ออกแบบระบบสำหรับเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารจากชั้นวางลงสู่สายพาน
Design of system for transfer sack from pallet to belt conveyor



นายกิตติศักดิ์ เพ็ชรฉกรรจ์

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ออกแบบระบบสำหรับเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารจากชั้นวางลงสู่สายพาน
Design of system for transfer sack from pallet to belt conveyor



นายกิตติศักดิ์ เพ็ชรฉกรรจ์

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา ออกแบบระบบสำหรับเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารจากชั้นวางลงสู่สายพาน
ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายกิตติศักดิ์ เพ็ชรฉกรรจ์
คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายภูวดล อ้วนคำ
สถานประกอบการ โรงงานอาหารสัตว์ลพบุรี 2

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาและออกแบบระบบใช้ในการขนย้ายกระสอบอาหารสัตว์จากสายพานลงสู่สายพานลำเลียง จากเดิมที่จะใช้พนักงาน 1 คนในการขนย้ายกระสอบอาหารต่อหนึ่งช่องทางการลำเลียง แต่เครื่องจักรที่ทำการออกแบบขึ้นจะใช้แรงงานเพียง 1 คนในการขนย้ายกระสอบอาหารสี่ช่องทางการลำเลียง ซึ่งจะเป็นการลดแรงงานคนไปได้ 3 คน ในระบบเคลื่อนย้ายจะประกอบไปด้วยกลไก 2 ส่วนคือ 1. มอเตอร์เกียร์ 2. กระบอกลม สามารถเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารขนาด 20 กิโลกรัมได้ โดยใช้เวลาประมาณ 5 นาทีในการขนย้ายกระสอบอาหารจำนวน 60 กระสอบ

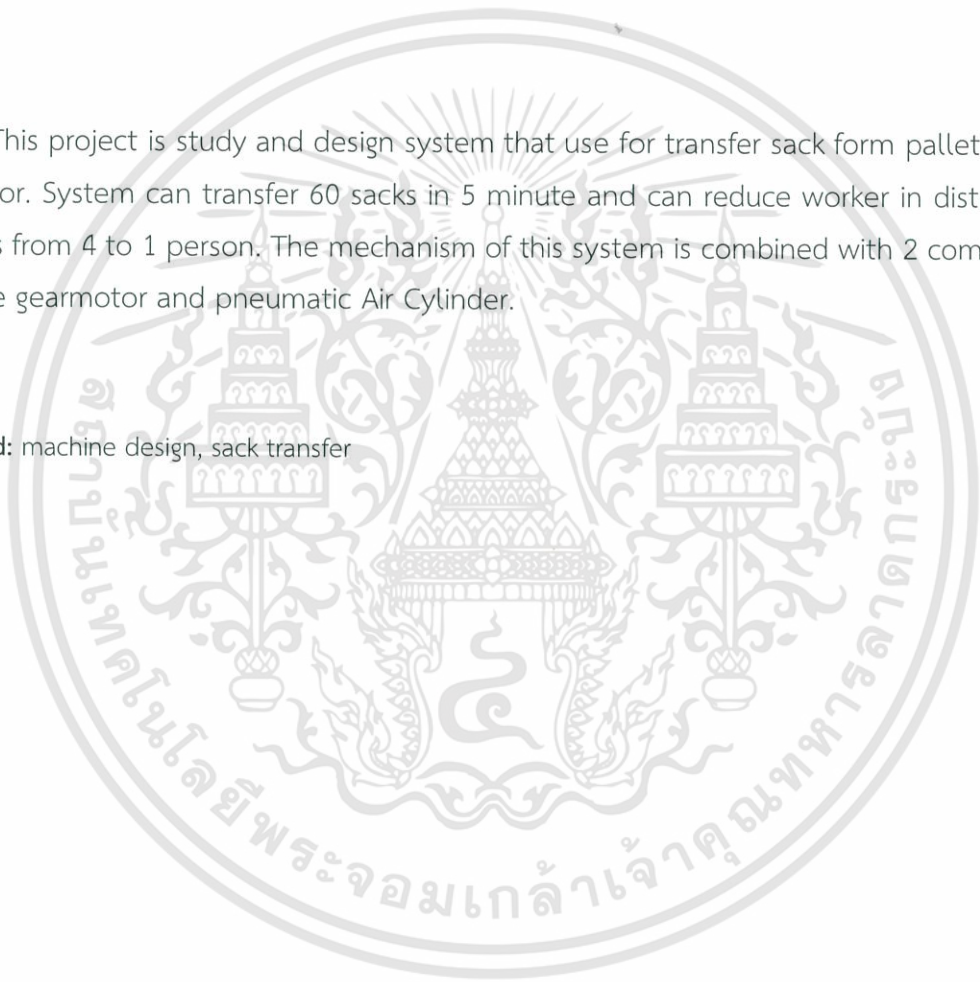
คำสำคัญ : การออกแบบเครื่องจักร, การขนย้ายกระสอบอาหาร

Cooperative Title: Design Automatic Loader System
Student intern name: Kittisak Petshakan
Faculty: Engineering Department: Agricultural Engineering
Advisor name: Asst.Prof. Dr. Teerapong Pholpho
Mentor name: Mr. Puwadon Uonkum
Company: Betagro Public Company Limited

ABSTRACT

This project is study and design system that use for transfer sack form pallet to belt conveyor. System can transfer 60 sacks in 5 minute and can reduce worker in distribution process from 4 to 1 person. The mechanism of this system is combined with 2 component that are gearmotor and pneumatic Air Cylinder.

Keyword: machine design, sack transfer



กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์จากหลายภาคส่วน ซึ่งไม่สามารถนำมากล่าวได้ทั้งหมด ซึ่งผู้มีพระคุณท่านแรกคือ ผศ.ดร.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ปริญญานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำปริญญานิพนธ์ อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานอีกด้วย

ขอขอบพระคุณนายภูวดล อ้วนคำ พนักงานที่ปรึกษาแผนกวิศวกรรมโรงงานอาหารสัตว์น้ำเบทาโกรลพบุรี2 ที่คอยให้คำปรึกษา และช่วยเหลือในการปฏิบัติงานขณะปฏิบัติงาน ณ โรงงานอาหารสัตว์น้ำเบทาโกรลพบุรี2 เสมอมา

ขอขอบพระคุณโรงงานอาหารสัตว์เบทาโกรลพบุรี 2 ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และสนับสนุนอุปกรณ์การทำโปรเจกจนเสร็จสิ้น

ขอกราบขอบพระคุณบิดา และมารดาที่คอยให้คำปรึกษา และกำลังใจที่ดีตลอดมา

สุดท้ายขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้การช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์เครื่องมือช่าง และสถานที่ในการปฏิบัติการมาโดยตลอด

นายกิตติศักดิ์ เพ็ชรฉกรรจ์

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เพลงและชนิดของเพลง.....	3
2.2 แรงบิดกับการเคลื่อนที่แบบหมุน	7
2.3 การคำนวณขนาดมอเตอร์.....	8
2.4 การคำนวณขนาดกระบอกกลม	8
2.5 เหล็กรูปพรรณ.....	9
2.6 มอเตอร์ประเภทต่าง ๆ และการใช้งาน	14
2.7 ระบบนิวเมติก	17
2.8 ขนาดกระสอบและการจัดเรียงตัวบนชั้นวาง	21
2.9 สายพานลำเลียงกระสอบอาหารขึ้นรถบรรทุก.....	23
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	24
3.1 แผนการดำเนินงาน	24
3.2 กำหนดวิธีการและรูปแบบที่จะใช้ในการเคลื่อนย้ายกระสอบอาหาร.....	25
3.3 การออกแบบเครื่องจักรที่สามารถทำงานสอดคล้องกับวิธีที่กำหนด.....	27
3.4 ทำการทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างส่วนต่าง ๆ ของระบบเคลื่อนย้ายกระสอบอาหาร.....	28
3.5 การเขียนแบบแปลนของโครงสร้างส่วนต่าง ๆ โดยการใช้โปรแกรม AutoCAD	29
3.6 ต้นทุนในการสร้างเครื่องจักร.....	37
3.7 การคำนวณหาขนาดกระบอกกลม.....	39
3.8 การคำนวณหาขนาดมอเตอร์เกียร์.....	39
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	41
4.1 ความแข็งแรงของโครงสร้าง	41

4.2 กำลังมอเตอร์เกียร์.....	41
4.3 ขนาดกระบอกลม.....	41
4.4 เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายกระสอบอาหาร.....	41
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	42
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....	42
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	42
เอกสารอ้างอิง.....	43



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการหาขนาดกะบอกลมตามแรงดันที่ใช้งาน.....	9
ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินการออกแบบเครื่องเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารลงสายพาน.....	24
ตารางที่ 3.2 รายการวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องจักร.....	37
ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงมูลค่าของวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างเครื่องจักร.....	38



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 เฟืองตรง (Spur Gears).....	3
รูปที่ 2.2 เฟืองสะพาน (Rack Gears).....	4
รูปที่ 2.3 เฟืองวงแหวน (Internal Gears).....	4
รูปที่ 2.4 เฟืองเฉียง (Helical Gears).....	5
รูปที่ 2.5 เฟืองเฉียงก้างปลา (Herringbone Gears).....	5
รูปที่ 2.6 เฟืองดอกจอก (Bevel Gears).....	6
รูปที่ 2.7 เฟืองตัวหนอน (Worm Gears).....	6
รูปที่ 2.8 เฟืองเกลียวสกรู (Spiral Gears).....	7
รูปที่ 2.9 เหล็กแผ่น.....	10
รูปที่ 2.10 เหล็กแบน.....	10
รูปที่ 2.11 เหล็กโครงสร้างรูปตัวซี.....	11
รูปที่ 2.12 เหล็กรางน้ำ.....	11
รูปที่ 2.13 เหล็กกล่อง.....	12
รูปที่ 2.14 เหล็กฉาก.....	12
รูปที่ 2.15 ท่อเหล็กดำ และ ท่อเหล็กอาบสังกะสี.....	13
รูปที่ 2.16 มอเตอร์ AC ขนาดเล็ก.....	14
รูปที่ 2.17 สเต็ปป์มอเตอร์.....	15
รูปที่ 2.18 เซอร์โวมอเตอร์.....	15
รูปที่ 2.19 มอเตอร์ไร้แปรงถ่าน.....	16
รูปที่ 2.20 มอเตอร์ใช้แปรงถ่าน.....	16
รูปที่ 2.21 มอเตอร์เกียร์.....	17
รูปที่ 2.22 บี้มลมประเภทลูกสูบ (Piston Air Compressor).....	18
รูปที่ 2.23 บี้มลมประเภทไดอะเฟรม (Diaphragm Air Compressor).....	18
รูปที่ 2.24 บี้มลมประเภทสกรู (Screw Air Compressor).....	19
รูปที่ 2.25 บี้มลมประเภทใบพัดเลื่อน (Sliding Vane Rotary Air Compressor).....	19
รูปที่ 2.26 บี้มลมประเภทใบพัดหมุน (Roots Air Compressor).....	20
รูปที่ 2.27 บี้มลมประเภทใบพัดหมุน (Roots Air Compressor).....	20
รูปที่ 2.28 กระบอกสูบทำงานทางเดียว (Single Acting Cylinder).....	21
รูปที่ 2.29 กระบอกสูบสองทาง (Double Acting Cylinder).....	21
รูปที่ 2.30 กระสอบบรรจุอาหารสัตว์น้ำ.....	22
รูปที่ 2.31 การจัดเรียงตัวของกระสอบอาหารบนชั้นวาง.....	22
รูปที่ 2.32 รูปแบบการจัดเรียงตัวของกระสอบชั้นที่หนึ่ง.....	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 2.33	รูปแบบการจัดเรียงตัวของกระสอบชั้นที่สอง.....	23
รูปที่ 2.34	สายพานลำเลียงกระสอบอาหารขึ้นรถบรรทุก.....	23
รูปที่ 3.1	การแบ่งการเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารของชั้นที่หนึ่ง.....	25
รูปที่ 3.2	การแบ่งการเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารของชั้นที่สอง.....	25
รูปที่ 3.3	แสดงลำดับการเคลื่อนย้ายในชั้นที่หนึ่ง.....	26
รูปที่ 3.4	แสดงลำดับการเคลื่อนย้ายในชั้นที่สอง.....	26
รูปที่ 3.5	ทิศทางการหล่นของกระสอบชั้นที่หนึ่ง.....	27
รูปที่ 3.6	ทิศทางการหล่นของกระสอบชั้นที่สอง.....	27
รูปที่ 3.7	การใช้โปรแกรม solidwork ออกแบบโครงสร้างเครื่องจักร.....	28
รูปที่ 3.8	การเลือกคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการออกแบบ.....	29
รูปที่ 3.9	การกำหนดขนาดแรงและพื้นที่รับแรง.....	29
รูปที่ 3.10	แบบแปลนส่วนโครงสร้างหลักของเครื่องจักร.....	30
รูปที่ 3.11	แบบแปลนโครงสร้างส่วนบนของเครื่องจักร.....	30
รูปที่ 3.12	แบบแปลนร่างสำหรับกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่.....	31
รูปที่ 3.13	แบบแปลนส่วนฐานวางมอเตอร์.....	31
รูปที่ 3.14	แบบแปลนจุดเชื่อมต่อระหว่างเฟืองสะพานกับชุดผลักระสอบชั้นที่ 1.....	32
รูปที่ 3.15	แบบแปลนจุดเชื่อมต่อระหว่างเฟืองสะพานกับชุดผลักระสอบชั้นที่ 2.....	32
รูปที่ 3.16	แบบแปลนโครงสร้างชุดผลักระสอบ.....	33
รูปที่ 3.17	แบบแปลนแสดงการประกอบชั้นที่ 1.....	33
รูปที่ 3.18	แบบแปลนแสดงการประกอบชั้นที่ 2.....	34
รูปที่ 3.19	แบบแปลนแสดงการประกอบชั้นที่ 3.....	34
รูปที่ 3.20	แบบแปลนแสดงการประกอบชั้นที่ 4.....	35
รูปที่ 3.21	แบบแปลนแสดงการประกอบชั้นที่ 5.....	35
รูปที่ 3.22	แบบแปลนแสดงการประกอบชั้นที่ 6.....	36

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ของโรงงานอาหารสัตว์ภายในเครือเบทาโกรนั้นจะจัดจำหน่ายอยู่ใน 2 รูปแบบคือ อาหารสัตว์บรรจุกระสอบและอาหารที่ใส่รถบรรทุกโดยตรง ในส่วนของโรงงานสัตว์น้ำเบทาโกรลพบุรี 2 นั้นจะจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์อยู่ในรูปของอาหารสัตว์บรรจุกระสอบขนาด 20 กิโลกรัมแต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งในกระบวนการจัดจำหน่ายอาหารสัตว์น้ำบรรจุกระสอบของโรงงานอาหารสัตว์เบทาโกรลพบุรี 2 ในแต่ละครั้งจะประกอบไปด้วยขั้นตอน 5 ขั้นตอนคือ 1.รับใบรายการสั่งซื้อสินค้าจากผู้ซื้อสินค้า 2.พนักงานขับรถยกทำการค้นหาสินค้าตามรายการในใบสั่งซื้อ 3.เมื่อค้นหารายการสินค้าตามใบสั่งซื้อพบพนักงานขับรถยกจะยกสินค้านั้นมาวางที่แท่นสำหรับลำเลียงขึ้นรถบรรทุก 4.พนักงานจะทำการเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารสัตว์ตามจำนวนที่กำหนดในใบสั่งซื้อจากชั้นวางลงสู่สายพานลำเลียงขึ้นรถบรรทุก 5.พนักงานที่อยู่ท้ายรถบรรทุกจะทำการรับกระสอบอาหารที่ลำเรียงมาตามสายพานและจัดเรียงลงสู่รถบรรทุก ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทำงานของกระบวนการต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาในข้างต้นนั้นจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ที่จะจำหน่ายได้ในแต่ละวัน ดังนั้นหากเราสามารถทำให้เวลาที่ใช้ในขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการจัดจำหน่ายลดลงได้ก็จะส่งผลให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่จะจำหน่ายได้ในแต่ละวันเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ทำให้ทราบว่า ขั้นตอนที่ใช้เวลาในการทำงานเฉลี่ยมากที่สุดก็คือขั้นตอนที่พนักงานทำการเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารสัตว์ตามจำนวนที่กำหนดในใบสั่งซื้อจากชั้นวางลงสู่สายพานลำเลียงขึ้นรถบรรทุกเนื่องจากในขั้นตอนนี้เป็นงานที่ต้องใช้กำลังในการทำงานมากและต้องทำซ้ำอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน จึงทำให้พนักงานที่ทำงานในขั้นตอนนี้เกิดความเหนื่อยและถ้าจากการทำงานเป็นผลทำให้เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารในแต่ละชั้นวางเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ และอาจจะเป็นผลทำให้พนักงานเกิดการบาดเจ็บจากการทำงานหนัก หากเราสามารถนำเครื่องจักรเข้ามาใช้ทดแทนแรงงานคนในกระบวนการนี้จะส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารลดลงและเท่ากันในแต่ละชั้นวาง และยังเป็นการป้องกันการบาดเจ็บจากการทำงานอีกด้วย

ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงได้ทำการศึกษาและออกแบบระบบที่สามารถทำงานในขั้นตอนเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารสัตว์ตามจำนวนที่กำหนดในใบสั่งซื้อจากชั้นวางลงสู่สายพานลำเลียงขึ้นรถบรรทุกแทนแรงงานคน เพื่อทำให้เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารในแต่ละชั้นวางเท่ากัน และยังเป็นการป้องกันการบาดเจ็บจากการทำงาน

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบและสร้างระบบที่สามารถเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารสัตว์ขนาด 20 กิโลกรัม

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 เคลื่อนย้ายกระสอบอาหารขนาด 20 กิโลกรัม

1.3.2 ใช้พนักงานเพียง 1 คนในการขนย้ายกระสอบอาหาร 4 ช่องทางลำเลียง

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ขั้นตอนวางแผนงาน

(1) กำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขต วิธีการศึกษา และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

(2) ศึกษาวิธีการและข้อควรคำนึงถึงในการออกแบบเครื่องจักร

1.4.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

(1) ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเช่น รูปแบบการจัดวางตัวของกระสอบอาหารบนชั้นวาง ขนาดและรูปร่างของกระสอบอาหาร ความกว้างของสายพานลำเลียง

(2) กำหนดวิธีการเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารจากชั้นวางลงสู่สายพาน

(3) ทำการออกแบบเครื่องจักรที่สามารถทำงานสอดคล้องกับวิธีการที่กำหนดขึ้น

1.4.3 ขั้นสรุป และประเมินผลโครงการ

(1) ทำการสรุปรายการวัสดุ และอุปกรณ์ของเครื่องจักร

(2) คำนวณต้นทุนที่ใช้ในการสร้างเครื่องจักร และคำนวณจุดคุ้มทุน

(3) จัดทำสรุปเล่มโครงการ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้รับระบบที่สามารถเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารขนาด 20 กิโลกรัมจากชั้นวางลงสู่สายพาน

1.5.2 เพื่อเป็นแนวทางในการลดแรงงานคนในกระบวนการจำหน่ายผลิตภัณฑ์

1.5.3 เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนา ต่อยอดเครื่องจักรที่ใช้ในการลำเลียงกระสอบอาหาร

ต่อไป

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เฟืองและชนิดของเฟือง

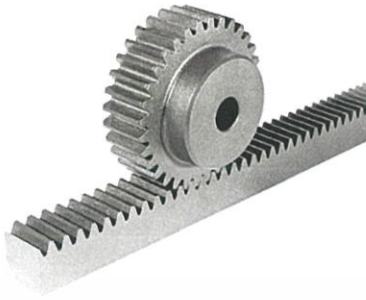
เฟือง (Gear) อุตสาหกรรม ใช้สำหรับการส่งกำลังในลักษณะของแรงบิด โดยการหมุนของตัวเฟืองที่มีฟันอยู่ในแนวรัศมี เหมาะสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมทุกชนิด เป็นเครื่องกลที่ทำงานโดยการหมุน ใช้ในการส่งกำลังในระยะสั้น ใช้สำหรับการส่งกำลังในลักษณะของแรงบิด (Torque) โดยการหมุนของตัวเฟืองที่มีฟันอยู่ในแนวรัศมี โดยการส่งกำลังจะสามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีฟันเฟืองตั้งแต่สองตัวขึ้นไป เป็นอุปกรณ์ที่มีความแข็งแรงสูงและมีความปลอดภัย แบ่งได้ 8 ประเภท

2.1.1 เฟืองตรง (Spur Gears) เป็นเฟืองที่มีใช้งานกันมากที่สุดในบรรดาเฟืองชนิดต่าง ๆ เป็นเฟืองที่มีฟันขนานกับแกนหมุนและใช้ในการส่งกำลังการหมุนจากเพลานึงไปยังอีกเพลานึง อัตราทด (Ratio) ของเฟืองแต่ละตัว เฟืองตรงส่วนมากจะนำมาใช้ในระบบส่งกำลัง (Transmission Component) แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 เฟืองตรง (Spur Gears)

2.1.2 เฟืองสะพาน (Rack Gears) หน้าที่ของเฟืองสะพานคือใช้ในการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่จากการเคลื่อนที่ในลักษณะการหมุนหรือการเคลื่อนที่เชิงมุมเป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือการเคลื่อนที่กลับไปกลับมา เฟืองสะพาน (Rack) มีลักษณะเป็นแท่งยาวตรง สามารถหมุนกลับลำตัวได้ประมาณ 90 องศา และมีฟันเฟืองอยู่ด้านบนขบอยู่กับส่วนที่เป็นฟันเฟือง (Gear) แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 เฟืองสะพาน (Rack Gears)

2.1.3 .เฟืองวงแหวน (Internal Gears) เป็นเฟืองตรงชนิดหนึ่ง มีรูปร่างลักษณะกลม เช่นเดียวกับเฟืองตรง แต่ฟันเฟืองจะอยู่ด้านบนของวงกลม และต้องใช้คู่กับเฟืองตรงที่มีขนาดเล็กกว่าขบอยู่ภายในเฟืองวงแหวน สำหรับอัตราทดนั้นสามารถออกแบบให้มากหรือน้อยได้โดยขึ้นอยู่กับขนาดของเฟืองตัวนอก (Ring) และเฟืองตัวใน (Pinion) โดยที่ถ้าหากเฟืองตัวในเล็กกว่าเฟืองตัวนอกมาก อัตราทดก็จะมากและถ้าหากเฟืองตัวในมีขนาดใกล้เคียงกับเฟืองตัวนอกอัตราทดก็จะน้อย โดยปกติของเฟืองวงแหวนแล้วเฟืองตัวเล็ก (Pinion Gear) ที่อยู่ด้านในจะทำหน้าที่เป็นตัวขับ แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 เฟืองวงแหวน (Internal Gears)

2.1.4 เฟืองเฉียง (Helical Gears) เป็นเฟืองส่งกำลังที่มีฟันเฉียงทำมุมกับแกนหมุน คล้ายเฟืองฟันตรง แต่มีเสียงที่เกิดจากการทำงานเบากว่าเฟืองฟันตรง ลักษณะแนวของฟันเฟืองจะไม่ขนานกับเพลลา โดยจะทำมุมเฉียงไปเป็นมุมที่ต้องการ โดยอาจจะเอียงไปทางซ้ายหรือเอียงไปทางขวาขึ้นอยู่กับลักษณะความต้องการในการใช้งาน แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 เฟืองเฉียง (Helical Gears)

2.1.5 เฟืองเฉียงก้างปลา (Herringbone Gears) เป็นเฟืองที่มีลักษณะคล้ายกับเฟืองตรงแต่ฟันของเฟืองจะเอียงสลับกันเป็นฟันปลา ทำให้เฟืองก้างปลาสามารถทำงานรับภาระ(Load) ได้มากกว่าเฟืองตรง ในขณะที่ความแรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในขณะที่ทำงานก็ยังคงน้อยเมื่อเทียบกับเฟืองตรง แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 เฟืองเฉียงก้างปลา (Herringbone Gears)

2.1.6 เฟืองดอกจอก (Bevel Gears) เป็นเฟืองที่มีการตัดฟันเฟือง ใช้สำหรับส่งกำลังจากเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่งที่ตัดกัน มุมระหว่างเพลาทั้งสองเป็นมุมระหว่างเส้นศูนย์กลางร่วมที่ตัดกัน ของฟันเฟือง มุมระหว่างเพลาประมาณ 90 องศา แต่ในหลาย ๆ การใช้งานของเฟืองชนิดนี้ อาจจะต้องการมุมระหว่างเพลาที่มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่ามุม 90 องศา ก็ได้ แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 เฟืองดอกจอก (Bevel Gears)

2.1.7 เฟืองตัวหนอน (Worm Gears) เป็นชุดเฟืองที่ประกอบด้วยเกลียวตัวหนอน (Worm) และเฟือง (Gear) เป็นเครื่องกลที่ทำงานโดยการหมุน แนวเพลลาขับ (Worm Shaft) และเพลลาตาม (Worm Wheel Shaft) ของเฟืองตัวหนอนจะทำมุมกันที่มุมฉาก 90 องศา การทำงานของเฟืองตัวหนอนจะเงียบและมีแรงสั่นสะเทือนเกิดขึ้นน้อย เนื่องจากการส่งถ่ายกำลังจากเฟืองขับไปยังเฟืองตามนั้นการส่งถ่ายกำลังจะเป็นไปในลักษณะของการลื่นไถล (Sliding) ในการส่งถ่ายกำลังของเฟืองตัวหนอนนั้นความเค้นที่เกิดขึ้นบนผิวฟันเฟืองจะมากกว่าเฟืองแบบเฟืองตรงหรือแบบเฟืองเฉียง แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 เฟืองตัวหนอน (Worm Gears)

2.1.8 เฟืองเกลียวสกรู (Spiral Gears) เป็นเฟืองเกลียวที่ใช้ส่งกำลังระหว่างเพลลาที่ทำมุมกัน 90 องศา การใช้งานเฟืองชนิดนี้ส่วนมากจะใช้ในการเปลี่ยนทิศทางในการส่งกำลังของเพลลา แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 เฟืองเกลียวสกรู (Spiral Gears)

การคำนวณอัตราทดของเฟืองสามารถ หาได้จากสมการที่ 2.1 ,2.2 และ 2.3

$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad (2.1)$$

$$i = \frac{d_2}{d_1} \quad (2.2)$$

$$i = \frac{T_1}{T_2} \quad (2.3)$$

เมื่อ i คือ อัตราทดเฟือง
 n_1, n_2 คือ ความเร็วรอบ (rpm)
 d_1, d_2 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของเฟือง (mm)
 T_1, T_2 คือ จำนวนฟันเฟือง

2.2 แรงบิดกับการเคลื่อนที่แบบหมุน

แรงบิด (Torque , T) หรือ โมเมนต์ของแรง (Moment of a force) คือ ความพยายามของแรงที่จะหมุนวัตถุรอบแกนหรือจุดหมุน หรือก็คือ โมเมนต์ของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบหมุน มีหน่วย Nm. เกิดจากผลคูณเชิงเวกเตอร์ของเวกเตอร์ตำแหน่ง r กับแรง F ดังสมการ 2.4

$$\tau = r \times F \quad (2.4)$$

เมื่อ	τ	คือ แรงบิด (Nm)
	r	คือ รัศมีการหมุนของวัตถุ (m)
	F	คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุในทิศตั้งฉากกับรัศมีของการหมุน (N)

2.3 การคำนวณขนาดมอเตอร์

การคำนวณหากำลังของมอเตอร์หาได้จากสมการที่ 2.5

$$P = \frac{\tau \times n}{95488} \quad (2.5)$$

เมื่อ	P	คือ กำลังของมอเตอร์ (kW)
	τ	คือ ทอร์กของแรง (Nm)
	n	คือ ความเร็วรอบ (rpm)

2.4 การคำนวณขนาดกระบอกลม

ในการหาขนาดกระบอกลมเพื่อนำไปใช้งานสามารถหาขนาดกระบอกลมได้จากการคำนวณจากสมการที่ 2.6 และสามารถหาได้จากตารางที่ 2.1

$$A = \frac{F}{P} \quad (2.6)$$

เมื่อ	A	คือ พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (cm ²)
	P	คือ แรงดันของลมอัด (kg/cm ²)
	F	คือ แรง (kg)

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการหาขนาดกะบอกกลมตามแรงดันที่ใช้งาน

กระบอกสูบ (mm)	ก้านสูบ (mm)	พื้นที่หน้าตัด (cm ²)		ความดันใช้งาน (kgf/cm ²)																	
				2		3		4		5		6		7		8		9		10	
		หัวลูกสูบ	สุทธิ	ตัน	ตั้ง	ตัน	ตั้ง	ตัน	ตั้ง	ตัน	ตั้ง	ตัน	ตั้ง	ตัน	ตั้ง	ตัน	ตั้ง	ตัน	ตั้ง	ตัน	ตั้ง
20	10	3.14	2.35	6.2	4.7	9.4	7.0	12	9.4	15	11	16	14	21	16	-	-	-	-	-	-
25	12	4.90	3.77	9.8	7.5	14	11	19	15	24	18	29	22	34	26	-	-	-	-	-	-
30	14	7.06	5.52	14	11	21	16	28	22	35	27	42	33	49	38	-	-	-	-	-	-
40	16	12.5	10.5	25	21	37	31	50	42	62	52	75	63	87	73	-	-	-	-	-	-
50	20	19.6	16.4	39	32	58	49	78	65	96	82	117	96	137	115	-	-	-	-	-	-
63	20	31.1	28.0	52	58	84	124	112	155	140	187	168	218	198	-	-	-	-	-	-	-
12	6	1.13	0.84	2.2	1.5	3.3	2.5	4.5	3.3	5.6	4.2	5.7	5	7.9	5.8	9	6.7	10	7.5	11	8.4
16	6	2.01	1.72	4.0	3.4	6.0	5.1	9.0	6.8	10	9.6	12	10	14	12	16	13	18	15	20	17
20	8	3.14	2.63	8.2	5.2	9.4	7.9	12	10	15	13	18	15	21	18	25	21	28	23	31	26
25	10	4.90	4.12	9.8	9.2	14	12	15	16	24	20	29	24	34	28	39	32	44	37	49	41
32	12	8.04	6.31	16	13	24	20	32	27	40	34	48	41	56	48	64	55	72	62	80	69
40	14	12.5	11.0	25	22	37	33	50	44	62	55	75	66	87	77	100	88	113	99	125	110
32	12	8.04	8.91	26	13	24	20	32	27	40	34	48	41	56	48	64	55	72	62	80	69
40	16	12.5	10.5	25	21	31	31	50	42	62	52	75	63	87	73	100	84	113	95	125	105
50	22	19.6	15.8	39	31	58	47	78	63	96	79	117	96	137	110	157	126	176	142	196	158
63	22	31.1	27.3	62	54	93	82	124	109	155	136	187	164	218	191	249	218	280	246	311	273
80	25	50.2	45.3	100	90	150	136	201	191	251	255	301	272	351	317	407	362	452	408	502	452
100	25	78.5	73.6	157	147	235	220	314	294	392	368	471	441	549	515	628	589	700	662	785	736
32	12	8.04	6.91	16	13	24	20	37	27	40	34	48	41	56	48	64	55	72	62	80	69
40	16	12.5	10.5	25	21	37	31	50	42	62	52	75	63	87	73	100	84	113	95	125	105
50	22	19.6	15.8	39	31	58	47	78	63	96	79	117	96	137	110	157	126	176	147	196	158
63	22	31.1	27.3	62	54	93	82	124	109	155	136	187	164	218	191	249	218	280	245	311	273
80	25	50.2	45.3	100	90	150	136	201	191	251	255	301	272	351	317	407	362	452	408	502	453
100	25	78.5	73.6	157	147	235	220	314	294	392	368	471	441	549	515	628	589	700	662	785	736
32	12	8.04	6.91	16	13	24	20	32	27	40	34	48	41	56	48	64	55	72	62	80	69
40	16	12.5	10.5	25	21	37	31	50	42	62	52	75	63	87	73	100	84	113	95	125	105
50	22	19.6	15.8	39	31	58	47	78	63	96	79	117	96	137	110	157	126	176	147	196	158
63	22	31.1	27.3	62	54	93	82	124	109	155	136	187	164	218	191	249	218	280	245	311	273
80	25	50.2	45.3	100	90	150	136	201	191	251	255	301	272	351	317	407	362	452	408	502	453
100	25	78.5	73.6	157	147	235	220	314	294	392	368	471	441	549	515	628	589	700	662	785	736
32	12	8.04	6.91	16	13	24	20	32	27	40	34	48	41	56	48	64	55	72	62	80	69
40	16	12.5	10.5	25	21	37	31	50	42	62	52	75	63	87	73	100	84	113	95	125	105
50	22	19.6	15.8	39	31	58	47	78	63	96	79	117	96	137	110	157	126	176	147	196	158
63	22	31.1	27.3	62	54	93	82	124	109	155	136	187	164	218	191	249	218	280	245	311	273
80	25	50.2	45.3	100	90	150	136	201	191	251	255	301	272	351	317	407	362	452	408	502	453
100	25	78.5	73.6	157	147	235	220	314	294	392	368	471	441	549	515	628	589	700	662	785	736
125	32	122.7	114.5	245	229	368	344	490	458	613	579	735	686	869	802	981	917	1107	1032	1227	1146
140	40	153.9	141.3	307	292	461	424	515	555	799	706	923	848	1077	989	1231	1130	1365	1272	1539	1413
160	40	201.3	186.4	402	375	603	565	694	763	1005	942	1206	1130	1407	1310	1608	1507	1809	1695	2010	1864
180	40	264.4	241.8	508	483	763	725	1017	967	1272	1209	1526	1451	1781	1693	2035	1935	2290	2177	2544	2418
200	40	314.4	301.5	628	603	942	904	1256	1206	1570	1507	1884	1809	2199	2111	2513	2412	2827	2714	3141	3015
250	45	490.9	474.9	961	949	1472	1424	1993	1899	2454	2374	2944	2849	3436	3324	3926	3799	4417	4274	4908	4745
280	50	615.7	591.1	1231	1182	1847	1847	2482	2364	3078	2965	3694	3546	4310	4137	4926	4728	5541	5320	6157	5911
320	56	804.2	779.6	1608	1559	2412	2412	3216	3118	4021	3898	4825	4677	5829	5457	6433	6236	7238	7016	8042	7796
360	71	1017.6	976.2	2035	1959	3053	3053	4071	3913	5089	4891	6107	5869	7125	6847	8143	7826	9180	8801	10176	9762
400	71	1256.5	1217.0	2513	2434	3769	3769	5026	4868	6283	6065	7539	7302	8796	8519	10053	9736	11309	10053	12565	12170

ที่มา : http://www.msfluid.co.th/contentr_cylinder.html

2.5 เหล็กรูปพรรณ

เหล็กรูปพรรณ เป็นเหล็กชนิดหนึ่งที่มีการแปรรูปออกมาเป็นเหล็กชนิดอื่น ๆ หรือเป็นวัสดุรูปทรงต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งาน ถ้าหากต้องการอธิบายให้เห็นภาพ เหล็กรูปพรรณก็เหมือนกับทองคำ ทองคำตามธรรมชาติจะมีลักษณะเป็นก้อนที่ไม่มีรูปทรง เมื่อต้องการนำมาทำเป็นทองคำแท่ง หรือทำเป็นเครื่องประดับ เช่น สร้อยคอ กำไล แหวน ก็จะต้องมีการแปรรูปทองให้ออกมาตามลักษณะนั้น ๆ เหล็กรูปพรรณเองก็เช่นกัน โดยลักษณะของการแปรรูปเหล็กรูปพรรณที่สามารถพบเห็นได้บ่อยที่สุด มีดังต่อไปนี้

2.5.1 เหล็กแผ่น เหล็กแผ่น มีทั้งแบบแผ่นดำ และแผ่นขาว แต่ส่วนใหญ่มักจะมีการใช้เหล็กแผ่นดำมากกว่า สำหรับความแตกต่างของเหล็กแผ่นดำและเหล็กแผ่นขาวนั้น อยู่ที่ขนาดของมัน โดยเหล็กแผ่นดำจะมีขนาดตั้งแต่ 4x8 ฟุต จนถึง 5x20 ฟุต แต่ถ้าหากเป็นเหล็กแผ่นขาว จะมีขนาดเดียวคือขนาด 4x8 ฟุต ซึ่งเป็นขนาดที่เล็กที่สุดของเหล็กแผ่นดำ แต่ในส่วนของความหนานั้น มีให้เลือกหลายขนาดไม่ต่างกันเลย เหล็กแผ่นดำจะมีชื่อเรียกอีกมากมาย เช่น เหล็กแผ่น (เรียกแบบโดยตรง) เหล็ก Plate และในปัจจุบันนี้ก็มีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เหล็กแผ่นถูกผลิตขึ้นมาอีก 1 แบบ ซึ่งก็คือเหล็กแผ่นแบบลาย ถ้าใครนึกไม่ออกว่าแผ่นเหล็กกลายเป็นอย่างไร ให้นึกถึงสะพานลอยที่มีการปูพื้นด้วยเหล็กแล้วมีลวดลายที่พื้นเหมือนรูปกากบาท นั่นคือเหล็กแผ่นลายที่เรากำลังกล่าวถึงอยู่ เหล็กแผ่น มักจะนิยมนำไปใช้กับงานโครงสร้างอาคาร งานโครงสร้างรถยนต์ และงานปูพื้นโรงงานอุตสาหกรรม แสดงดังรูปที่ 2.9



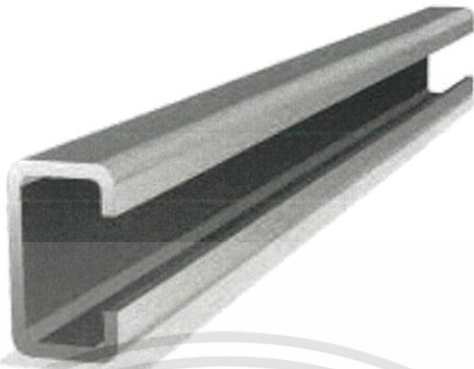
รูปที่ 2.9 เหล็กแผ่น

2.5.2 เหล็กแบน เป็นเหล็กที่มีลักษณะคล้ายกับเหล็กแผ่น แต่แตกต่างกันที่ความหนาและความยาว เหล็กแบนที่นิยมใช้กันมีขนาดอยู่ที่ ยาว 6 เมตร หนา 3 มิลลิเมตร และมีหน้ากว้าง 25 มิลลิเมตร แต่อาจจะสั่งทำให้มีขนาดหนาหรือหน้ากว้างตามที่ต้องการได้ สำหรับเหล็กแบน มีชื่อเรียกอื่น ๆ อีก คือ Flat Bars หรือ F/B เหล็กแบนนิยมนำไปใช้กับงานก่อสร้าง นำไปทำงานเชื่อม เช่น งานฝาตะแกรง งานเหล็กตัด งานแหวนรถยนต์ เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 2.10



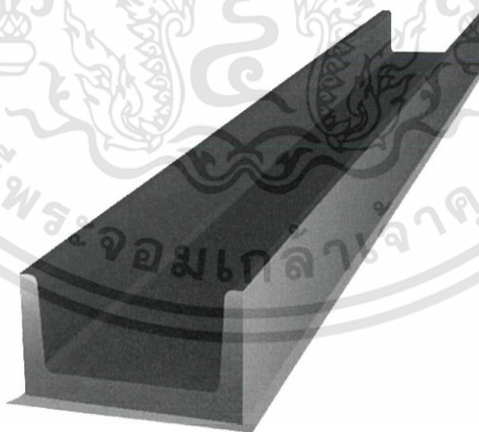
รูปที่ 2.10 เหล็กแบน

2.5.3 เหล็กโครงสร้างรูปตัวซี (Lip Channel) หรือที่เหล่าวิศวกรมักจะเรียกสั้น ๆ ว่าเหล็กตัวซี สาเหตุที่เรียกว่าตัวซี ก็เพราะว่ามีการขึ้นเหล็กรูปพรรณให้เป็นรูปตัวซี (มองจากด้านข้าง) นิยมนำไปใช้กับงานโครงสร้างอาคารใหญ่ ๆ รวมถึงงานสะพาน และงานอาคารสูง คนทั่วไปที่ไม่ได้อยู่ในแวดวงวิศวกรรม อาจเกิดความสับสนระหว่างเหล็กตัวซี และเหล็กรางน้ำได้ แสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 เหล็กโครงสร้างรูปตัวซี (Lip Channel)

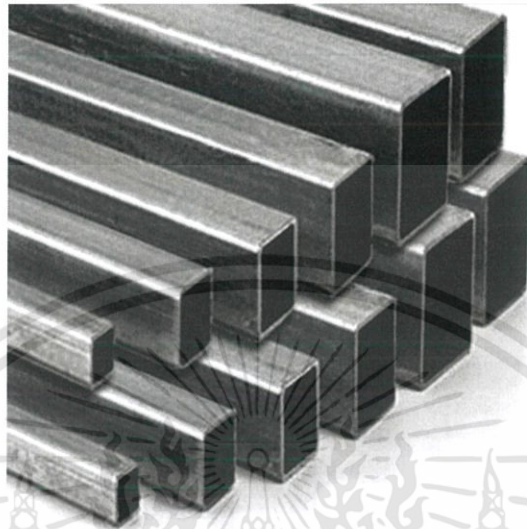
2.5.4 เหล็กทรงน้ำ (CHANNEL) อย่างที่ได้กล่าวไปแล้วว่ามีลักษณะคล้ายกับเหล็กตัวซี แต่ถ้าหากพิจารณาให้ดี ๆ ก็ยังพอจะเห็นความแตกต่างได้อยู่บ้าง การที่เรียกว่าเหล็กทรงน้ำ ก็เพราะมีลักษณะคล้ายกับรางน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อการระบายน้ำออก แต่ไม่ได้แปลว่าจะนำไปใช้กับงานที่เกี่ยวข้องกับน้ำเลย เหล็กทรงน้ำนิยมนำไปใช้กับงานโครงสร้างใหญ่ ๆ ที่ต้องมีการรับน้ำหนักมาก เช่น งานเสาตอม่อ งานสะพานข้ามแม่น้ำ หรือสะพานข้ามแยก รวมถึงงานหลังคา แสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 เหล็กทรงน้ำ (CHANNEL)

2.5.5 เหล็กกล่อง ในทางวิศวกรรมมักจะเรียกว่าเหล็กแป๊บ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือเหล็กแป๊บสี่เหลี่ยม(เหล็กแป๊บ) และเหล็กแป๊บสี่เหลี่ยมแบน (แป๊บแบน) สาเหตุที่เรียกว่าเหล็กกล่อง เพราะถ้ามองจากหน้าตัด หรือมองจากด้านข้าง จะมีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมที่ด้านในกลวงและยาวไปตลอดเส้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็ก เหล็กแป๊บเป็นเหล็กที่มีขนาดเบา แต่แข็งแรง นิยมนำไปใช้ในงานก่อสร้างทั่วไปเพื่อแทนการใช้ไม้หรือการทำงานโครงสร้างที่มีน้ำหนักไม่มากจนเกินไป เช่น งานนั่งร้าน งานแปหลังคา เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 เหล็กกล่อง

2.5.6 เหล็กฉาก หรือในทางวิศวกรรมเรียกว่า เหล็กตัวแอล เหล็กชนิดนี้เป็นเหล็กที่มีความสำคัญในงานโครงสร้างเหล็กเป็นอย่างมาก นิยมใช้กับงานโครงสร้างหลังคา งานโกดัง นอกจากนี้แล้ว ยังมีการขึ้นรูปของเหล็กรูปพรรณเพื่อให้กลายเป็นเหล็กฉากขนาดเล็กที่สามารถนำมาใช้กับโครงสร้างเบาหรือโดยสามารถประจำทางขนาดใหญ่อีกด้วย แสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 เหล็กฉาก

2.5.7 ท่อเหล็กดำ และ ท่อเหล็กอบสังกะสี ทั้งสองชนิดนี้เป็นเหล็กที่มีลักษณะเป็นท่อเหมือนกัน แต่แตกต่างกันที่คุณสมบัติโดยท่อเหล็กดำนั้น จะมีความหนาหลายประเภทให้เลือก ขึ้นอยู่กับว่าต้องการใช้งานที่ความหนาเท่าใด ส่วนท่อเหล็กอบสังกะสี หรือที่ทางวิศวกรรมเรียกว่า ท่อ GSP จะมีความหนาเพียงอย่างเดียวภายใน 1 ขนาด (ท่อ GSP มีหลายขนาด) ยกตัวอย่างเช่น ท่อเหล็กอบสังกะสีขนาด 1 นิ้ว มีความหนาอยู่ที่ 2.6 มิลลิเมตร โดยไม่มีความหนาอื่นอีก ในส่วนนี้ขออธิบายเพิ่มเติมว่า ท่อ GSP นั้นจะแบ่งเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นการเคลือบ 3 ชั้นคือ BS-S (คาสต์เหลือง), BS-M (คาสต์น้ำเงิน), BS-H (คาสต์แดง) ซึ่งความหนาในแต่ละชั้นก็จะต่างกันไป เช่น ท่อขนาด 1 นิ้ว มีความหนาอยู่ที่ 2.6 มิลลิเมตร ขณะที่ท่อแบบ BS-S จะหนา 3.2 มิลลิเมตร และท่อ BS-M หนา 4.0 มิลลิเมตร เป็นต้น ท่อทั้ง 2 ชนิดนิยมนำไปใช้ในงานเดินประปา งานโครงหลังคา และงานนอกสถานที่ เนื่องจากมีความทนทาน ไม่ทำให้เกิดสนิมได้ง่าย และมีความแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักได้พอสมควร แสดงดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ท่อเหล็กดำ และ ท่อเหล็กอาบสังกะสี

2.5.8 เกรดหรือชั้นคุณภาพของเหล็กรูปพรรณ

เกรดของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน เป็นตัวระบุความแข็งแรงของเนื้อเหล็ก เหล็กที่ใช้งานโครงสร้างมีความต้านแรงดึง (Tensile Strength) ในระดับ 400 N/mm² ขึ้นไป เช่น ASTM A36, JIS/TIS SS400, SM400 เป็นต้น

วิศวกรบางท่านอาจคุ้นเคยกับเหล็ก ASTM A36 เนื่องจากมีในตำราออกแบบที่มีพื้นฐานจากต่างประเทศ แต่ไม่สามารถหาได้ในท้องตลาดจึงมักเกิดปัญหาในการใช้งาน ดังนั้นการออกแบบในปัจจุบันจึงต้องใช้เหล็กตามมาตรฐาน TIS 1227-2539 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้กับเหล็กที่มีจำหน่ายในประเทศ

ผู้ใช้งานสามารถทราบคุณสมบัติของเหล็กที่นำมาใช้งานได้จากเอกสาร Mill Certificate ที่ออกโดยผู้ผลิตและที่ตัวเหล็กแต่ละท่อนมีสติ๊กเกอร์ระบุเกรด Heat no. รวมทั้งซีบ่งเกรดเป็นตัวบ่งชี้ว่าอย่างไร เพื่อให้ผู้ใช้ตรวจสอบชั้นคุณภาพได้สำหรับงานที่ต้องการลดน้ำหนักของโครงสร้างเพื่อความสะดวกในระหว่างการก่อสร้างและเพิ่มพื้นที่การใช้อาคาร จะใช้เกรดสูงหรือ High-Strength ซึ่งมีความต้านแรงดึงตั้งแต่ 490N/mm² เช่น ASTM A572, ASTM A992, JIS/TIS SM490, SM520 เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีเกรดเฉพาะงาน เช่น โครงสร้างในทะเล แท่นขุดเจาะก๊าซธรรมชาติในทะเล ที่ต้องใช้เหล็กโครงสร้างเกรดสูง และมีความต้านแรงกระแทกที่อุณหภูมิต่ำมาก คือ -20 °C, -40 °C ซึ่งการผลิตและทดสอบก็จะเข้มงวดยิ่งขึ้น

2.5.9 คุณสมบัติทางกลของเหล็กรูปพรรณเกรด ss400

คุณสมบัติทางกลต่าง ๆ ของเหล็กรูปพรรณเกรด ss400 มีค่าดังนี้

- Density = 7860 (kg/m³)
- Young's Modulus = 190-210 (GPa)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

- Tensile Strength = 400 – 510 (MPa)
- Yield Strength = 205-245 (MPa)
- Poisson's ratio = 0.26
- Brinell Hardness (HB) = 160
- Melting point = 1430 ($^{\circ}\text{C}$)

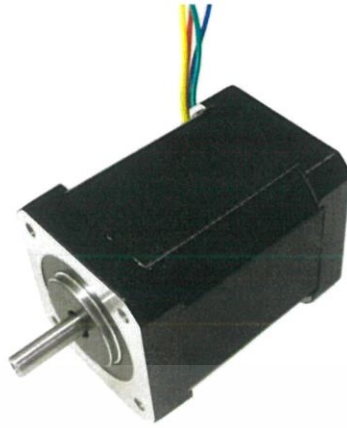
2.6 มอเตอร์ประเภทต่าง ๆ และการใช้งาน

2.6.1 มอเตอร์ AC ขนาดเล็ก คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) หรือเรียกว่า เอ. ซี มอเตอร์ (A.C. MOTOR) เป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้กันอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากราคาไม่แพง และบำรุงรักษาง่าย จึงทำให้มอเตอร์ AC ถูกนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง แสดงดังรูปที่ 2.16



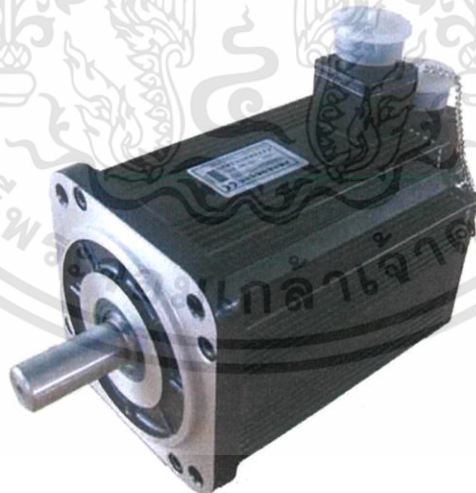
รูปที่ 2.16 มอเตอร์ AC ขนาดเล็ก

2.6.2 สเต็ปป์มอเตอร์ เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนด้วยพัลส์ โดยจะขับเคลื่อนไปในลักษณะเป็นสเต็ปไม่ต่อเนื่องกัน ซึ่งต่างจากมอเตอร์ทั่วไปซึ่งจะขับเคลื่อนไปแบบต่อเนื่องในปัจจุบัน สเต็ปป์มอเตอร์ได้ถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย เนื่องจากใช้งานง่าย เพียงแค่ต่อร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ อีกเล็กน้อยเท่านั้นซึ่งการเลือกใช้สเต็ปมอเตอร์ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงาน โดยพิจารณาจากPhase, ขนาดของมอเตอร์, แรงบิด (Torque), กระแสมอเตอร์, งบฯ เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 สเต็ปปีงมอเตอร์

2.6.3 เซอร์โวมอเตอร์ หรือที่เรียกกันว่า มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการระบบทำงานของเครื่องจักรให้เป็นไปตามต้องการ คุณสมบัติของเซอร์โวมอเตอร์สามารถควบคุมความเร็ว ควบคุมแรงบิด และควบคุมตำแหน่งทิศทางในการเคลื่อนที่ (Position control) เซอร์โวมอเตอร์ถูกใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจาก มีอัตราการเร่งที่ดี ตอบสนองได้รวดเร็ว ขอบเขตการควบคุมกว้าง และความเร็วในการหมุนคงที่ ซึ่งการที่จะทำให้เซอร์โวมอเตอร์ทำงานได้อย่างสมบูรณ์ จะต้องมียังองค์ประกอบคือ Controller, Servo driver controller และ Servo motor แสดงดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 เซอร์โวมอเตอร์

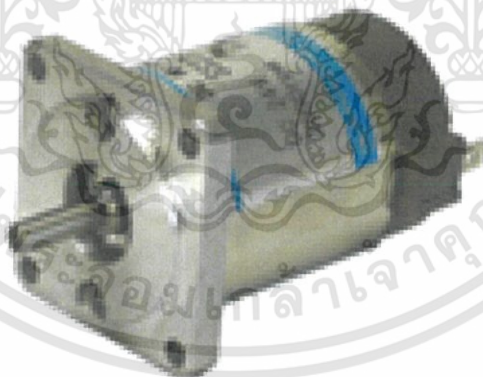
2.6.4 มอเตอร์ไร้แปรงถ่าน (Brushless motor) มักใช้กันอย่างแพร่หลายมากกว่ามอเตอร์ใช้แปรงถ่าน การทำงานของมอเตอร์ชนิดนี้จะใช้ขั้วแม่เหล็กเป็นตัวหมุน โดยขดลวดจะอยู่กับที่กระแสไฟฟ้าวิ่งเข้าสู่ขดลวดโดยตรงโดยไม่ต้องผ่านตัวแปรงถ่านจนเกิดเป็นแรงเหนี่ยวนำทำให้ขั้วแม่เหล็กตรงกลางขับเคลื่อนได้

ข้อดีมอเตอร์ไร้แปรงถ่านคือ มีความทนทานสูงอายุการใช้งานยาวนานมีประสิทธิภาพสูง ประหยัดไฟ ส่วนข้อเสีย คือ มีราคาแพงกว่ามอเตอร์แบบใช้แปรงถ่าน และมีวิธีการใช้งานที่ยุ่งยากกว่า แสดงดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 มอเตอร์ไร้แปรงถ่าน

2.6.5 มอเตอร์ใช้แปรงถ่าน การทำงานของมอเตอร์ใช้แปรงถ่าน (Brushed motor) ใช้แกนอาร์มาเจอร์เป็นตัวหมุนโดยจะมีขดลวดพันอยู่บนแกนนี้ โดยจะมีตัวแปรงถ่านเป็นตัวรับไฟคอยสับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟให้กับขดลวดเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กที่เหมาะสม ข้อดีของมอเตอร์ใช้แปรงถ่านคือ มีราคาถูกกว่ามีแรงบิดที่สูงกว่ามอเตอร์ใช้แปรงถ่าน การใช้งานไม่ยุ่งยาก ข้อเสีย คือ กินไฟสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเนื่องจากตัวแปรงถ่านมีการสึกหลอต้องมีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ แสดงดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 มอเตอร์ใช้แปรงถ่าน

2.6.6 มอเตอร์เกียร์ คือ มอเตอร์เหนี่ยวนำที่นำมาประกอบกับเกียร์ทดเพื่อลดความเร็วลง มอเตอร์เกียร์เป็นอุปกรณ์ระบบส่งกำลังที่นิยมใช้งานอย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรม เช่น ใช้เป็นต้นกำลังหลักในงานระบบสายพานส่งสินค้า มักจะใช้มอเตอร์เกียร์เข้ามาเป็นส่วนประกอบเพื่อลดความเร็วของ

สายพานได้ตามที่ต้องการหรือใช้ในการควบคุมงานเครื่องจักรต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพ นอกจากในโรงงานอุตสาหกรรมแล้วมอเตอร์เกียร์ยังถูกนำไปใช้งานเครื่องจักรที่เกี่ยวกับเกษตรต่างๆ อีกด้วย แสดงดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 มอเตอร์เกียร์

2.7 ระบบนิวเมติก

นิวเมติก (Pneumatics) เป็นสาขาวิชาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาและประยุกต์การใช้อากาศอัดให้เครื่องกลขับเคลื่อนคำว่า นิวเมติก มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกโบราณ คำว่า “Pneuma” หมายถึง ก๊าซที่มองไม่เห็น ในปัจจุบันเป็นที่ทราบกันว่า ระบบนิวเมติกจะหมายถึง ระบบที่ใช้อากาศอัดและส่งไปตามท่อทาง อากาศอัดดังกล่าวคือตัวกลางในการส่งถ่ายกำลังของไหลให้เป็นพลังงานกล จากนั้นจึงใช้พลังงานกลดังกล่าวไปใช้งาน เช่น การทำให้กระบอกสูบหรือมอเตอร์ลมทำงาน และตัวอย่างของการนำพลังงานดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ ได้แก่ งานบรรจุหีบห่อสินค้า งานขนถ่ายวัสดุ เครื่องมือกลที่ใช้พลังงานลมในการขับเคลื่อน การจับยึดเพื่อเจาะชิ้นงาน และการประทับตราลงบนตัวชิ้นงาน

2.7.1 ปัมลม (Air Compressor) ทำหน้าที่ในการอัดลมให้มีแรงดันสูงตามที่ต้องการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์และประยุกต์ใช้ได้หลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นระบบลมในโรงงานอุตสาหกรรมตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ การใช้งานระบบนิวเมติกส์ในอุตสาหกรรมเล็ก ๆ ยกตัวอย่างเช่น อู่ซ่อมรถยนต์ ร้านซ่อมรถจักรยานยนต์ ส่วนใหญ่จะใช้เป็นปัมลมประเภทลูกสูบ ที่มีการใช้ปริมาณลมน้อยและแรงดันลมไม่สูง ปัมลมประเภทลูกสูบจึงเหมาะกับอุตสาหกรรมเล็ก ๆ ส่วนเครื่องปัมลมที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนมากแล้วจะใช้เป็นปัมลมประเภทโรตารีสกู ที่ให้ปริมาณลมที่มากและยังสามารถทำความดันลมได้สูงถึง 13 บาร์ ปัมลมแบ่งออกเป็น 6 ประเภทด้วยกัน ได้แก่

2.7.1.1 ปัมลมประเภทลูกสูบ (Piston Air Compressor) หลักการทำงานของปัมลมลูกสูบ ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังมาขับเคลื่อนลูกสูบให้เคลื่อนที่ขึ้นลง ทำให้เกิดแรงดูดและอัดอากาศภายใน

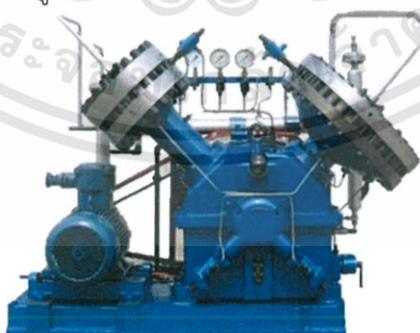
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบอกสูบ โดยมีวาล์วทางด้านดูดและวาล์วทางออกทำงานสัมพันธ์กัน ถือเป็นปั๊มลมที่นิยมใช้งานมากที่สุดด้วยความเหมาะสมต่อการใช้งานและราคาที่ไม่สูงมากนักและยังสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกอีกด้วย โดยปั๊มลมชนิดนี้สามารถสร้างความดันหรือแรงดันลมได้ตั้งแต่ 1 bar ไปจนถึง 1,000 bar เลยทีเดียว โดยแรงอัดจะขึ้นอยู่กับจำนวนชั้นของการอัด ยิ่งชั้นในการอัดมากก็จะสามารถสร้างแรงอัดได้สูงขึ้นตามไปด้วยนั่นเอง สำหรับปั๊มลมหรือเครื่องอัดลมแบบลูกสูบ ยังแบ่งออกเป็นประเภทย่อย ๆ ได้อีกอย่างเช่น Booster Air Compressor, High Pressure Air Compressor ปั๊มลมแรงดันสูงแต่ให้เสียงที่เงียบ เพราะโดยปกติแล้วปั๊มลมประเภทลูกสูบนี้นั้นจะมีข้อเสียอย่างหนึ่งคือเสียงดังขณะเครื่องทำงาน ดังแสดงในภาพที่ 2.22



รูปที่ 2.22 ปั๊มลมประเภทลูกสูบ (Piston Air Compressor)

2.7.1.2 ปั๊มลมประเภทไดอะแฟรม (Diaphragm Air Compressor) ปั๊มลมประเภทไดอะแฟรม เป็นปั๊มลมที่ใช้หลักการทำงานคล้ายระบบลูกสูบแต่จะมีแผ่นไดอะแฟรมเป็นตัวกั้นไม่ให้อากาศสัมผัสกับลูกสูบ ทำให้ลมที่ถูกดูดเข้าไปในปั๊มหรือเครื่องอัดลมจะไม่โดนหรือสัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะ ส่วนลมที่ได้ก็ จะไม่มีการผสมกับน้ำมันหล่อลื่นสามารถสร้างแรงดันได้สูงคล้ายปั๊มลูกสูบขึ้นอยู่กับการออกแบบชั้นในการอัด ปั๊มลมชนิดนี้ ก็มีข้อดีอยู่เหมือนกันคือลมที่ได้ออกมาจะเป็นลมที่สะอาดไม่มีอะไรปนเปื้อน จึงมีการนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเฉพาะด้าน เช่น อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมอาหาร ใช้ปั๊มเพื่อส่งสารเคมีต่างๆ เป็นต้น ข้อดีอีกอย่างคือมีเสียงที่เงียบกว่าปั๊มลมแบบลูกสูบ เหมาะกับอุตสาหกรรมที่ต้องการความเงียบและเสียงรบกวนน้อย ดังแสดงในรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 ปั๊มลมประเภทไดอะแฟรม (Diaphragm Air Compressor)

2.7.1.3 ปั๊มลมประเภทสกรู (Screw Air Compressor) ปั๊มลมประเภทสกรู เป็นที่นิยมในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป เพราะเครื่องปั๊มลม หรือ Air Compressor ประเภทนี้จะให้การผลิตลมที่มีคุณภาพสูง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังในการหมุนเพลาสกรู 2 ตัวให้หมุนเข้าหากันทำให้เกิดแรงอัด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศขึ้นมา เครื่องอัดลมแบบสกรูจะได้ปริมาณลมที่สม่ำเสมอกว่าแบบลูกสูบและ ทั้งนี้ปริมาณลมและแรงดันลมขึ้นอยู่กับกำลังของมอเตอร์และการออกแบบชุดสกรู ยิ่งกำลังสูงตัวเครื่องอัดอากาศก็จะสามารถผลิตปริมาณอากาศได้มากและมีขนาดที่ใหญ่ตามด้วย เครื่องบีบลมหรือเครื่องอัดอากาศประเภทนี้สามารถจ่ายลม 170 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที และยังสามารถทำความดันได้สูงถึง 13 บาร์เลยทีเดียว ดังแสดงในภาพ 2.24



รูปที่ 2.24 บีบลมประเภทสกรู (Screw Air Compressor)

2.7.1.4 บีบลมประเภทใบพัดเลื่อน (Sliding Vane Rotary Air Compressor) บีบลมประเภทใบพัดเลื่อน จุดเด่นของบีบลมประเภทนี้คือการที่เครื่องหมุนเรียบให้ความสม่ำเสมอ ทำให้อากาศที่ออกมามีแรงดันที่คงที่ เหมาะกับโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการแรงลมที่สม่ำเสมอและคงที่ เครื่องบีบลมประเภทนี้จะไม่มีการลั่นหรือวาล์วในการเปิดปิดในพื้นที่จำกัดทำให้ไวต่อความร้อน สามารถกระจายแรงลมได้ 4 – 100 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ความดันของลมอยู่ที่ 4 – 10 บาร์ ดังแสดงในภาพ 2.25



รูปที่ 2.25 บีบลมประเภทใบพัดเลื่อน (Sliding Vane Rotary Air Compressor)

2.7.1.5 บีบลมประเภทใบพัดหมุน (Roots Air Compressor) บีบลมประเภทใบพัดหมุน ลักษณะของบีบลมประเภทนี้จะมีใบพัดหมุน 2 ตัว เมื่อโรเตอร์ 2 ตัวทำการหมุน จะทำให้ลมถูกดูดเข้าไปจากฝั่งหนึ่งไปอีกฝั่งหนึ่ง โดยอากาศที่ถูกดูดเข้าไปนั้นจะไม่มี การเปลี่ยนปริมาตร ทำให้อากาศที่ไม่ถูกบีบหรืออัดตัว แต่อากาศจะมีการอัดตัวตอนที่เข้าไปเก็บในถังลม บีบลมประเภทนี้ต้องอาศัยการระบายความร้อนและอุณหภูมิที่ดี ไม่มีลั่น ไม่ต้องการหล่อลื่นขณะทำงาน และมีต้นทุนการผลิตที่สูง ลักษณะการทำงาน

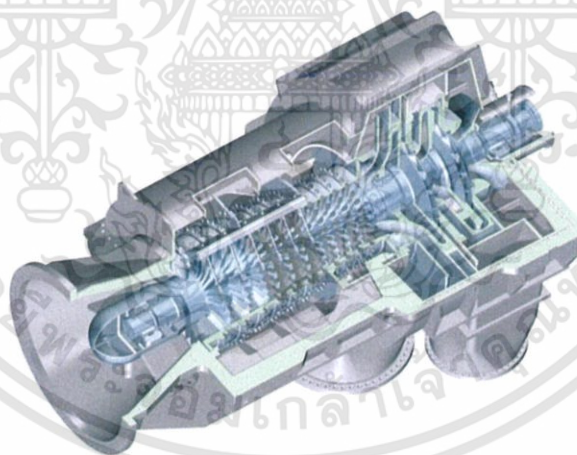
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ของปั๊มลมแบบใบพัดหมุน จะใช้ใบพัดหมุน 2 ตัวทำการหมุน ทำให้มีการดูดอากาศจากทางช่องลมเข้าผ่านเข้าใบพัดที่ 1 แล้วส่งต่อไปพัดที่ 2 แล้วผ่านไปฝั่งลมออก โดยไม่ทำให้อากาศถูกบีบตัวหรืออัดตัว ดังแสดงในภาพ 2.26



รูปที่ 2.26 ปั๊มลมประเภทใบพัดหมุน (Roots Air Compressor)

2.7.1.6 ปั๊มลมประเภทใบพัดหมุน (Roots Air Compressor) ปั๊มลมประเภทกังหัน เป็นปั๊มลมอีกประเภทหนึ่งที่มีการจ่ายอัตราลมที่มาก เนื่องจากลักษณะจะเป็นใบพัดกังหันดูดลมเข้าจากอีกด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง ตามแกนด้วยการหมุนที่มีความเร็วสูง และลักษณะของใบพัดก็เป็นส่วนสำคัญเรื่องอัตราการจ่ายลม สามารถกระจายแรงลมได้ตั้งแต่ 170 – 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที



รูปที่ 2.27 ปั๊มลมประเภทใบพัดหมุน (Roots Air Compressor)

2.7.2 กระบอกลม (Pneumatic Air Cylinder) คือ กระบอกลม หรือเรียกอีกชื่อว่า Actuator อุปกรณ์ที่ใช้ลมทำให้ก้านกระบอกลม เคลื่อนที่ไปในแนวเส้นตรง หรือหมุน 90, 180, 270 หรือ 360 องศา อุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานในรูปแบบความดันลมให้เป็นพลังงานกลในรูปแบบของการเคลื่อนที่ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

2.7.2.1 กระบอกสูบทำงานทางเดียว (Single Acting Cylinder) กระบอกสูบแบบนี้จะใช้กับงานที่ต้องการแรงกระทำที่ไม่มากนัก เนื่องจากแรงที่กระทำจะถูกต้านด้วยแรงของสปริง ขนาดของ

กระบอกสูบชนิดนี้ที่นิยมผลิตกันที่ระยะไม่เกิน 100 มม. และระยะชักไม่เกิน 100 มม. กระบอกสูบทำงานทางเดียวจะเคลื่อนที่ออกได้เมื่อแรงดันลมเข้าที่ด้านหัวสูบของกระบอกแรงดันลมจะเอาชนะแรงสปริงทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ออกสุด ในจังหวะเลื่อนสูบกลับสูบจะเคลื่อนที่กลับด้วยแรงดันของสปริง วาล์วควบคุมทิศทางลม (Directional Control Valve) ดังแสดงในรูป 2.28



รูปที่ 2.28 กระบอกสูบทำงานทางเดียว (Single Acting Cylinder)

2.7.2.2 กระบอกสูบสองทาง (Double Acting Cylinder) กระบอกสูบสองทางไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนที่เข้าหรือเคลื่อนที่ออกจะใช้ความดันลมในการทำงานทั้งสองด้านกระบอกสูบที่ทำงานด้านความเร็วค่อนข้างสูง ในช่วงที่เกิดการเคลื่อนที่เข้าหรือออกจะทำให้เกิดการกระแทกระหว่างลูกสูบและฝาปิดด้านหัวและท้าย ดังนั้นการป้องกันการกระแทกของลูกสูบโดยใช้ลมมาเป็นตัวกันกระแทก (Air Cushion) ก่อนที่ลูกสูบจะถึงปลายช่วงชัก โดยที่สามรถปรับลดแรงกระแทกให้มากขึ้นได้ตามความต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 กระบอกสูบสองทาง (Double Acting Cylinder)

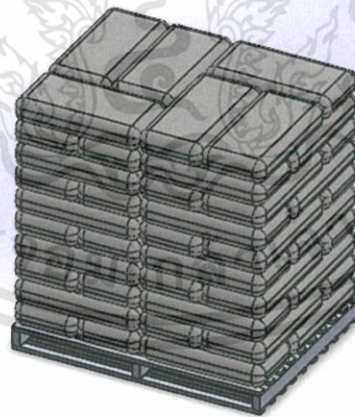
2.8 ขนาดกระสอบและการจัดเรียงตัวบนชั้นวาง

2.8.1 ขนาดกระสอบอาหาร กระสอบบรรจุอาหารสัตว์น้ำของโรงงานอาหารสัตว์เบทาโกรลพบุรี 2 เป็นกระสอบพลาสติกสานที่มีการเคลือบผิวของกระสอบเพื่อป้องกันการซึมผ่านของทั้งอากาศและความชื้น ที่จะทะลุกระสอบเข้าไปยังด้านในกระสอบ มีความกว้าง 450 มิลลิเมตร ยาว 780 มิลลิเมตร หนา 150 มิลลิเมตร และมีน้ำหนักการบรรจุ 20 กิโลกรัม แสดงดังรูปที่ 2.30

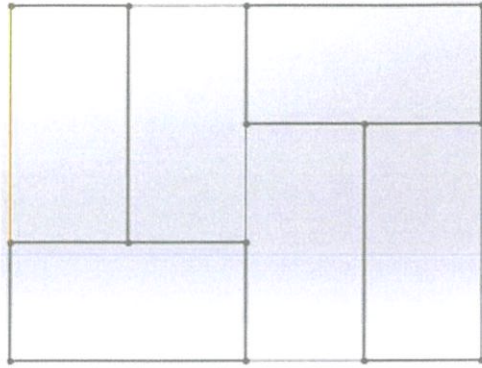


รูปที่ 2.30 กระสอบบรรจุอาหารสัตว์น้ำ

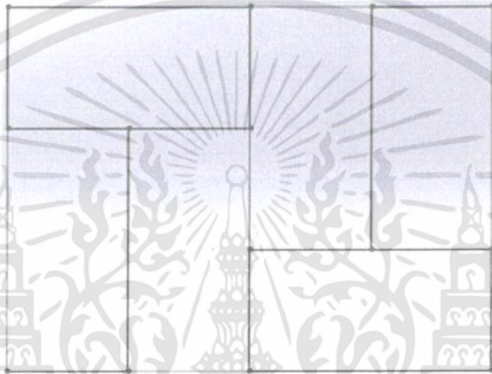
2.8.2 การจัดเรียงตัวของกระสอบอาหารบนชั้นวาง ในการจัดวางกระสอบอาหารบนชั้นวางจะซ้อนกันทั้งหมด 10 ชั้น โดยแต่ละชั้นจะมีกระสอบอาหาร 6 กระสอบ รวมจำนวนทั้งหมด 60 กระสอบ แสดงดังรูปที่ 2.31 แต่ละชั้นมีรูปแบบการจัดเรียงตัวที่ต่างกัน โดยชั้นที่หนึ่งจะมีการจัดเรียงตัวดังรูปที่ 2.32 และชั้นที่สองจะมีการจัดเรียงตัวดังรูปที่ 2.33 และจัดเรียงตัวสลับรูปแบบไปจนครบ 10 ชั้น มีความสูงของการจัดวางรวมความสูงของชั้นวาง 1750 มิลลิเมตร มีความกว้างรวม 1200 มิลลิเมตร มีความยาวรวม 1600 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.31 การจัดเรียงตัวของกระสอบอาหารบนชั้นวาง



รูปที่ 2.32 รูปแบบการจัดเรียงตัวของกระสอบชั้นที่หนึ่ง



รูปที่ 2.33 รูปแบบการจัดเรียงตัวของกระสอบชั้นที่สอง

2.9 สายพานลำเลียงกระสอบอาหารขึ้นรถบรรทุก

สายพานที่ใช้ในการลำเลียงกระสอบอาหารขึ้นรถบรรทุกนั้นจะเป็นสายพานยางดำมีขีดก้ำงปลาตลอดความยาวสายพาน ที่ปลายด้านรับกระสอบอาหารจะมีความสูงจากพื้น 325 มิลลิเมตร มีหน้ากว้างสายพาน 470 มิลลิเมตร มีความกว้างของสายพานรวมขอบกันกระสอบตก 750 มิลลิเมตร และสายพานมีมุมเอียงสูงสุด 50 องศา แสดงดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.34 สายพานลำเลียงกระสอบอาหารขึ้นรถบรรทุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แผนการดำเนินงาน

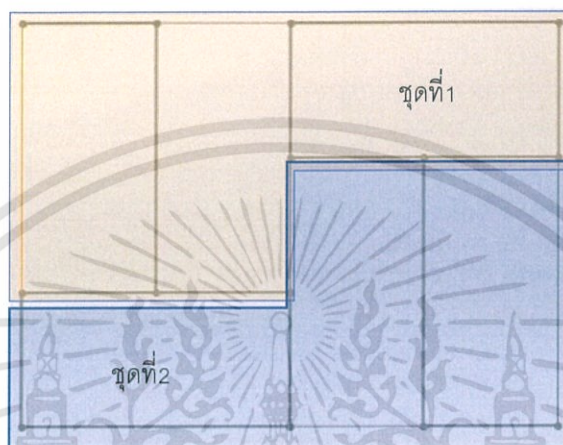
ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินการออกแบบเครื่องเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารลงสายพานลำเลียง

รายการ	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	w1	w2	w3	w4	w1	w2	w3	w4	w1	w2	w3	w4	w1	w2	w3	w4
1.ศึกษาทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงการ	←-----→															
ศึกษากระบวนการจำหน่ายสินค้าในปัจจุบัน																
ศึกษาเครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายกระสอบ																
รวบรวมข้อมูลขนาดกระสอบและการจัดเรียงตัว																
2.ออกแบบเครื่องจักร					←-----→											
กำหนดวิธีและรูปแบบที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายกระสอบ																
ทำการสร้างแบบสามมิติของเครื่องจักรด้วยโปรแกรม SolidWorks																
ทดสอบความแข็งแรงของเครื่องจักร																
จัดทำแบบแปลนสองมิติ																
3.คำนวณต้นทุนในการสร้างเครื่องจักร													←-----→			
ทำรายการวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องจักร													←-----→			
ค้นหาราคาวัสดุอุปกรณ์																
สรุปต้นทุนในการสร้างเครื่องจักร																
4.วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง																←→
วิเคราะห์จุดคุ้มทุนของเครื่องจักร																←→
สรุปผล																

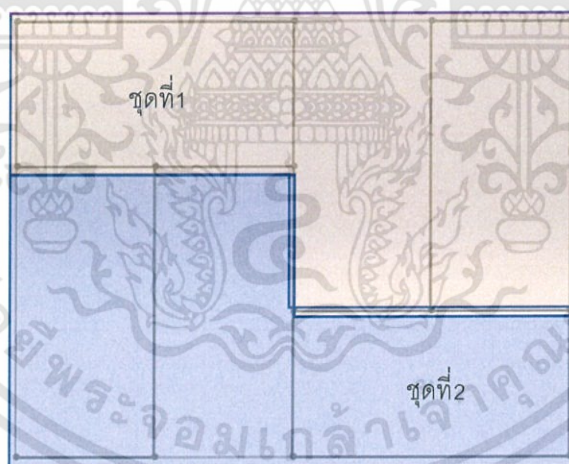
←-----→ : plane ←-----→ : actual

3.2 กำหนดวิธีการและรูปแบบที่จะใช้ในการเคลื่อนย้ายกระสอบอาหาร

ทำการเคลื่อนย้ายโดยการดันกระสอบอาหารให้หล่นลงจากชั้นวาง จะทำการแบ่งการเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารในแต่ละชั้นออกเป็น 2 ชุด แต่ละชุดจะมีกระสอบที่ต้องทำการเคลื่อนย้าย 3 กระสอบ โดยการแบ่งการเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารของชั้นที่หนึ่งจะแสดงดังรูปที่ 3.1 และการแบ่งการเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารของชั้นที่สองจะแสดงดังรูปที่ 3.2

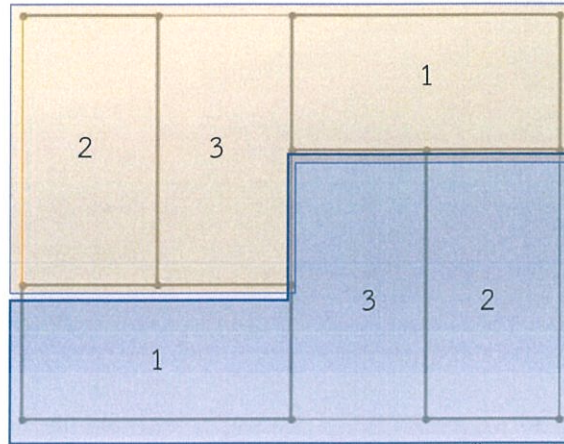


รูปที่ 3.1 การแบ่งการเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารของชั้นที่หนึ่ง

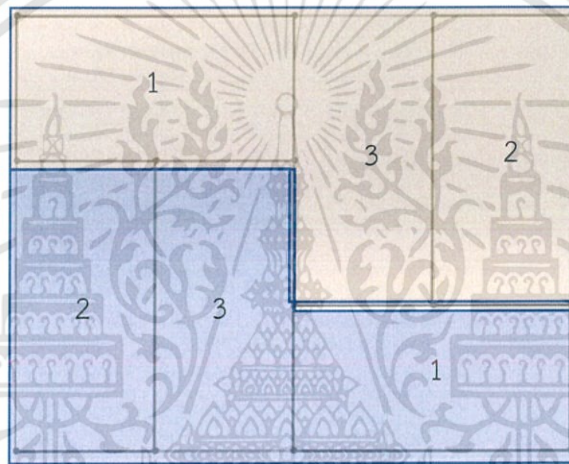


รูปที่ 3.2 การแบ่งการเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารของชั้นที่สอง

โดยระบบที่ออกแบบจะทำการผลักครั้งละ 1 กระสอบและมีลำดับการผลักกระสอบลงสายพานลำเลียงของแต่ละชุดในแต่ละชั้นดังแสดงในรูปที่ 3.3 และ 3.4 โดยกระสอบที่มีหมายเลขเดียวกันของทั้งสองชุดในแต่ละชั้นที่ทำการผลักกระสอบพร้อม ๆ กัน



รูปที่ 3.3 แสดงลำดับการเคลื่อนย้ายในชั้นที่หนึ่ง



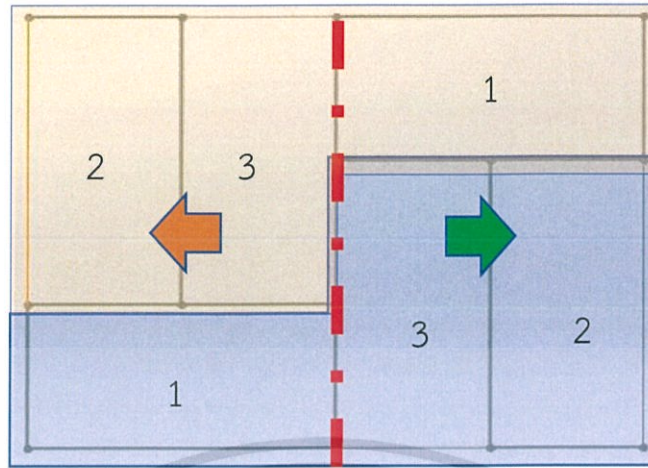
รูปที่ 3.4 แสดงลำดับการเคลื่อนย้ายในชั้นที่สอง

โดยแต่ละกระสอบจะถูกผลักลงจากชั้นวางในด้านที่แตกต่างกันคือ

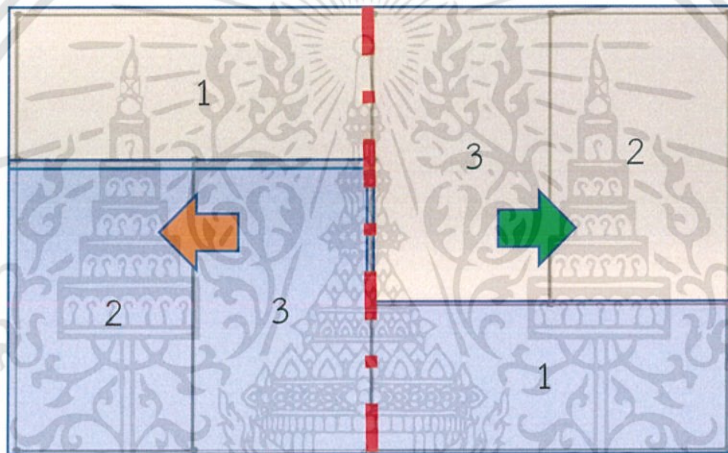
- ชั้นที่หนึ่ง กระสอบลำดับที่ 1 ของชุดที่หนึ่ง ลำดับที่ 2 และ 3 ของชุดที่สองจะถูกผลักลงในด้านขวาของชั้นวางส่วนกระสอบลำดับที่ 1 ของชุดที่สอง ลำดับที่ 2 และ 3 ของชุดที่หนึ่งจะถูกผลักในด้านซ้ายของชั้นวาง

- ชั้นที่สอง กระสอบลำดับที่ 1 ของชุดที่สอง ลำดับที่ 2 และ 3 ของชุดที่หนึ่งจะถูกผลักลงในด้านขวาของชั้นวางส่วนกระสอบลำดับที่ 1 ของชุดที่หนึ่ง ลำดับที่ 2 และ 3 ของชุดที่สองจะถูกผลักในด้านซ้ายของชั้นวาง

ดังแสดงในรูปที่ 3.5 และ 3.6



รูปที่ 3.5 ทิศทางการหล่นของกระสอบชั้นที่หนึ่ง



รูปที่ 3.6 ทิศทางการหล่นของกระสอบชั้นที่สอง

3.3 การออกแบบเครื่องจักรที่สามารถทำงานสอดคล้องกับวิธีที่กำหนด

ทำการออกแบบโครงสร้างส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักรโดยการใช้โปรแกรม Solidwork ในการเขียนแบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.7 โดยขนาดของเหล็กโครงสร้างที่จะนำมาใช้ในการออกแบบจะต้องมีขนาดตามที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และขนาดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ต้องอิงตามความเป็นจริง โครงสร้าง และต้องคำนึงถึงเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1. การวางตัวของกระสอบในแต่ละชั้นจะมีความแตกต่างกันดังนั้นวิธีการเคลื่อนย้ายจะต้องสามารถใช้ได้กับทั้งด้านกว้างและด้านยาวของกระสอบ

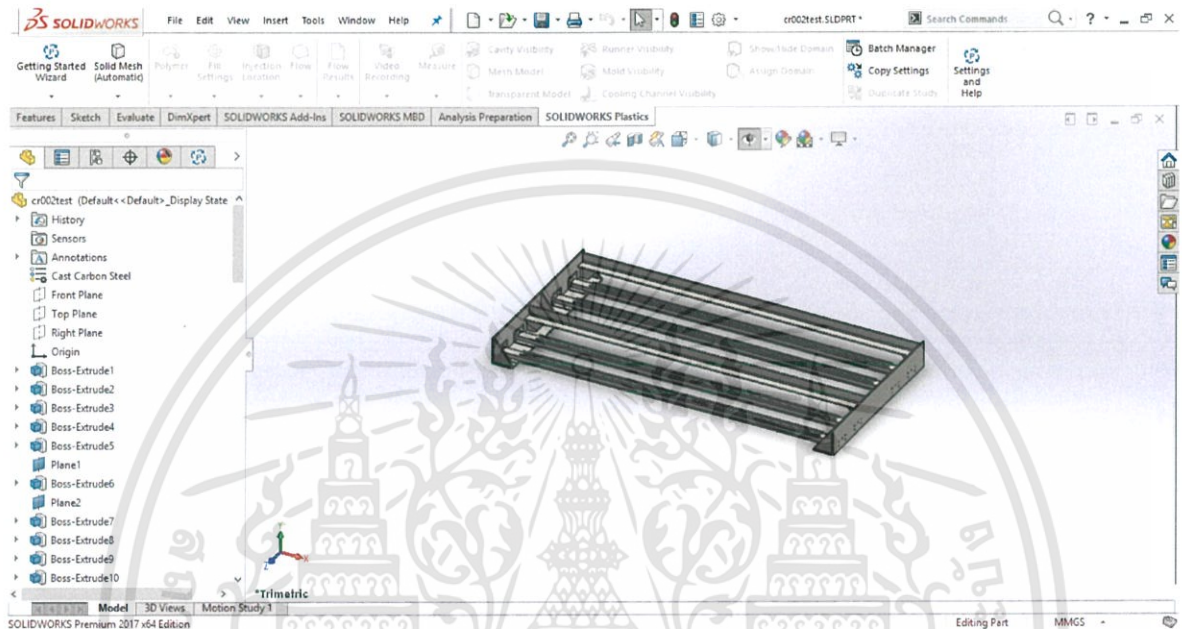
2. การลำเลียงกระสอบอาหารขึ้นสายพานลำเลียงอาหารขึ้นรถบรรทุกนั้นสามารถขึ้นได้ครั้งละ 1 กระสอบ

3. กระสอบมีการเรียงตัวที่ชิดกันไม่สามารถเสียบหรือสอดใส่แผ่นโลหะเข้าไประหว่างกลางได้เพราะกระสอบอาจเกิดการฉีกขาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กระสอบอาหารที่อยู่ชั้นบนสุดจะต้องหล่นลงมาจากความสูง 160 เซนติเมตร ดังนั้นจึงต้องมีการออกแบบส่วนรับแรงกระแทกจากการหล่นของกระสอบเพื่อไม่ให้กระสอบเสียหาย

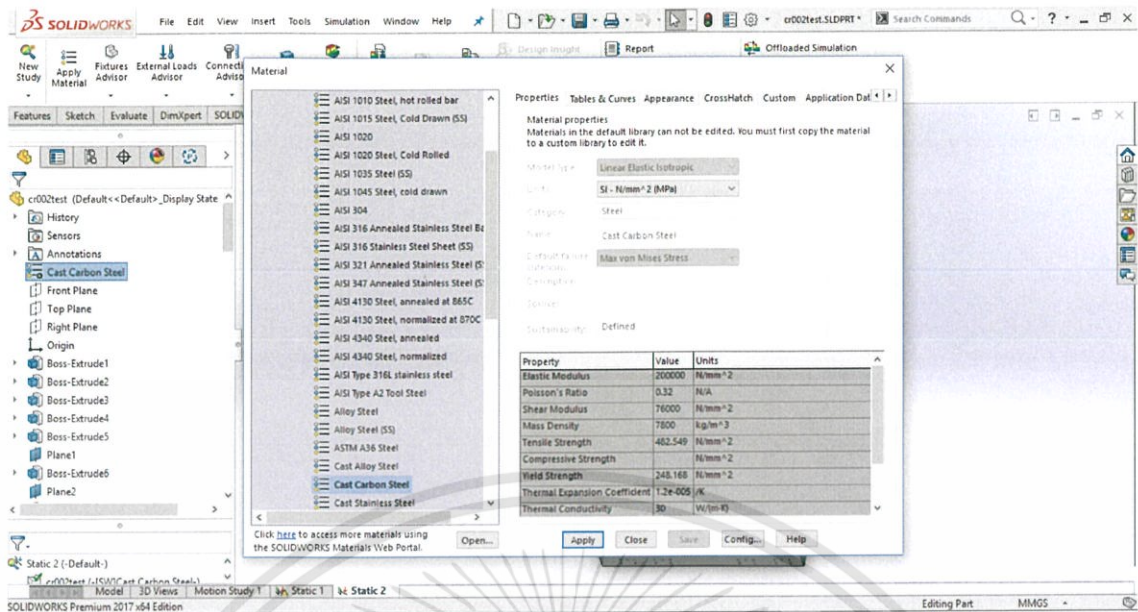
5. การเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารนั้นจะต้องเริ่มจากชั้นที่อยู่สุดเสมอและจะต้องเคลื่อนย้ายกระสอบทุกใบที่อยู่บนชั้นนั้นให้หมดก่อนเพื่อที่จะเคลื่อนย้ายกระสอบในชั้นถัดไป



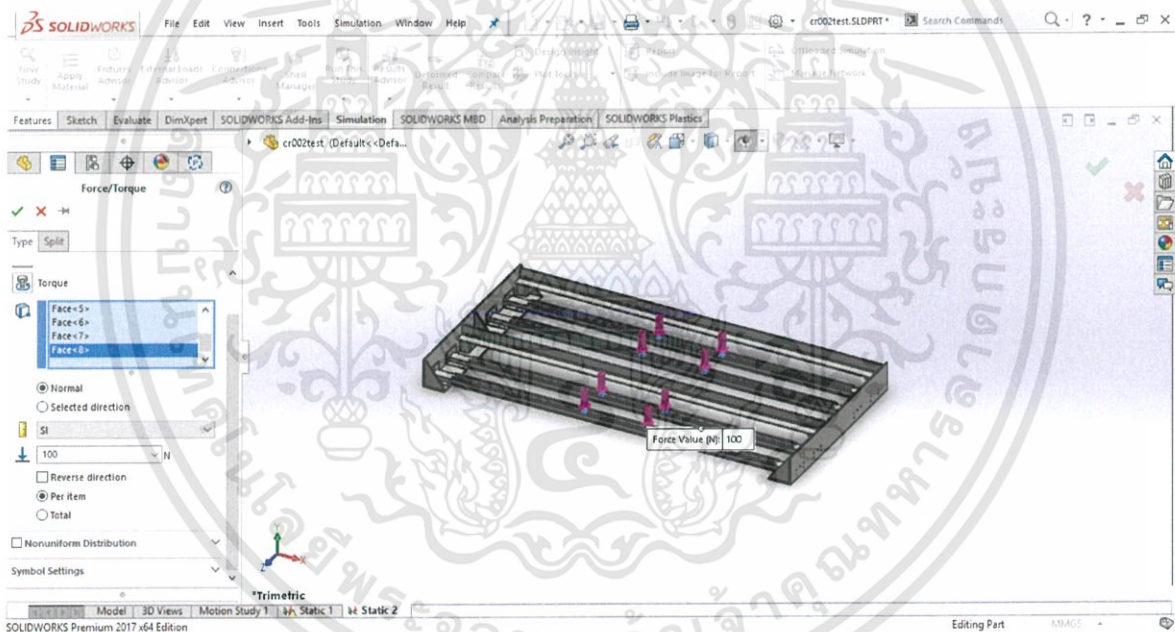
รูปที่ 3.7 การใช้โปรแกรม solidwork ออกแบบโครงสร้างเครื่องจักร

3.4 ทำการทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างส่วนต่าง ๆ ของระบบเคลื่อนย้ายกระสอบอาหาร

จะทำการทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างส่วนต่าง ๆ ด้วยการใช้งานฟังก์ชัน solidworks simulation ที่มีอยู่ภายในโปรแกรม solidwork โดยเราจะต้องกำหนดวัสดุที่ใช้ในการออกแบบดังแสดงในรูปที่ 3.8 ภาระที่โครงสร้างต้องรับน้ำหนักและจุดที่น้ำหนักกระทำกับโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.8 การเลือกคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการออกแบบ

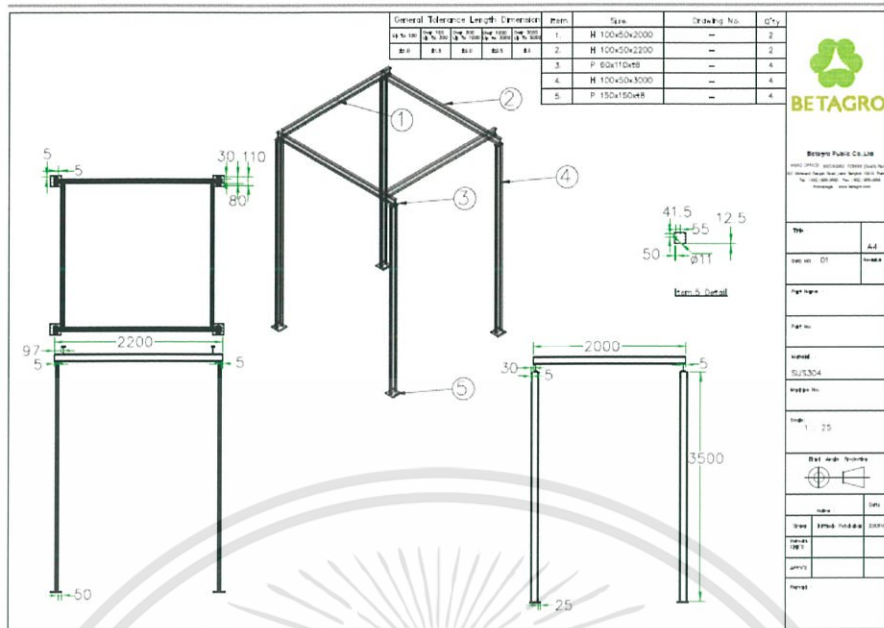


รูปที่ 3.9 การกำหนดขนาดแรงและพื้นที่รับแรง

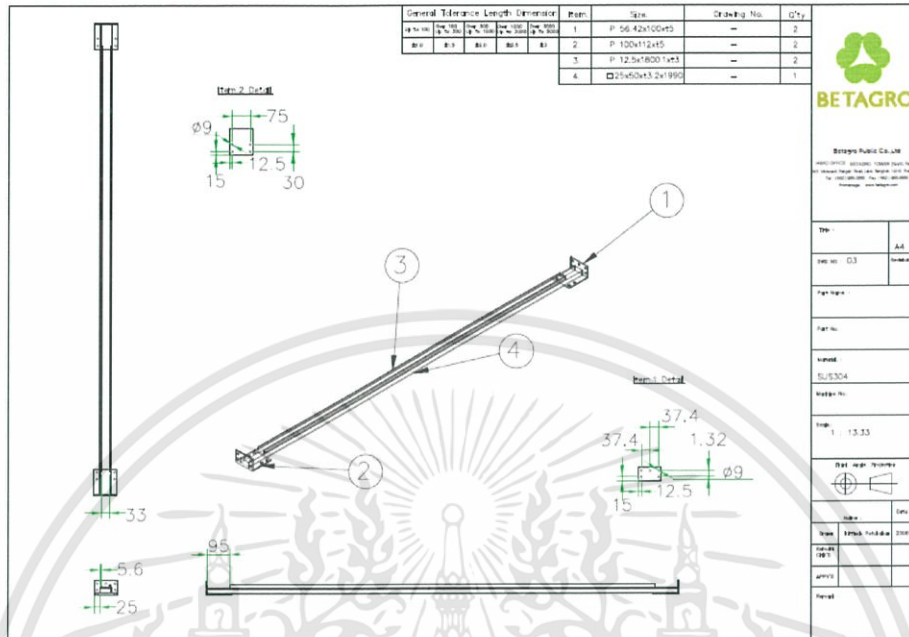
3.5 การเขียนแบบแปลนของโครงสร้างส่วนต่าง ๆ โดยการใช้โปรแกรม AutoCAD

เมื่อเราได้ออกแบบโครงสร้างสามมิติของโครงสร้างส่วนต่าง ๆ แล้วเสร็จต่อมาก็จะทำการเขียนแบบแปลนเพื่อบอก ขนาด และการประกอบของโครงสร้างด้วยโปรแกรม AutoCAD ดังต่อไปนี้

3.5.1 แบบแปลนส่วนโครงสร้างหลักของเครื่องจักร เป็นโครงสร้างที่ไม่มีการเคลื่อนไหวทำหน้าที่รับน้ำหนักของส่วนต่าง ๆ ของระบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.10

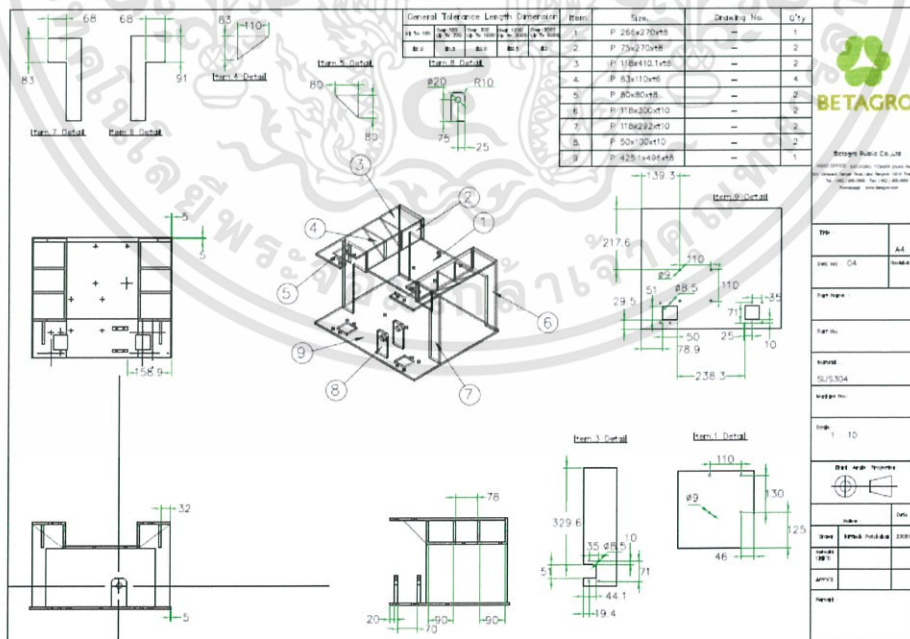


3.5.3 แบบแปลนร่างสำหรับกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ เป็นส่วนที่ทำหน้าที่กำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของผลิตภัณฑ์กระสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.12



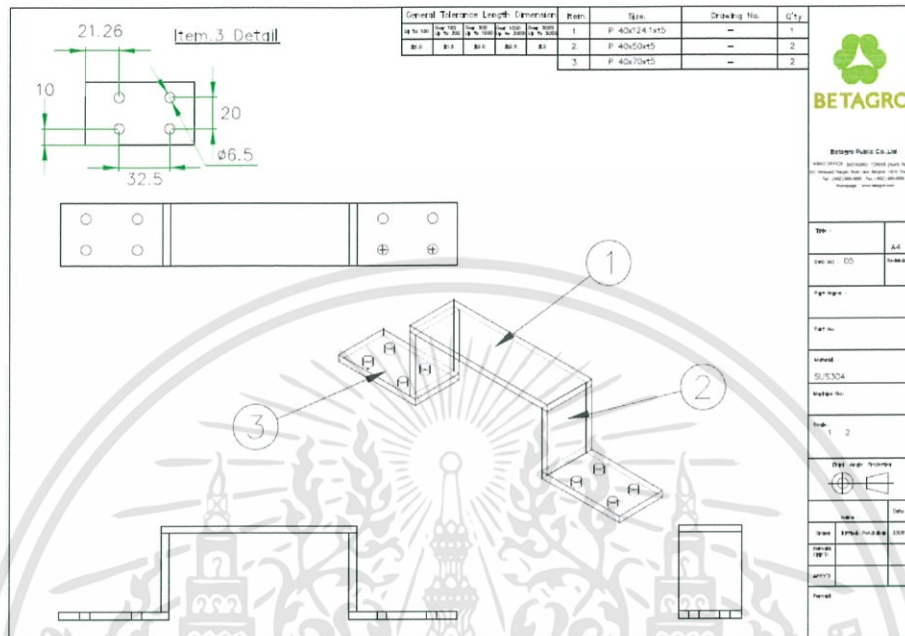
รูปที่ 3.12 แบบแปลนร่างสำหรับกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่

3.5.4 แบบแปลนส่วนฐานวางมอเตอร์ เป็นส่วนที่ใช้ในการติดตั้งมอเตอร์เกียร์ของส่วนที่ทำหน้าที่เคลื่อนที่แนวขวางและแนวตั้งของระบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.13



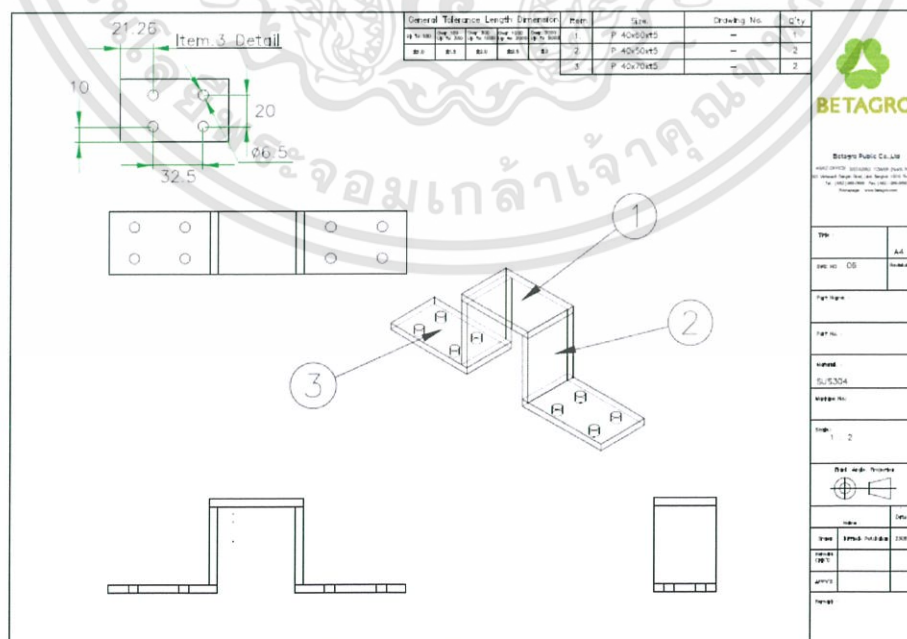
รูปที่ 3.13 แบบแปลนส่วนฐานวางมอเตอร์

3.5.5 แบบแปลนจุดเชื่อมต่อระหว่างเฟืองสะพานกับชุดผลักระสอบชั้นที่ 1 เป็นส่วนที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างเฟืองสะพานของส่วนการเคลื่อนที่แนวตั้งกับโครงสร้างส่วนที่ใช้ในการสร้างจุดค้ำยันในการผลักระสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.14



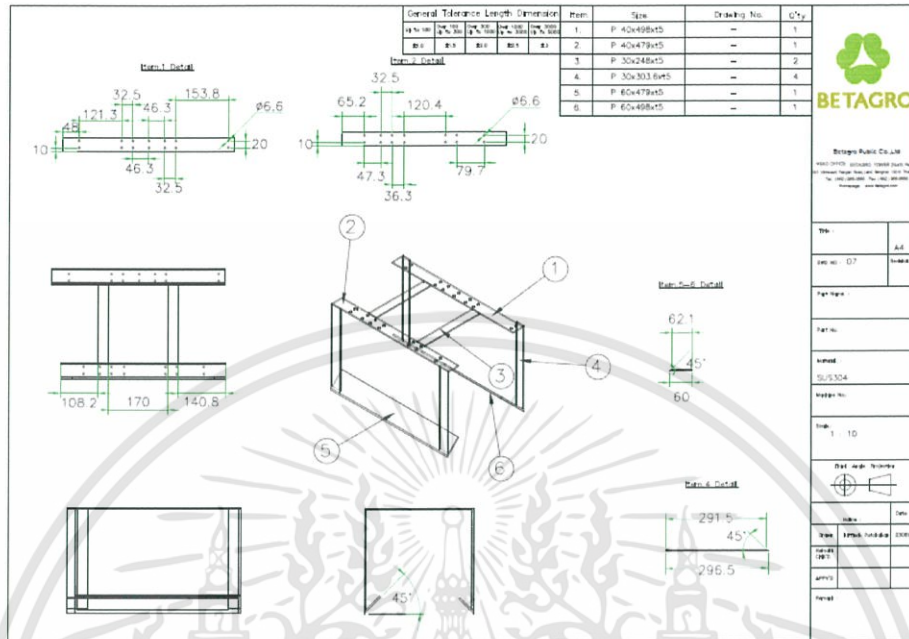
รูปที่ 3.14 แบบแปลนจุดเชื่อมต่อระหว่างเฟืองสะพานกับชุดผลักระสอบชั้นที่ 1

3.5.6 แบบแปลนจุดเชื่อมต่อระหว่างเฟืองสะพานกับชุดผลักระสอบชั้นที่ 2 เป็นส่วนที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างเฟืองสะพานของส่วนการเคลื่อนที่แนวตั้งกับโครงสร้างส่วนที่ใช้ในการสร้างจุดค้ำยันในการผลักระสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.15

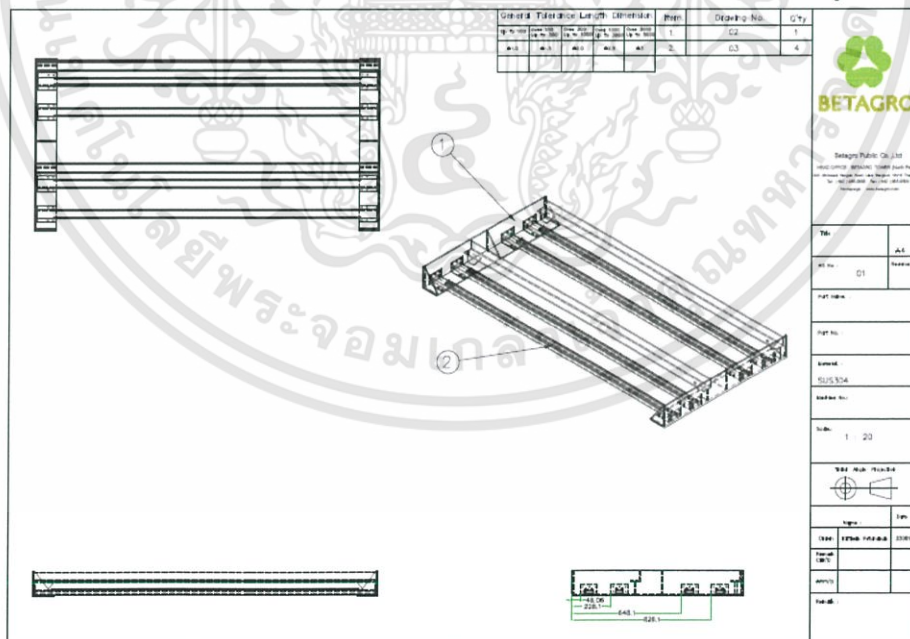


รูปที่ 3.15 แบบแปลนจุดเชื่อมต่อระหว่างเฟืองสะพานกับชุดผลักระสอบชั้นที่ 2

3.5.7 แบบแปลนโครงสร้างชุดผลักระสอบ เป็นโครงสร้างส่วนที่ใช้ในการติดตั้งลมที่ใช้ในการสร้างจุดค้ำยันในการผลักระสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.16

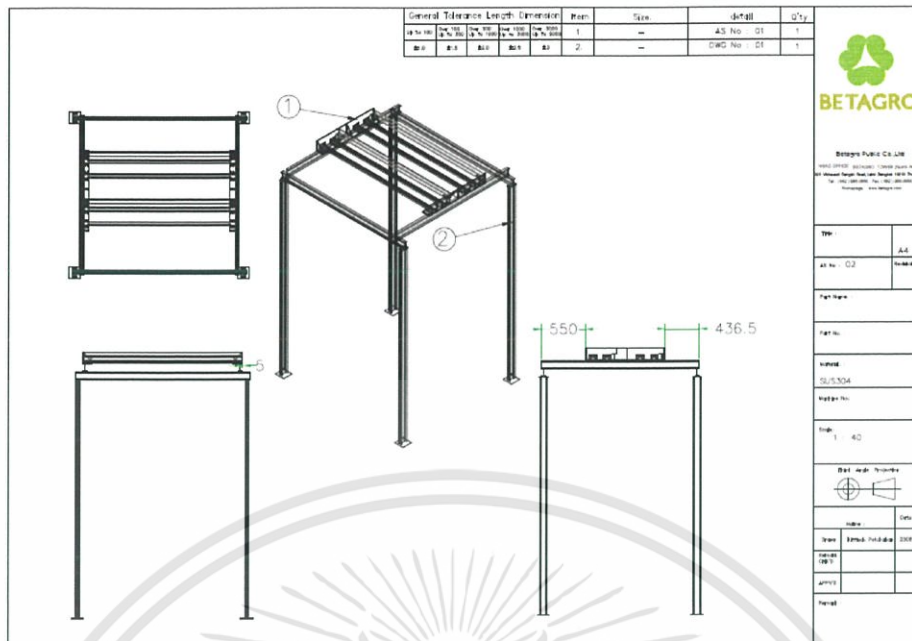


3.5.8 แบบแปลนแสดงการประกอบชิ้นที่ 1 เป็นแบบที่ใช้ในการบอกระยะและตำแหน่งการประกอบรางกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่เข้ากับโครงสร้างส่วนบนของระบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.17



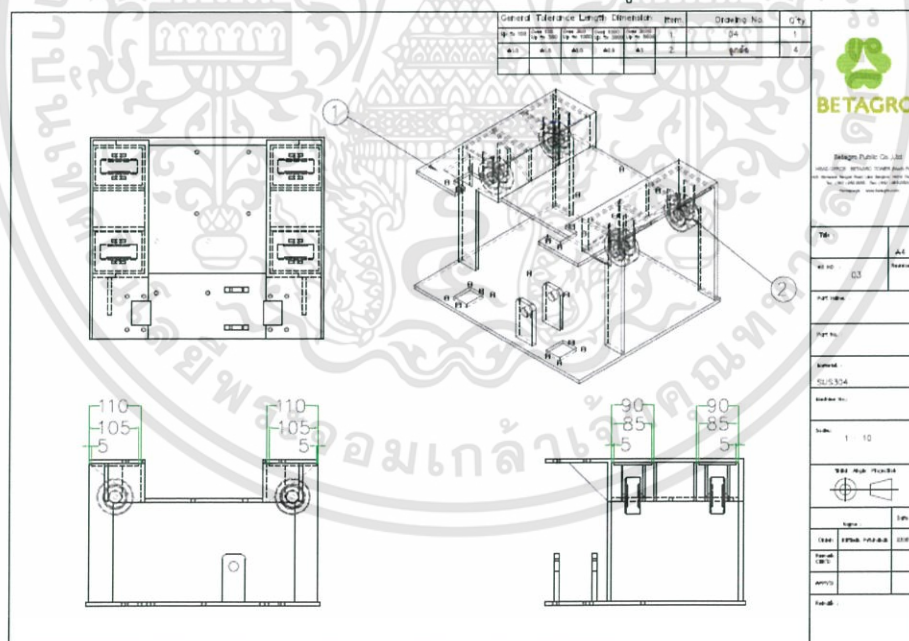
3.5.9 แบบแปลนแสดงการประกอบชิ้นที่ 2 เป็นแบบที่ใช้ในการบอกระยะและตำแหน่งการประกอบโครงสร้างส่วนบนของระบบเข้ากับโครงสร้างหลักของระบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



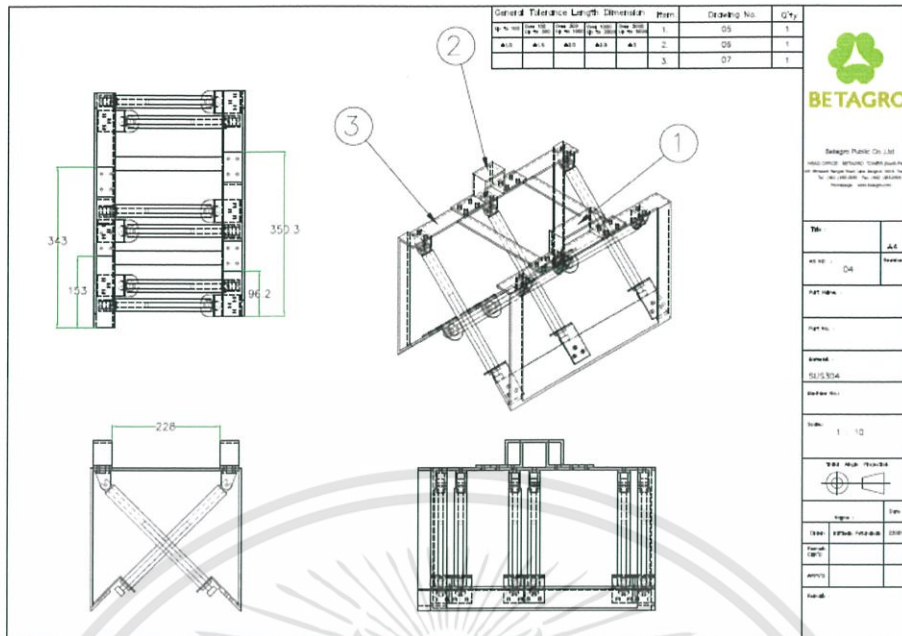
รูปที่ 3.18 แบบแปลนแสดงการประกอบชั้นที่ 2

3.5.10 แบบแปลนแสดงการประกอบชั้นที่ 3 เป็นแบบที่ใช้ในการบอกระยะและตำแหน่งการประกอบลูกล้อเข้ากับส่วนที่ใช้ในการติดตั้งมอเตอร์เกียร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.19



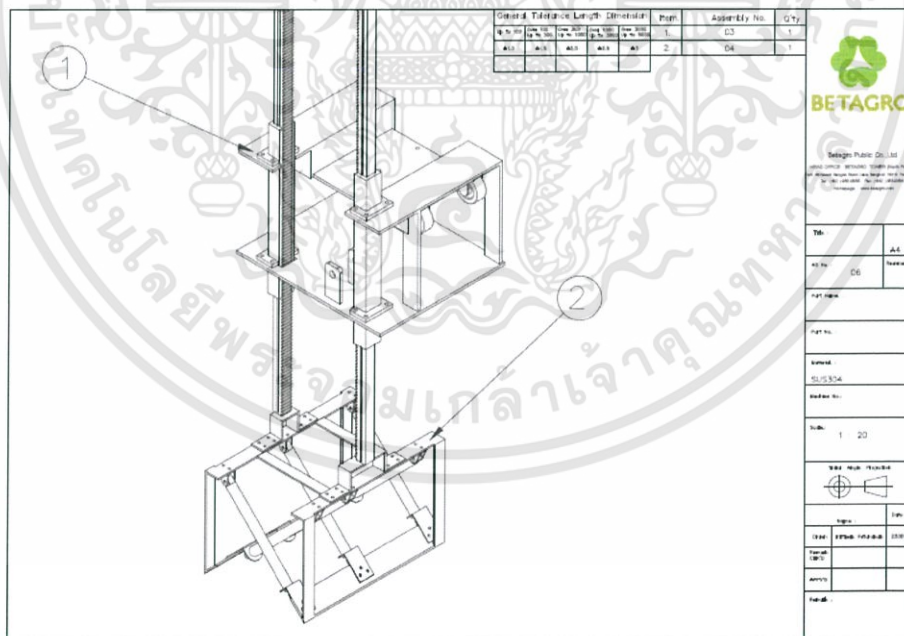
รูปที่ 3.19 แบบแปลนแสดงการประกอบชั้นที่ 3

3.5.11 แบบแปลนแสดงการประกอบชั้นที่ 4 เป็นแบบที่ใช้ในการบอกระยะและตำแหน่งการประกอบกระบอกลมเข้ากับโครงสร้างส่วนที่ใช้ในการสร้างจุดค้ำยันในการผลัดกระสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 แบบแปลนแสดงการประกอบชิ้นที่ 4

3.5.12 แบบแปลนแสดงการประกอบชิ้นที่ 5 เป็นแบบที่ใช้ในการแสดงรูปแบบการประกอบ โครงสร้างส่วนที่ใช้ในการติดตั้งมอเตอร์ เฟืองสะพาน และโครงสร้างส่วนที่ใช้ในการผลักดันกระสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 แบบแปลนแสดงการประกอบชิ้นที่ 5

3.5.13 แบบแปลนแสดงการประกอบชิ้นที่ 6 เป็นแบบที่ใช้ในการแสดงรูปแบบการประกอบ โครงสร้างทุกส่วนของระบบเคลื่อนย้ายกระสอบอาหาร ดังแสดงในรูปที่ 3.22

3.6 ต้นทุนในการสร้างเครื่องจักร

3.6.1รายการ รายละเอียด และจำนวนวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องจักรแสดงดัง ตารางที่3.2

ตารางที่ 3.2 รายการวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องจักร

รายการ	รายละเอียด	จำนวน
thermal refined rack (khk)	CP10(3.1831) total length 1000mm	16 ชิ้น
ground spur gears (khk)	CP10(3.1831) pitch diameter 79.58 mm	2 ชิ้น
	CP10(3.1831) pitch diameter 137.32 mm	4 ชิ้น
Standard cylinders	diameter 25 mm stroke 200 mm	12 ชิ้น
ลูกกลิ้ง	diameter 3 Inch	8 ชิ้น
H-beam	100 mm. x 50 mm. (H x B)	3 ท่อน
steel Plate	หนา 3 mm.	1 แผ่น
	หนา 5 mm.	1 แผ่น
	หนา 8 mm.	1 แผ่น
	หนา 10 mm.	1 แผ่น
Equal Angles	60 mm. x 60 mm. หนา 5 mm.	1 ท่อน
Rectangular Tube	50 mm. x 25 mm. หนา 3.2 mm.	2 ท่อน
motorgear	0.37 kW 49 rpm.	2 ตัว
	0.55 kW 49rpm.	2 ตัว

3.6.2 มูลค่าของวัสดุอุปกรณ์แต่ละชนิดและต้นทุนรวมในการจัดสร้างเครื่องจักรแสดงดังตารางที่

3.2

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงมูลค่าของวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างเครื่องจักร

รายการ	รายละเอียด	จำนวน	เป็นเงิน
thermal refined rack (khk)	CP10(3.1831) total length 1000mm	16 ชิ้น	16,000
ground spur gears (khk)	CP10(3.1831) pitch diameter 79.58 mm	2 ชิ้น	2,000
	CP10(3.1831) pitch diameter 137.32 mm	4 ชิ้น	4,800
Standard cylinders	diameter 25 mm stroke 200 mm	12 ชิ้น	26,400
ลูกล้อ	diameter 3 Inch	8 ชิ้น	6,160
H-beam	100 mm. x 50 mm. (H x B)	3 ท่อน	7,200
steel Plate	หนา 3 mm.	1 แผ่น	1,500
	หนา 5 mm.	1 แผ่น	2,500
	หนา 8 mm.	1 แผ่น	4,000
	หนา 10 mm.	1 แผ่น	5,000
Equal Angles	60 mm. x 60 mm. หนา 5 mm.	1 ท่อน	400
Rectangular Tube	50 mm. x 25 mm. หนา 3.2 mm.	2 ท่อน	200
motorgear	0.37 kW 49 rpm.	2 ตัว	52,000
	0.55 kW 49rpm.	2 ตัว	68,000
		รวม	196,160

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การคำนวณหาขนาดกระบอกกลม

กำหนดให้ แรงดันที่ใช้ในระบบเท่ากับ 0.6 นิวตันต่อตารางเมตร และต้องการให้ก้านสูบสามารถรับแรงได้เท่ากับ 140 นิวตัน ดังนั้นพื้นที่หน้าตัดของกระบอกกลมจะมีค่าเท่าใด

วิธีการคำนวณ

จากสมการ
$$A = \frac{F}{P}$$

แทนค่า
$$A = \frac{140}{0.6}$$

$$A = 233 \text{ mm}^2.$$

หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้จาก
$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

แทนค่า
$$D = \sqrt{\frac{4(233)}{\pi}}$$

$$D = 8.6 \text{ mm}.$$

ดังนั้นจึงเลือกใช้กระบอกกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร

3.8 การคำนวณหาขนาดมอเตอร์เกียร์

กำหนดให้แรงต้านการหมุนเท่ากับ 580 นิวตัน ระยะทางจากจุดหมุนถึงแนวแรงเท่ากับ 0.067 เมตร และมอเตอร์ทำงานที่ความเร็วรอบเท่ากับ 50 รอบต่อนาที ดังนั้นขนาดของมอเตอร์จะมีค่าเท่าใด

วิธีการคำนวณ

จากสมการ
$$P = \frac{\tau \times n}{9548}$$

หา τ ได้จากสมการ
$$\tau = r \times F$$

แทนค่า
$$\tau = 0.067 \times 580$$

$$\tau = 38.77 \text{ Nm}.$$

แทนค่า
$$P = \frac{38.77 \times 50}{9548}$$

$$P = 0.203 \text{ kW}.$$

ดังนั้นจึงเลือกใช้มอเตอร์เกียร์ขนาด 0.37 kW ที่มีความเร็วรอบ 50 RPM .

กำหนดให้แรงต้านการหมุนเท่ากับ 1410 นิวตัน ระยะทางจากจุดหมุนถึงแนวแรงเท่ากับ 0.043 เมตร และมอเตอร์ทำงานที่ความเร็วรอบเท่ากับ 50 รอบต่อนาที ดังนั้นขนาดของมอเตอร์จะมีค่าเท่าใด

วิธีการคำนวณ

จากสมการ

$$P = \frac{\tau \times n}{9548}$$

หา τ ได้จากสมการ

$$\tau = r \times F$$

แทนค่า

$$\tau = 0.043 \times 1410$$

$$\tau = 60.6 \text{ Nm.}$$

แทนค่า

$$P = \frac{60.6 \times 50}{9548}$$

$$P = 0.32 \text{ kW.}$$

ดังนั้นจึงเลือกใช้มอเตอร์เกียร์ขนาด 0.55 kW ที่มีความเร็วรอบ 50 RPM



บทที่ 4 ผลการวิจัย

จากการออกแบบระบบเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารนี้ยังไม่ได้ทำการสร้างใช้จริงเนื่องจากกระบวนการอนุมัติเงินทุนในการจัดสร้างจากบริษัทต้องใช้เวลาานาน ทำให้เวลาในการทำสหกิจศึกษามีเพียง 4 เดือน ดังนั้นไม่เพียงพอที่จะทำการจัดสร้างของจริง โครงการนี้จึงเป็นเพียงผลจากคำนวณในการออกแบบดังนี้

4.1 ความแข็งแรงของโครงสร้าง

จากการทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างด้วยฟังก์ชัน Solidwork Simulation ภายในโปรแกรม Solidwork ทำให้ทราบว่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นในโครงมีค่าเท่ากับ 47.38 MPa ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่า Yield strength ของเหล็กชุบพอร์นเกรด ss400 แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างมีความแข็งแรงและจะไม่เกิดการเสียรูปถาวรของโครงสร้าง แต่โครงสร้างส่วนรางกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่จะโค้งงอประมาณ 2.6 มิลลิเมตรซึ่งความโค้งนี้ไม่มีผลต่อการทำงานของคานที่ออกแบบไว้

4.2 กำลังมอเตอร์เกียร์

จากการคำนวณหาขนาดของมอเตอร์เกียร์ทำให้ทราบว่าในการที่จะทำให้ระบบสามารถเคลื่อนที่แนวขวางได้นั้นจะต้องใช้มอเตอร์เกียร์ขนาด 0.55 kWที่มีความเร็วรอบ 49 รอบต่อนาที และต้องใช้มอเตอร์เกียร์ขนาด 0.37 kW ที่มีความเร็วรอบ 49 รอบต่อนาที ในที่จะทำให้ระบบสามารถเคลื่อนที่แนวตั้งได้

4.3 ขนาดกระบอกลม

จากการคำนวณหาขนาดกระบอกลมที่จะใช้ในการสร้างจุดค้ำยันในการผลัดกระสอบโดยที่ไม่เกิดการเสียหายของกระบอกลมในระหว่างกระบวนการผลัดกระสอบทำให้ทราบว่าต้องเลือกใช้กระบอกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร

4.4 เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายกระสอบอาหาร

จากการจำลองการทำงานของระบบเคลื่อนย้ายกระสอบอาหาร ระบบจะใช้เวลาทั้งหมด 5 นาทีในการเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารหมดหนึ่งชั้นวางหรือกระสอบจำนวน 60 กระสอบ โดยที่เป็นการทำงานอย่างต่อเนื่อง

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงการนี้เป็นการออกแบบเครื่องจักรที่สามารถเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารสัตว์น้ำหนัก 20 กิโลกรัมของโรงงานอาหารสัตว์น้ำเบทาโกรลพบุรี 2 โดยใช้วิธีการผลักกระสอบอาหารให้หล่นออกจากชั้นวางลงสู่สายพานลำเลียง ด้วยการใช้กระบอกลมขนาด 20 มิลลิเมตรในการสร้างจุดค้ำยันบนกระสอบ ใช้มอเตอร์เกียร์ขนาด 0.55 kW เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนระบบแนวขวาง และใช้มอเตอร์เกียร์ขนาด 0.55 kW เป็นต้นกำลังในการเคลื่อนที่แนวตั้ง แล้วใช้เฟืองสะพานในการเปลี่ยนการหมุนของมอเตอร์เกียร์ให้กลายเป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น ซึ่งใช้เวลาในการทำงาน 5 นาทีในการเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารจำนวน 60 กระสอบโดยการใช้พนักงานเพียง 1 คนในการควบคุมการทำงานของระบบการเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารได้หลายระบบในเวลาเดียวกัน ในการจากการออกแบบทำให้ทราบถึงต้นทุนในการสร้างเครื่องเคลื่อนย้ายกระสอบอาหารโดยการผลกว่ามูลค่าโดยประมาณเท่ากับ 196,160 บาท

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 5.2.1 พัฒนารูปแบบของเครื่องให้สามารถใช้งานได้กับกระสอบอาหารสัตว์ชนิดอื่น
- 5.2.2 พัฒนารูปแบบของเครื่องให้มีต้นทุนในการจัดสร้างที่ถูกลง

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศ.ดร.วริทธิ์ อิงภากรณ์, รศ.ชาญ ถนัดงาน. *การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม1*. บริษัท เอช.เอ็น. กรุ๊ป จำกัด:กรุงเทพฯ, 2522.
- [2] ศ.ดร.วริทธิ์ อิงภากรณ์, รศ.ชาญ ถนัดงาน. *การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม2*. บริษัท เอช.เอ็น. กรุ๊ป จำกัด:กรุงเทพฯ, 2541.
- [3] James L. Johnson. *Introduction to Fluid Power*. Delmar, Thomson Learning, Inc: กรุงเทพฯ , 2545
- [4] Misumi Thailand. (ออนไลน์) มอเตอร์ประเภทต่าง ๆ และการใช้งาน (https://th.misumi-ec.com/pr/recommend_category/motor201810/) สืบค้นวันที่ 23 ส.ค. 2561
- [5] บจก. เค เจ เอ็น เมทัล. (ออนไลน์) เหล็กรูปพรรณ (<http://kjinmetal.blogspot.com/2015/08/blog-post.html>) สืบค้นวันที่ 25 ส.ค. 2561
- [6] อาจารย์วัฒน์ บุญเทพ. (ออนไลน์) เฟืองและงานกัดเฟืองตรง (<https://sites.google.com/a/irpct.ac.th/phlit-chin-swn-kheruxng-mux-kl-2/home/bth-reiyn/bth-thi-6-1>) สืบค้นวันที่ 30 ก.ย. 2561
- [7] MakeltFrom. (ออนไลน์) ASTM A36 (SS400, S275) Structural Carbon Steel (<https://www.makeitfrom.com/material-properties/ASTM-A36-SS400-S275-Structural-Carbon-Steel>) สืบค้นวันที่ 27 ต.ค. 2561
- [8] M.S. Fluid. (ออนไลน์) การคำนวณหาขนาดกระบอกสูบ (http://www.msfluid.co.th/contenr_cylinder.html) สืบค้นวันที่ 1 พ.ย. 2561
- [9] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (ออนไลน์) การทดสอบแรงดัดงอ (<https://old.mtec.or.th/mcu/phml/index.php/th/2014-09-12-03-39-42/20-bending-test1>) สืบค้นวันที่ 1 พ.ย. 2561