b 00045444

RMUTSV
SK070585

การออกแบบและสร้างเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ

DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE SEMI AUTOMATIC SLICED GINGER MACHINE

064388
~~064388~~
TJ45.4
5196
2554

นายรอมฎอน บูระพา
นายจักรนรินทร์ ฉัตรทอง

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนาโครงงาน/สิ่งประดิษฐ์นักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์
งบประมาณประจำปี 2554
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อลดเวลาในการผลิตขิงแผ่นและขิงเส้น ลดการใช้ปริมาณแรงงานคนในขั้นตอนการสไลด์และ ตัดซอยให้เป็นเส้น โดยคำนึงถึงความสะอาดและความปลอดภัยทั้งผู้ปฏิบัติงานและผู้บริโภค โดยมีหลักการทำงานคือ ใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ความเร็ว 1450 รอบต่อนาที โดยชุดสไลด์มีความเร็ว 967 รอบต่อนาที จานสไลด์ของขิงมีใบมีดสไลด์ จำนวน 2 ใบ เพื่อสไลด์ขิงเป็นแผ่น และมอเตอร์ส่งกำลังไปยังชุดลูกกลิ้งตัดซอย ลูกกลิ้งตัดซอยมีความเร็ว 440 รอบต่อนาที โดยลูกกลิ้งจะทำหน้าที่ในการตัดซอยขิงเป็นเส้น และมีมอเตอร์ปรับความเร็วรอบได้ โดยใช้เป็นต้นกำลังในการลำเลียงขิงแผ่นไปยังชุดลูกกลิ้งตัดซอยเป็นเส้น ในส่วนของฝาปิดจานสไลด์จะมีช่องใส่ขิง โดยจะใส่ครั้งละ 1 หัว เครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติสามารถสไลด์ขิงแผ่นได้ 81.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็น 6.2 เท่าของแรงงานคน และตัดซอยเป็นเส้น 17.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็น 2.5 เท่าของแรงงานคน ที่มีความสามารถในการสไลด์ 13.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และตัดซอย 7.1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเมื่อทดลองจับเวลารวมการทำงานของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติได้ 30.86 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และแรงงานคนผลิตได้ 4.6 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็น 6.7 เท่า และนอกจากสไลด์ขิงได้แล้วยังสามารถสไลด์พืชผลชนิดอื่นได้ เช่น มันฝรั่ง แครอท เป็นต้น

จากการออกแบบและสร้างเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติมีวิธีใช้งานที่สะดวกและง่ายต่อการใช้งานและการบำรุงรักษา ลดความเมื่อยล้าและความเครียดจากการปฏิบัติงานที่ต้องใช้ทักษะความชำนาญสูงได้

คำสำคัญ : เครื่องซอยขิง ขิง ลูกกลิ้งคมตัด

ABSTRACT

This thesis aims to design and construction of a semi automatic slice ginger. To reduce production ginger sheets, and slice ginger. Reduce the amount of labor in the process of slides and with regard to clean and safety of workers and consumers. The principle is working, using power from the 1 horsepower motor speed 1450 rpm power transmission to the plate cut by a speed 967 rpm, chopped ginger dish designed to slide the blade to slide number two leaves, and the transmission to the wheel cutting wheel cutting speed 440 rpm drum act cut the ginger into the slice. It also has a variable speed motor. It is used in transport are ginger sheet to set roll the slice. In the cover plate cut a slot ginger it will, enter at a time, a head cleaner, semi automatic slice ginger machine a sheet was 81.8 kilograms/hour equivalent to 6.2 times the workers and cutting a slice of about 17.9 kilograms/hour equivalent to 2.5 times the workers with. Able to slide only 13.2 kilograms/hour and cutting only about 7.1 kilograms per hour and when the timing was integrating the semi-automatic machine slice ginger is about 30.86 kilograms per hour and workers produced 4.6 kilograms/hour equivalent to 6.7 times, and in addition to ginger, then slide to slide to other crops such as potatoes, los crash etc.

From the design and construction of a semi-automatic slice ginger is there a way to use a convenient and easy use and maintenance. Reduce fatigue and stress from work that requires high skills.

Keyword : Machine Slice Ginger, Ginger, Roller Cutting

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความร่วมมือ ร่วมใจหลายฝ่าย และประการสำคัญโครงการนี้ ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณรายได้ งบรายจ่ายอื่นๆด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ 2554 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมอุตสาหการที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ เครื่องจักร และห้องปฏิบัติการเครื่องมือกล ตลอดจนกลุ่มพ่อค้าแม่ค้าในชุมชนหลังตลาดคอมแพล็กซ์ที่ตลาดสดหาดใหญ่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ และขอบคุณคณาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่าน ที่ให้กำลังใจและแนะแนวทาง จนทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

30 มิถุนายน 2554

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขต	3
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	3
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 ขิง	6
2.3 ชิ้นส่วนเครื่องจักรและการออกแบบ	8
2.4 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากเครื่องจักร	39
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	42
3.1 แผนการดำเนินงาน	42
3.2 การออกแบบเครื่องจักร	44
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	56
3.4 วิธีการทดสอบและปรับปรุงแก้ไขเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ	68
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์	78
4.1 ผลการทดลอง	78
4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	80
4.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	85
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	90
5.1 สรุปผลการทดลอง	90
5.2 ข้อเสนอแนะ	91

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	92
ภาคผนวก ก	94
พืชผลที่ได้จากทดลองของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ	95
ภาคผนวก ข	98
คู่มือการใช้และการบำรุงรักษาเบื้องต้นของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ	99
ภาคผนวก ค	103
แบบเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ	104

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ค่าตัวประกอบความล้า	16
2.2	เปรียบเทียบการใช้งานและคุณภาพของสายพาน	34
3.1	แผนการดำเนินของโครงงาน	42
3.2	รายการวัสดุและชิ้นส่วนมาตรฐาน	56
4.1	ผลการทดลองการสไลด์เป็นแผ่นด้วยแรงงานคน	78
4.2	ผลการทดลองการซอยเป็นเส้นด้วยแรงงานคน	79
4.3	ผลการทดลองการสไลด์เป็นแผ่นด้วยเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ	79
4.4	ผลการทดลองการตัดซอยเป็นเส้นด้วยเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ	80
4.5	ความสามารถในการสไลด์ขิงและตัดซอยเป็นเส้นระหว่างเครื่องกับแรงงานคน	81
4.6	อัตราค่าไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย	86

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ลักษณะการเปรียบเทียบขั้นตอนการผลิตขิงซอย	2
2.1	การพิจารณาเพลา	12
2.2	ลักษณะเพลาที่ถูกกระทำด้วยโมเมนต์บิด	16
2.3	ระยะโก่งที่ Cantilever มี Load W ที่ปลายอิสระ	18
2.4	ระยะโก่งที่ Simply Supported Beam with Concentrated Load	19
2.5	รูปแบบของระบบรองลื่น	22
2.6	แสดงการส่งกำลังจากเฟืองโซ่ไปยังโซ่โรลเล่อร์	22
2.7	การหมุนของฟันเฟือง	23
2.8	ลักษณะเฟืองขบกันภายนอกและขบกันภายใน	24
2.9	ลักษณะของเฟืองตรง	24
2.10	ลักษณะของเฟืองเฉียง	25
2.11	ลักษณะของเฟืองดอกจอก	25
2.12	ลักษณะของเฟืองหนอน	26
2.13	ลักษณะของเฟืองสะพาน	26
2.14	ลักษณะของเฟืองวงแหวน	27
2.15	ลักษณะของเฟืองก้างปลา	27
2.16	ลักษณะของเฟืองเกลียวสกรู	28
2.17	ชื่อส่วนต่าง ๆ ของฟันเฟือง	28
2.18	สายพานแบนแบบเปิด	30
2.19	สายพานแบนแบบเปิดมีล้อกดสายพาน	31
2.20	สายพานแบนแบบไขว้	31
2.21	สายพานแบนแบบกึ่งไขว้	32
2.22	สายพานแบนแบบไขว้มีล้อกดสายพาน	32
2.23	รูปหน้าตัดของสายพานลิ่มมาตรฐาน	33
2.24	รูปหน้าตัดของสายพานลิ่มหน้าแคบ	33
2.25	การส่งกำลังด้วยอัตราทดชั้นเดียว	34

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.26	การส่งกำลังด้วยอัตราทดหลายชั้น	35
2.27	การกระทำของแรงในระบบการส่งกำลังด้วยสายพานลิ่ม	36
2.28	ส่วนประกอบสายพานลิ่ม	37
2.29	ล้อสายพานลิ่มแบบต่าง ๆ	38
3.1	ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	43
3.2	ขนาดของล้อสายพานและความเร็วรอบเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ	44
3.3	แรงตึงที่เกิดขึ้นบนล้อสายพาน	45
3.4	ลักษณะระยะและแรงที่กระทำกับเพลา	47
3.5	SFD ระยะและแรงที่กระทำกับเพลา	48
3.6	ลักษณะระยะและแรงที่กระทำกับเพลา	51
3.7	การส่งกำลังมอเตอร์ไปยังชุดตัดซอยเป็นเส้น	52
3.8	ลักษณะของเฟืองขบกันภายนอก	53
3.9	ลักษณะของโครงเครื่อง	58
3.10	ลักษณะของโครงสายพานลำเลียง	58
3.11	ลักษณะของโครงลูกกลิ้งตัดซอย	59
3.12	ลักษณะของฝาครอบแผ่นเพลทจานสไลด์	59
3.13	ลักษณะของจานสไลด์ขิงแผ่น	60
3.14	ลักษณะของเพลาที่ยึดติดกับแผ่นจานสไลด์ขิงแผ่น	60
3.15	ลักษณะของแบริ่งสวมติดกับตุ๊กตา	61
3.16	ลักษณะของพลูเล่ย์ขนาดต่าง ๆ	61
3.17	ลักษณะของใบมีดสไลด์ขิงแผ่น	62
3.18	ลักษณะของช่องใส่ขิงและสปริง	62
3.19	ลักษณะของฝาปิดจานสไลด์	63
3.20	ลักษณะของมอเตอร์	63
3.21	ลักษณะของมอเตอร์เกียร์	64
3.22	ลักษณะของสายพานลำเลียง	64

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.23	ลักษณะของเพลาขับสายพาน	65
3.24	ลักษณะของคับปลิ้ง	65
3.25	ลักษณะของลูกกลิ้งตัดซอยเป็นเส้น	66
3.26	ลักษณะของเพลา	66
3.27	ลักษณะตลับลูกปืนวาย	67
3.28	ลักษณะชุดเฟืองขับ	67
3.29	ลักษณะเฟืองโซ่ขับเพลา	68
3.30	ลักษณะหวี	68
3.31	ลักษณะของช่องสไลด์ขิงก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง	69
3.32	ลักษณะของช่องใส่ขิงก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง	69
3.33	ลักษณะของเพลาแบบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง	70
3.34	ลักษณะของขิงที่สไลด์เป็นแผ่น	70
3.35	ลักษณะของขิงที่ซอยเป็นเส้น	71
3.36	ลักษณะรูปทรงของไม้ที่นำมาทดลองในการซอย	71
3.37	ลักษณะเหล็กเส้นแบนที่นำมาประกอบติดกับลูกกลิ้งสายพานลำเลียง	72
3.38	ลักษณะของของขิงที่ได้ปรับปรุงช่องใส่ขิง	72
3.39	ลักษณะของชุดซอยที่ทดลองกับเครื่องย่อยกระดาษ	73
3.40	ลักษณะขิงที่ติดอยู่ในร่องฟันลูกกลิ้ง	73
3.41	ลักษณะโครงลูกกลิ้งของชุดตัดซอยเป็นเส้น	74
3.42	ลักษณะขิงในการทดลองครั้งที่ 7	74
3.43	ลักษณะขิงในการทดลองครั้งที่ 8	75
3.44	ลักษณะของการพิมพ์ลายลูกกลิ้ง	75
3.45	ลักษณะของขิงที่ผ่านการตัดซอยของลูกกลิ้ง	76
3.46	ลักษณะผลของการตัดซอยเป็นเส้นด้วยเครื่องซอยขิงอัตโนมัติ	76
3.47	ลักษณะความยาวของขิงแผ่นและขิงเส้น	77

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.1	ลักษณะการผลิตเปรียบเทียบระหว่างแรงงานคนกับเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ	83
4.2	ลักษณะการเปรียบเทียบการสไลด์ของเครื่องกับแรงงานคน	84
4.3	ลักษณะขิงซอยและขิงไม่สมบูรณ์ที่เกิดจากเครื่อง	84
4.4	ลักษณะขิงดีและขิงไม่สมบูรณ์ที่ได้จากการตัดซอยเป็นเส้นด้วยเครื่อง	84
4.5	ลักษณะขิงดีและขิงไม่สมบูรณ์ที่เกิดจากการตัดซอยเป็นเส้นด้วยแรงงานคน	85

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ขิงเป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่สำคัญของไทย ซึ่งเริ่มมีการส่งออกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518 เป็นต้นมา ผลผลิตขิงทั้งขิงแห้ง และขิงสดในปี 2551 มีปริมาณรวม 39136.55 ตัน เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาร้อยละ 30.79 โดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่นนิยมบริโภคขิงมาก ซึ่งคุณภาพขิงจากไทยที่มีคุณภาพดีกว่าประเทศคู่แข่ง เช่น จีน ทำให้ยอดส่งออกเพิ่มขึ้นในปี 2551 ส่งออกขิงแช่แข็งปริมาณ 15378.07 ตัน มูลค่า 261.81 ล้านบาท และส่งออกขิงแบบอื่น ๆ เช่น ขิงสด ขิงอบแห้ง ปริมาณ 23758.48 ตัน มูลค่า 603.92 ล้านบาท [1] ซึ่งการผลิตขิงเข้าโรงงานอุตสาหกรรมมีความสำคัญมาก การส่งออกขิงส่วนใหญ่เป็นขิงแปรรูปและผลิตภัณฑ์จากขิง มีการส่งออกในรูปขิงดองมากที่สุด โรงงานแปรรูปขิงของประเทศไทยกระจายกันอยู่ตามส่วนภูมิภาค และมีการขยายการผลิตเพิ่มขึ้นในแต่ละแห่ง ทำให้มีการจ้างงานในชนบทและมีผลดีต่อเศรษฐกิจ

จากได้ศึกษาถึงกระบวนการผลิตขิงซอยของพ่อค้าแม่ค้าในชุมชนหลังตลาดคอมแพล็กซ์ที่ตลาดสดหาดใหญ่ พบว่ามีความต้องการของตลาดเป็นจำนวนมาก แต่สภาพการผลิตปัจจุบันผู้ผลิตสามารถผลิตได้ประมาณ 9000 กิโลกรัมต่อเดือน คิดเป็นเงินมูลค่า 675,000 บาท [2] ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค จากกระบวนการผลิตที่อาศัยแรงคนงานเป็นหลัก และมีขั้นตอนที่ยุ่งยากคือ ขิงที่สไลด์แล้วได้ 1 ตะกร้า น้ำหนักประมาณ 14 ถึง 15 กิโลกรัม แล้วนำมาซอยเป็นเส้น โดยขิง 1 กิโลกรัม ใช้เวลาสไลด์ประมาณ 6 นาที และใช้เวลาซอยประมาณ 12 นาที ดังนั้นเวลาผลิตขิงซอยต้องใช้ของมีคม เช่น มีดตัดซอย มีดตัดสไลด์ เป็นต้น ทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย และใช้เวลาในการผลิตที่นาน เมื่อต้องการเพิ่มผลผลิตก็ต้องเพิ่มจำนวนคน และต้องใช้เวลามากในการซอยขิงแต่ละครั้ง ขิงซอยที่ลูกค้าต้องการขนาดความกว้างของหน้าตัดเฉลี่ยประมาณ 2 มิลลิเมตร และความยาวเฉลี่ยประมาณ 60 มิลลิเมตร แต่ส่วนใหญ่ความยาวจะไม่ค่อยคำนึงถึง ขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้า ซึ่งต้องสั่งทำเป็นพิเศษ เช่น ในกรณีที่โรงงานทำขิงดองกระป๋องส่งไปประเทศญี่ปุ่นมีทั้งเส้นสั้น และยาวผสมกัน แต่บางครั้งอาจจะมีขนาดมาเกี่ยวของ เช่น ขนาดความกว้างของหน้าตัดเฉลี่ยประมาณ 2 มิลลิเมตร และความยาวประมาณ 20 มิลลิเมตร ในกรณีที่ลูกค้าสั่งทำเป็นพิเศษราคาจะแตกต่างกันประมาณกิโลกรัมละ 5 บาท เมื่อซอยเสร็จแล้วก็นำมาแช่น้ำสารฟอกขาว 1 น้ำ แล้วนำมาล้างน้ำสะอาดอีก 2 น้ำ เพื่อให้น้ำยาของสารฟอกขาวออกจากเนื้อขิงและแป้งที่อยู่ในเนื้อของขิงออกด้วย และนำมาแช่น้ำสารส้มอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้เส้นของขิงนั้นแข็งตัวและขาวขึ้น แล้วนำไปล้างน้ำสะอาดอีก 2 น้ำ ในการแช่น้ำแต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 5 นาที เมื่อล้างน้ำเสร็จ

แล้วก็บรรจุใส่ถุงหรือภาชนะนำไปส่งออกขายตลาด ขั้นตอนในการผลิตเริ่มจากการนำวัตถุดิบที่ได้ คือ ขิงอ่อนและขิงแก่นำมาผ่านกระบวนการ โดยการนำขิงมาขูดเปลือกออก จากนั้นนำขิงที่ผ่านการขูดเปลือกมาสไลด์ให้เป็นแผ่นบาง ๆ และประกบแผ่นขิงที่สไลด์ให้เป็นชั้นเพื่อให้ง่ายต่อการซอย จากนั้นสามารถซอยขิงให้เป็นเส้นเล็ก ๆ ออกมา จากขั้นตอนดังกล่าวสามารถดูได้ดังแสดงในรูปที่ 1.1

รูปที่ 1.1 ลักษณะการเปรียบเทียบขั้นตอนการผลิตขิงซอย

จากรูปที่ 1.1 แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนแบบเดิมในการสไลด์เป็นแผ่น การประกบแผ่น และซอยให้เป็นเส้นนั้นจะต้องใช้เวลานาน และยุ่งยาก ทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคจึงควรมีการปรับปรุงใหม่ โดยขั้นตอนการประกบแผ่นเปลี่ยนเป็นการใช้สายพานลำเลียงแทน แล้วซอยเป็นเส้นเพื่อลดความยุ่งยากในการทำงาน และลดเวลาในการผลิตดังวิธีการทำงานแบบใหม่จึงต้องอาศัยเครื่องจักรเข้ามาช่วยในการทำงาน

ดังนั้นผู้จัดทำโครงงานจึงมีแนวคิดในการพัฒนาสร้างเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติมาทำงานแทนแรงงานคนที่มีจำกัดเพื่อลดเวลาในการผลิตขิงซอย และลดการใช้ปริมาณแรงงานคนในขั้นตอนดังกล่าวให้ดำเนินงานได้มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงความสะอาด และความปลอดภัยทั้งผู้ปฏิบัติงาน และผู้บริโภคทำให้ปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นเพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อออกแบบ และสร้างเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ

1.2.2 เพื่อลดเวลาในการผลิต และเพื่อใช้เป็นเครื่องต้นแบบที่ใช้ทดแทนวิธีการทำงานด้วยแรงงานคน

1.3 ขอบเขต

1.3.1 ออกแบบ และสร้างเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้สำหรับการสไลด์ และตัดซอยเป็นเส้นพืชผลทางการเกษตร

1.3.2 สามารถสไลด์ขิงแผ่นได้ไม่น้อยกว่า 75 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สามารถตัดซอยขิงเป็นเส้นได้ไม่น้อยกว่า 15 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเมื่อรวมเวลาในการสไลด์ และตัดซอยได้ไม่น้อยกว่า 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ขึ้นอยู่กับความหนา และขนาดของขิง

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 ได้เครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ

1.4.2 สามารถลดปัญหาวิธีการทำงานด้วยแรงงานคน มาเป็นการทำงานที่ใช้เครื่องจักรทดแทน

1.4.3 สามารถเพิ่มผลผลิตในกระบวนการแปรรูปขิงได้

1.4.4 สามารถประยุกต์ใช้สำหรับการสไลด์ และตัดซอยพืชผลทางการเกษตรได้

1.4.5 สามารถนำความรู้ที่เรียนมานำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบเครื่องจักรได้

บทที่ 2
งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการออกแบบ และสร้างเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยเบื้องต้นจะต้องทราบถึงกรรมวิธีในขั้นตอนการผลิต เพื่อจะนำมาประยุกต์ และออกแบบการทำงานของเครื่องจักรให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในการออกแบบ และสร้างเครื่องจักรนั้นจำเป็นต้องให้ความสำคัญในเรื่องของความปลอดภัยต่อทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคเป็นสำคัญ รวมทั้งการออกแบบรูปร่าง และชิ้นส่วนต่าง ๆ จะต้องคำนึงต้นทุนในการผลิต การบำรุงรักษาที่เหมาะสม เพื่อให้เครื่องจักรนั้นสามารถทำงานในเชิงอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ทำโครงการได้ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการนี้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ (2546) [3] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องหั่นตะไคร้แบบสไลด์มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบที่สามารถผลิตตะไคร้ที่มีลักษณะตามต้องการ คือ มีลักษณะยาวตามแนวลำต้นประมาณ 3 ถึง 6 เซนติเมตร ชุดใบมีดประกอบด้วยจานยึดใบมีดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร ติดใบมีดจำนวน 3 ใบ ใช้มอเตอร์ขนาด 1/3 แรงม้า จานจับใบมีดหมุนด้วยความเร็วรอบ 240 รอบต่อนาที และช่องป้อนตะไคร้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร การทำงานใช้คนป้อนตะไคร้เข้าสู่ช่องป้อน ขณะป้อนต้องทำการหมุนต้นตะไคร้ทิศทางทวนเข็มนาฬิกาไปด้วย ผลการทดลองเครื่องสามารถทำงาน ได้ผลผลิตออกมาได้ตามที่ต้องการไม่แตกต่างจากที่ทำด้วยมือ จากการทดสอบเพื่อหาอัตราการหั่นตะไคร้ต่อชั่วโมงพบว่ามีอัตราเฉลี่ยเป็น 7.64 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อเทียบกับอัตราเฉลี่ยที่คนทำได้ 7.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะเห็นได้ว่าเครื่องผลิตได้มากกว่าคน ส่วนประกอบของเครื่องมีโครงสร้างรับน้ำหนัก ช่องป้อนตะไคร้ ชุดส่งกำลัง และชุดจานขับใบมีด

ณัฐพล กล้าไพรี และคณะ (2547) [4] ได้ทำการวิจัย เรื่องใบมีดตัดที่เหมาะสมในเครื่องหั่นแว่นสับปะรดแบบใบมีดหมุนในแนวนอน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงใบมีดตัดให้สามารถหั่นแว่นสับปะรดได้สมรรถนะที่ดีขึ้น ผลการศึกษาพบว่าใบมีดตัดแบบมุมเฉียงซึ่งทำมุม 10 องศากับแนวระดับใช้แรงในการตัดสับปะรดต่ำที่สุด การโก่งตัวของใบมีดแปรผกผันกับความหนาของใบมีด และความกว้างของใบมีด โดยที่ใบมีดกว้าง 50 มิลลิเมตร และหนา 2 มิลลิเมตร มีระยะการโก่งตัวที่ปลายใบมีดใกล้เคียงกับใบมีดกว้าง 60 มิลลิเมตร หนา 2 และ 3 มิลลิเมตร แต่มีราคาต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ดังนั้นจึงเลือกใช้ใบมีดกว้าง 50 มิลลิเมตร และหนา 2 มิลลิเมตร การทดสอบ

สมรรถนะเครื่องหั่นแว่นสับปะรดติดใบมีดที่ออกแบบใหม่ชี้ให้เห็นว่าความเร็วใบมีดตัดที่เหมาะสมมีค่า 60 รอบต่อนาที ให้เปอร์เซ็นต์ชิ้นสับปะรดเกรด A สูงที่สุดกว่าร้อยละ 80 และมีความสามารถในการหั่นชิ้นสูงกว่า 900 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

เมธี ศรีประเสริฐทรัพย์ และธนา ชั่งจีน (2547) [5] ได้ทำการพัฒนาเครื่องซอยหมาก ลักษณะของโครงการดังกล่าวได้สร้างเครื่องซอยหมากนี้ ใช้มอเตอร์กระแสสลับขนาด 190 วัตต์ แรงดัน 220 โวลต์ เป็นต้นกำลัง โดยกำลังขับผ่านเฟืองโซ่เพื่อส่งกำลังไปยังระบบต่าง ๆ ของเครื่อง โดยแยกการทำงานออกเป็น 2 ระบบ คือ ระบบป้อนหมาก และระบบตัดเฉือน การทำงานของเครื่องคือการนำหมากสดมาทำการปอกเปลือก ใส่ลงในถังไปสู่ชุดป้อน โดยที่ชุดป้อนหมากจะนำเอาหมากเข้าสู่ชุดตัดเฉือนครั้งที่ 1 ผลต่อช่องมีทั้งหมด 3 ช่อง หลังจากหมากตกลงไปในชุดตัดเฉือนแล้ว ชุดดันหมากซึ่งรับกำลังจากเพลาลูกเบี้ยว ทำการดันผลหมากให้ผ่านชุดใบมีดลักษณะขั้นบันไดจำนวน 5 ชั้น หมากจะถูกตัดออกเป็นแผ่นในตำแหน่งนี้ จากผลการทดลอง และใช้งานจริงปรากฏว่า เครื่องซอยหมากสามารถใช้ได้จริงตามปริมาณที่กำหนดไว้ โดยได้แผ่นหมากมีความหนา 5 มิลลิเมตร เท่ากันทุก ๆ แผ่น และปริมาณการผลิตประมาณ 14 ผลต่อนาที

อเนก สมเคราะห์ (2548) [6] ได้สร้างเครื่องหั่นต้นกล้วย โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างเครื่องหั่นต้นกล้วยให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อนำไปแปรรูปเพื่อให้เกิดมูลค่ามากขึ้น เช่น กระดาษใยกล้วย อาหารสัตว์ ปุ๋ยหมัก เป็นต้น โดยออกแบบเครื่องหั่นต้นกล้วยออกเป็นสองแบบ คือ แบบใบมีดตามแนวแกนเพลา และใบมีดตามแนวรัศมี จากการทดสอบพบว่าแบบแรกเส้นใยจะพอกที่คมตัดของใบมีดทำให้ไม่สามารถตัดได้ แบบที่สองหั่นได้ดีไม่มีใยกล้วยพอกใบมีด และสามารถควบคุมความหนาของเศษตัดได้ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าเครื่องหั่นต้นกล้วยที่มีใบมีดในแนวรัศมี สามารถทำงานทำเป็นเครื่องต้นแบบในการผลิตได้

นงลักษณ์ ปานเกิดดี และสัมพันธ์ ศรีสุริยวงศ์ (2549) [7] ได้ทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องหั่นผักใบไฮเทค เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการเตรียมวัตถุดิบแปรรูปอาหารประสิทธิภาพสูง โดยที่เครื่องดังกล่าวสามารถหั่นผักใบชนิดต่าง ๆ ได้เช่น ผักกาด กะหล่ำปลี ต้นหอมพริก เป็นต้น จากการทดสอบพบว่าเครื่องหั่นผักที่ได้พัฒนา และวิจัยนี้สามารถหั่นผักได้ความกว้างไม่เกิน 100 มิลลิเมตร และมีอัตราการผลิต 200 ถึง 250 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สามารถหั่นผักที่มีความหนาได้มากกว่า 0.5 มิลลิเมตร โดยไม่ทำให้ผักช้ำ วัสดุที่ใช้นำมาใช้ทำเครื่องเป็น สเตนเลสเกรดอาหาร และใช้ระบบสายพานในการส่งกำลังทั้งหมด มีการออกแบบใบมีดตัด 3 แบบ คือ หั่นวัตถุดิบให้มีความหนามากกว่า 10 มิลลิเมตร วัตถุดิบให้มีความหนาน้อยกว่า 10 มิลลิเมตร และหั่นวัตถุดิบแผ่นบางให้มีความหนาน้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตร หลักการทำงานของเครื่อง จะเริ่มจากการเรียงวัตถุดิบที่ต้องการตัดเข้าสู่เครื่องหั่นทางสายพานป้อนวัตถุดิบ จากนั้นสายพานจะทำการผลักวัตถุดิบเข้าหาใบ

ตัด โดยมีสายพานด้านบนอีกตัวเป็นตัวพยุงเข้าสู่ใบตัด และเมื่อวัตถุดิบผ่านใบมีดตัดเรียบร้อยแล้ว ผลิตภัณฑ์จะตกลงสู่ช่องทางออกด้านล่าง พร้อมสำหรับนำไปเข้ากระบวนการอื่นต่อไป

นายวัชรวัชช์ สายควรเกย และนายสราวุฒิ สีดำ (2550) [8] ได้สร้างเครื่องหั่นกล้วยดิบโดยมีลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 188 × 240 มิลลิเมตร ด้านบนมีลักษณะเป็นฝาปิด และมีช่องสำหรับใส่กล้วย และด้านหน้าจะเป็นช่องไหลออกของกล้วยภายในประกอบด้วยมือหมุน เมื่อหมุนแล้วจะส่งกำลังไปยังเพลา ซึ่งมีหวีกล้วยติดอยู่กับเพลา และชุดป้อนจะอยู่ด้านบนของเครื่อง ผลการทดลองเครื่องสามารถทำงานได้ผลผลิตออกมาได้ตามที่ต้องการไม่แตกต่างจากที่ทำด้วยมือ จากการทดสอบสามารถหั่นกล้วยได้ 17 ถึง 19 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

2.2 ขิง

2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของขิง ขิงเป็นพืชล้มลุกมีเหง้าใต้ดิน เปลือกนอกสีน้ำตาลแกมเหลือง เนื้อในสีนวลมีกลิ่นหอมเฉพาะ แทงหน่อหรือลำต้นเทียมขึ้นเป็นกอประกอบด้วย กาบหรือโคนใบหุ้มซ้อนกัน จัดเป็นพืชตระกูลเดียวกันกับข่า ขมิ้น กระวาน ขิงอ่อนมีสีขาวออกเหลือง มีรสเผ็ดและกลิ่นหอม ยิ่งแก่ยิ่งมีรสเผ็ดร้อน ขิงนิยมปลูกทั่วไปทุก ๆ ภาคของประเทศ มีปลูกมากที่จังหวัด ประจวบคีรีขันธ์ เชียงราย พะเยา เลย เพชรบูรณ์ เพชรบุรี พิษณุโลก เป็นต้น

1) ลำต้น มีลักษณะเป็นกอสูงประมาณ 90 เซนติเมตร

2) ใบ เป็นชนิดใบเดี่ยว ออกเรียงสลับกันเป็นสองแถวรูปร่างคล้ายใบไผ่ กว้าง 1.5 ถึง 2 เซนติเมตร ยาว 12 ถึง 20 เซนติเมตร โคนใบสองแคบและจะเป็นกาบหุ้มลำต้นเทียม ตรงช่วงระหว่างกาบกับตัวใบจะหักโค้งเป็นข้อศอก

3) ดอก มีสีขาว ออกรวมกันเป็นช่อรูปเห็ดหรือกระบองโบราณ แทงขึ้นมาจากเหง้าชูก้านสูงขึ้นมา 15 ถึง 25 เซนติเมตร ทุก ๆ ดอกที่กาบสีเขียวปนแดงรูปโค้ง ๆ ห่อรองรับกาบจะปิดแน่นเมื่อดอกยังอ่อน และจะขยายอ้าให้เห็นดอกในภายหลังกลีบดอก และกลีบรองกลีบดอกมีอย่างละ 3 กลีบ อุ้มน้ำ และหลุดร่วงไว โคนกลีบดอกม้วนห่อ ส่วนปลายกลีบผายกว้างออกเกสรผู้มี 6 อัน

4) ผล มีลักษณะกลม แข็ง โต วัดผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร [9]

2.2.2 พันธุ์ของขิง โดยทั่วไปพันธุ์ของขิงจะแบ่งออกกว้าง ๆ ได้ 2 พันธุ์ คือ

1) ขิงใหญ่หรือขิงหยวก จะมีแง่งใหญ่ ข้อห่าง เนื้อละเอียด ไม่มีเสี้ยนหรือมีแต่น้อย มากรสเผ็ดน้อยใต้เซลล์ผิวเมื่อลอกออกจะไม่มีสีหรือสีเหลือง ลักษณะตาที่ปรากฏจะกลมมน ลำต้นสูง ปลายใบมนป้าน เหมาะสำหรับปลูกเป็นขิงอ่อน ส่งโรงงานแปรรูปเป็นขิงดอง ขิงแช่อิ่มหรือใช้บริโภคสดได้

2) ขิงเล็กหรือขิงเผ็ด จะมีแง่งเล็ก สั้น ข้อถี่ เนื้อมีเสี้ยนมาก รสค่อนข้างเผ็ด ลักษณะของตาที่ปรากฏบนแง่งค่อนข้างแหลม แตกแขนงดี นิยมปลูกเป็นขิงแก่ เพราะได้น้ำหนักดี ใช้ทำเป็นสมุนไพรประกอบทำยารักษาโรคและสกัดน้ำมัน [10]

2.2.3 การขยายพันธุ์ การปลูกขิงชอบดินร่วนซุยผสมปุ๋ยหมัก หรือดินเหนียวปนทราย โดยดินที่ปลูกควรมีหน้าดินลึก 30 ถึง 40 เซนติเมตร ยกดินเป็นร่องห่างกัน 30 เซนติเมตร ปลูกห่างกัน 20 เซนติเมตร ลึก 5 ถึง 10 เซนติเมตร หั่นแบ่งแง่งขิงที่เป็นท่อนพันธุ์ ทาปูนบริเวณรอยแผล ทิ้งไว้ให้แห้ง 2 ถึง 3 วัน จึงนำไปปลูก ขิงชอบขึ้นในที่ชื้นมีการระบายน้ำดี แต่ไม่ชอบน้ำขัง เพราะถ้าน้ำขังอาจทำให้เกิดโรคเชื้อรา การปลูกจึงต้องหมั่นรดน้ำ ขิงที่ใช้บริโภคมีทั้งขิงอ่อนและขิงแก่ ขิงอ่อนที่ปลูกในภาคกลางนิยมปลูกยกเป็นร่อง ส่วนที่ปลูกทางภาคเหนือนิยมปลูกเป็นไร่ หลังจากพรวนดินจนร่วนซุย และผสมปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีสูตร 15 - 15 - 15 รองบริเวณก้นหลุมก่อนปลูก 1 สัปดาห์ หลังจากปลูกท่อนพันธุ์แล้วให้เอาเศษหญ้าหรือเศษฟางคลุมด้านบนนาน 3 ถึง 4 เดือน หลังจากนั้นจึงรื้อออก แง่งขิงอ่อนไม่ถูกแสง จะมีสีขาวนวลน่ารับประทาน ขุดขึ้นมาเป็นแง่งขิงรับประทานสด ถ้าจะปลูกเป็นขิงแก่ต้องทิ้งไว้นานกว่า 8 เดือน การปลูกขิงจะทำได้ 2 ระยะ คือ

1) เริ่มปลูกในเดือนกุมภาพันธ์ ถึง มีนาคม เก็บเกี่ยวได้ประมาณเดือนกรกฎาคม ถึง สิงหาคม เมื่ออายุได้ 6 เดือน เก็บขิงอ่อนจะเหลือบางส่วนไว้ในแปลงเพื่อเก็บเป็นขิงแก่ได้อีกในเดือนพฤศจิกายน ถึง มกราคม หรือประมาณ 8 ถึง 10 เดือน

2) ปลูกในเดือนเมษายน ถึง พฤษภาคม จะเก็บขิงอ่อนในเดือนกันยายน ถึง ตุลาคม และทิ้งบางส่วนไว้เก็บเป็นขิงแก่ในเดือนมกราคม ถึง กุมภาพันธ์

2.2.4 การเก็บเกี่ยว ขิงสามารถเก็บเกี่ยวได้สองระยะ คือ ระยะแรกเก็บเกี่ยวเป็นขิงอ่อน เมื่อปลูกได้ 4 ถึง 6 เดือน ระยะที่ 2 เก็บเป็นขิงแก่เมื่อปลูกได้ 10 ถึง 12 เดือน ใน 1 ไร่ ถ้าเก็บเป็นขิงอ่อนจะได้อย่างมากที่สุด 4500 กิโลกรัม แต่ถ้าเก็บไว้เป็นขิงแก่ได้ถึง 8000 กิโลกรัม โดยการเก็บเกี่ยวจะใช้จอบ หรือเสียมขุดและเหลือบางส่วนไว้ทำพันธุ์จะเก็บเกี่ยวเมื่ออายุได้ 10 ถึง 12 เดือน

2.2.5 สรรพคุณ ขิงเป็นคุณค่าทางอาหาร พร้อมด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น แคลเซียมบำรุงกระดูกและฟัน และยังมีสารเบต้าแคโรทีน ซึ่งช่วยต้านโรคมะเร็งอีกด้วย ประโยชน์ที่ร่างกายได้รับคือ

1) ต้น ขับผายลม บรรเทาอาการจุกเสียดแน่นเฟ้อ บำรุงธาตุไฟ รักษานิ่ว ช่วยย่อยอาหาร ฆ่าพยาธิ แก้ท้องร่วง

2) ใบ ใบสดใช้คั้น เอาแต่น้ำกิน บรรเทาอาการฟกช้ำ ช่วยย่อยอาหาร ขับผายลม รักษาโรคกำเดา นิ่ว เบาขัด ฆ่าพยาธิ ขับลมในลำไส้

3) ดอก ทำให้ชุ่มชื่น ช่วยย่อยอาหาร ฆ่าพยาธิ บำรุงไฟธาตุ รักษานิ่ว ขัดเบา

4) ผล รักษาอาการไข้ บรรเทาอาการคอแห้ง เจ็บคอ กระหายน้ำ ตาฟาง ตาต้อกระจก วิงเวียน บำรุงน้ำนม

5) ราก ทำให้ผิวหนังสดชื่น ขับลม ช่วยให้หลอดคอโปร่ง ทำให้เสียงไพเราะ ฆ่าพยาธิ ช่วยเจริญอาหาร รักษาบิดตกเป็นโรหิต นิ่ว ไอ

6) เหง้า ใช้ทั้งแก่และอ่อน ทำเป็นเครื่องเทศ เครื่องดื่ม กลบรสแต่งกลิ่น ทางยา ใช้ขับลม รักษาอาการท้องอืด จุกเสียด ท้องเฟ้อ คลื่นไส้อาเจียน ไอ หอบ ขับเสมหะ ขับปัสสาวะ บำรุงธาตุ รักษาบิด โดยใช้เหง้าแก่สดขนาดเท่าหัวแม่มือ ประมาณ 5 กรัม ทุบให้แตก ต้มเอาน้ำดื่ม

7) เปลือกเหง้า ใช้แห้ง ต้มน้ำกิน ขับปัสสาวะ ขับลม รักษาอาการท้องอืดแน่น อาการบวมน้ำ ใช้ภายนอกรักษาโรคผิวหนัง กลากเกลื้อน แผลมีหนอง [9]

2.3 ชิ้นส่วนเครื่องจักรและการออกแบบ

การออกแบบรูปร่างและชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักรกล จะต้องคำนึงถึงความสะดวก ต้นทุนในการผลิต การบำรุงรักษา และองค์ประกอบต่าง ๆ จะมีผลทำให้เครื่องจักรนั้นสามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีหลักการออกแบบดังนี้

2.3.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบ การออกแบบเป็นกระบวนการที่น่าสนใจมากกว่าควรจะเริ่มต้นทำอย่างไร และควรจะเริ่มต้นจากการนำกระดาษเปล่าแผ่นหนึ่งมาแล้วเริ่มลงมือแสดงความคิดเห็นต่างลงไป ต่อไปจะเกิดอะไรขึ้น มีอะไรบ้างที่เป็นตัวควบคุม หรือมีผลต่อการตัดสินใจนั้น และสุดท้ายงานออกแบบจะสิ้นสุดลงที่ใด ดังนั้นจึงจะกล่าวถึงขั้นตอนในการออกแบบทั่วไปดังต่อไปนี้

1) รับรู้ความต้องการในการออกแบบ นั้นเริ่มต้นขึ้นจากวิศวกรได้รับรู้ความต้องการหรืออาจได้รับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

2) ลักษณะจำเพาะรวบรวมรายละเอียดของสิ่งที่ต้องการออกแบบให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งอาจประกอบไปด้วย คุณลักษณะ ขนาด ราคา จำนวนที่ต้องการผลิต อายุการใช้งาน อุณหภูมิขนาดใช้งาน ความเชื่อถือได้ และสิ่งที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงได้บ้าง

3) ศึกษารายละเอียดต่าง ๆ เพื่อแยกแยะถึงสิ่งที่จะก่อให้เกิดความเสียหายหรือความล้มเหลว ทั้งทางด้านเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์

4) สังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ลงไปในการออกแบบ ซึ่งจะเป็นขั้นตอนที่ท้าทายและน่าสนใจที่สุดในการออกแบบ เพราะถ้าไม่มีขีดจำกัดอันใดแล้ว ผู้ออกแบบจะทำหน้าที่เป็นวิศวกร นักประดิษฐ์และจิตกรในเวลาเดียวกัน ซึ่งในขณะนี้เขาจะเป็นนักสร้างสรรค์

5) ออกแบบเบื้องต้นและปรับปรุงเป็นการออกแบบให้เหมาะสมกับลักษณะจำเพาะและความต้องการหลายวิธี ที่จะต้องตัดสินใจเลือกเอาวิธีใดวิธีหนึ่ง เป็นแบบเบื้องต้นและปรับปรุงต่อไป

6) ออกแบบรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับขนาดของชิ้นส่วนต่าง ๆ และขนาดของส่วนประกอบอื่น ๆ ทั้งหมด ทั้งที่จะผลิตขึ้นเอง หรือผลิตภัณฑ์สำเร็จที่จะซื้อมาใช้ ซึ่งประกอบเข้าด้วยกันเป็นระบบ ดังนั้นจึงต้องมีแบบรายละเอียดของชิ้นส่วนทุกชิ้นแสดงรูปด้านต่าง ๆ เท่าที่จำเป็น

7) สร้างต้นแบบและทดสอบ

8) ออกแบบสำหรับผลิตในขั้นนี้จะพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเพื่อความเหมาะสมของวิธีการผลิตที่ดีที่สุด

9) ส่งผลิตภัณฑ์ออก โดยปกติมักจะผลิตชิ้นงานต้นแบบและทดสอบถ้ามีปัญหาที่แก้ไขไม่ได้ก็จะส่งกลับไปยังแผนกออกแบบเบื้องต้นเพื่อที่จะหาวิธีแก้ไขปรับปรุงหรืออาจเสนอแนะ [11]

2.3.2 มอเตอร์ไฟฟ้า (Motor) หมายถึง เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนพลังงานจากพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็นชนิดได้ดังนี้

2.3.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) หรือเรียกว่า เอ.ซี มอเตอร์ (A.C. MOTOR) เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้หลักการดูดและผลักกันของแม่เหล็กถาวรกับแม่เหล็กไฟฟ้าจากขดลวดมาทำให้เกิดการหมุนของมอเตอร์ การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าสลับแบ่งออกได้ดังนี้

1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส หรือเรียกว่าซิงเกิลเฟสมอเตอร์ (A.C. Sing Phase)

2) มอเตอร์ไฟฟ้าสลับชนิด 2 เฟส หรือเรียกว่าทูเฟสมอเตอร์ (A.C.Two Phase Motor)

3) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส หรือเรียกว่าทีเฟสมอเตอร์ (A.C. Three Phase Motor)

2.3.2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) หรือเรียกว่าดี.ซี มอเตอร์ (D.C. MOTOR) เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรงผ่านเข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์เพื่อทำให้เกิดการดูดและผลักกันของแม่เหล็กถาวรกับแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากขดลวดมอเตอร์จึงหมุนได้ การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกได้ดังนี้

1) มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรีส์มอเตอร์ (Series Motor)

2) มอเตอร์แบบอนุขนานหรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์ (Shunt Motor)

3) มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมเปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

2.3.3 การออกแบบเพลา จะอธิบายถึงการออกแบบและการวิเคราะห์เกี่ยวกับเพลาในการพิจารณาถึงความเค้น และระยะโก่งที่เกิดขึ้นในเพลา

1) การพิจารณาถึงการออกแบบเพลา อาจจะมีชื่อเรียกแตกต่างกัน ตามลักษณะการใช้งานดังต่อไปนี้

- เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนหมุนและใช้ในการส่งกำลัง
- แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลาแต่ไม่หมุน แต่ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลาและแกนก็นิยมเรียกรวมกันว่าเพลาไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรืออยู่นิ่งก็ตาม
- สพินเดิล (Spindle) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ไม่หมุน เช่น เพลาที่หัวแท่นกลึง (Head Stock Spindle) เป็นต้น
- สตับชาฟต์ (Stub Shaft) บางครั้งเรียกว่า เฮดชาฟต์ (Head Shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์ มอเตอร์หรือเครื่องกำลังอื่น ๆ ที่มีขนาดรูปร่างและส่วนยื่นออกมาสำหรับใช้ต่อกับเพลาอื่น ๆ
- เพลาแนว (Line Shaft) หรือเพลาส่งกำลัง (Power Transmission Shaft) หรือเพลาเมน (Main Shaft) เป็นเพลาซึ่งต่อกับเครื่องต้นกำลัง และใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่น ๆ
- เจ็คชาฟต์ (Jack Shaft) หรือเคาน์เตอร์ชาฟต์ (Count Shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมน หรือเครื่องจักรกล
- เพลาอ่อน (Flexible Shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งได้ เพลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริง หรือลวดเกลียว (Wire Rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้ แต่ส่งกำลังได้น้อย

เพลาอาจจะรับแรงดึง แรงกด แรงบิด แรงดัด หรือแรงหลายอย่างรวมกันได้ ดังนั้นการคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วย แรงเหล่านี้ยังอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลา ทำให้เพลาเสียหายเพราะความล้าได้ ฉะนั้นจึงต้องออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนั้นเพลายังต้องมีความแข็งแกร่ง (Rigidity) เพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดจำกัดที่เหมาะสมระยะโก่ง (Deflection) ของเพลาก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดของเพลาเช่นเดียวกัน เพราะถ้าเพลามีระยะเวลาโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุน

ทำให้ความเร็ววิกฤต (Critical Speed) ของเพลาลดลง ซึ่งอาจทำให้เพลามีการสั่นอย่างรุนแรงในขณะที่ความเร็วของเพลาเข้าใกล้ความเร็ววิกฤตนี้ได้ ระยะโก่งนี้ยังมีผลต่อการเลือกชนิดของที่รองรับเพลา เช่น บอลแบริ่ง (Ball Bearing) ก็ต้องมีการเยื้องแนว (Misalignment) ในการใช้งานที่เหมาะสมกับเพลาด้วย

2) วัสดุเพลา วัสดุเพลาที่ใช้สำหรับทำเพลาทั่วไป คือ เหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียว และมีความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้วมักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะชนิดอื่นทำเพลา เช่น AISI 1347 3140 4150 และ 4340 เป็นต้น เพลาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 90 มิลลิเมตร มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลามีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

3) ขนาดของเพลา เพื่อให้เพลามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดขนาดมาตรฐานของเพลาซึ่งเป็นขนาดระบุ (Nominal Size) ใน ISO/R 775 – 1969 เอาไว้สำหรับผู้ออกแบบจะเลือกใช้ทั้งนี้เพื่อสามารถซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลาด้วยขนาดระบุของเพลามาตรฐาน ISO/R 775 – 1969 [15] ระบุดังนี้ 6 7 8 9 10 12 14 18 20 25 ...380 หน่วยเป็นมิลลิเมตร

4) การพิจารณาในการออกแบบ การคำนวณหาขนาดของเพลาที่พอเหมาะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ในบางครั้งการหาขนาดเพลาเพื่อให้เพลาทนต่อแรงที่มากระทำอย่างเดียวไม่เป็นการเพียงพอ เช่น ในกรณีของเพลาลูกเบี้ยว (Cam Shaft) ในเครื่องยนต์สันดาปภายในต้องการให้มีตำแหน่งเที่ยงตรง ดังนั้นมุมบิดของเพลาที่เกิดขึ้นในลักษณะใช้งานต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ เป็นต้น นั่นคือ เพลาจะต้องมีความแข็งแกร่งอยู่ภายในพิกัดที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้ว ยังอาจจะก่อให้เกิดความสั่นสะเทือนซึ่งมีผลทำให้เฟืองและแบริ่งที่รองรับเพลาอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้น อาจจะให้มีมุมบิดได้ถึง 1 องศา ต่อความยาวเพลา 20 เท่า ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลา ในกรณีของเพลาลูกเบี้ยวสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในแล้ว จะให้มีมุมบิดได้ไม่เกิน 0.5 องศา ตลอดความยาวของเพลา

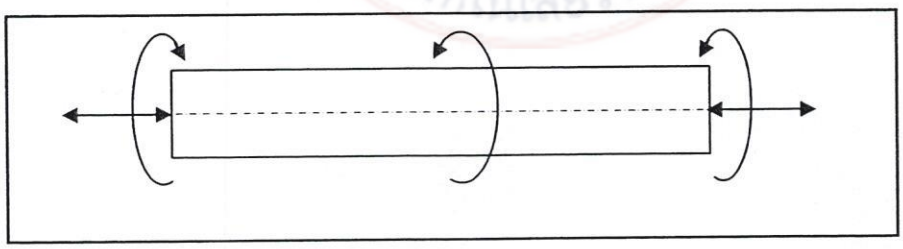
ความแข็งแกร่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็ คือ ความแข็งแกร่งทางด้านระยะโก่งเพราะจะต้องใช้ระยะโก่งของเพลาที่อยู่ภายใต้แรงภายนอกเป็นตัวสำคัญ ในการกำหนดระยะเบียด (Clearance) ระหว่างล้อสายพาน เฟือง โครงของเครื่องจักร ตลอดจนการเลือกชนิดของแบริ่งสำหรับรองรับเพลาให้เหมาะสม การเลือกแบริ่งมารองรับเพลาก็เช่นกัน จำเป็นจะต้องเลือกแบริ่งชนิดที่อนุญาตให้มีการเยื้องแบบธรรมดาหรือแบริ่งแบบปรับแนวโน้มได้เอง (Self-Aligning Bearing) ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับค่าระยะโก่งเป็นสำคัญ ระยะโก่งดังที่กล่าวมานี้ก็ไม่มีมาตรฐานกำหนดเป็นแนวทางไว้โดย

ทั่วไปแล้วผู้ออกแบบอาจจะถือค่าต่อไปนี้เป็นแนวทางในการกำหนดความ แข็งแกร่งทางด้านระยะโก่งได้ดังนี้ คือ

- สำหรับเพลาเครื่องจักรกลทั่วไป ค่าระยะโก่งระหว่างจุดที่รองรับด้วยแบริ่งควรจะไม่เกิน 0.08 มิลลิเมตรต่อเมตร
- สำหรับเพลาที่มีเฟืองตรง คุณภาพดีอยู่ด้วย ระยะโก่ง ณ ตำแหน่งที่มีเฟืองขบกันไม่ควรเกิน 0.125 มิลลิเมตร และความลาดเอียงของเพลา ณ ตำแหน่งนี้ควรจะน้อยกว่า 0.0286 องศา
- สำหรับเพลาที่มีเฟืองดอกจอก คุณภาพดีติดอยู่ ระยะโก่ง ณ ตำแหน่งที่เฟืองขบกันไม่ควรเกิน 0.075 มิลลิเมตร

จากเหตุผลดังที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นว่าขนาดของเพลาอาจจะหาได้โดยใช้ความแข็งแกร่งที่ต้องการแทนที่จะเป็นความแข็งแรงในการรับแรงภายนอกก็ได้ การหาระยะโก่งของเพลาที่มีขนาดเท่ากันตลอดอาจทำได้โดยใช้วิธีที่ได้เรียนรู้มาในวิชากลศาสตร์วัสดุ เช่น วิธีการอินติเกรทสองครั้ง (Double Integration) วิธีพื้นที่โมเมนต์คัด (Moment Area) เป็นต้น สำหรับเพลาที่มีขนาดไม่เท่ากันตลอด (Stepped Shaft) การใช้วิธีดังที่กล่าวมาแล้วอาจจะล่าช้าและเสียเวลา โดยเฉพาะวิธีการอินทิเกรตสองครั้งเพราะต้องใช้สภาพของขอบเขต (Boundary Condition) ใหม่ทุกครั้งที่เพลาเปลี่ยนขนาด วิธีที่นิยมใช้กัน คือ วิธี Graphical Integration และ Numerical Integration

5) การออกแบบเพลาตามโค้ดของ ASME ก่อนปี พ.ศ. 2497 ได้มีการยอมรับวิธีการคำนวณหาขนาดของเพลาส่งกำลังซึ่งกำหนดเป็นรหัส (Code) โดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (ASME) ถึงแม้ว่าล่วงเลยมานานแล้วก็ตาม วิธีการออกแบบเพลาตามโค้ดของ ASME ก็ยังมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดและไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดบนเพลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static Design Method) การหาสมการสำหรับออกแบบเพลาให้พิจารณาเพลา ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การพิจารณาเพลา

เพลาเป็นแบบกลมตัน โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ d ความเค้นต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนเพลามีดังต่อไปนี้ คือ

$$\sigma_a = \frac{4F}{\pi d^2} \quad (2.1)$$

$$\sigma_b = \frac{MC}{I} = \frac{32M}{\pi d^3} \quad (2.2)$$

$$\tau_{xy} = \frac{Tr}{J} = \frac{16T}{\pi d^3} \quad (2.3)$$

เมื่อ $C = \frac{D}{2}$

$I = \frac{\pi d^4}{64}$

$r = \frac{d}{2}$

ในกรณีที่เป็นเพลาแบบกลมกลวง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ D และภายในเท่ากับ d ตามลำดับ ความเค้นต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนเพลามีดังต่อไปนี้ คือ

$$\sigma_a = \frac{4F}{\pi(D^2 - d^2)} \quad (2.4)$$

$$\sigma_b = \frac{MC}{I} = \frac{32MD}{\pi(D^4 - d^4)} \quad (2.5)$$

$$\tau_{xy} = \frac{Tr}{J} = \frac{16TD}{\pi(D^4 - d^4)} \quad (2.6)$$

ในกรณีที่เป็นแรงกดอาจมีผลจากการโก่งงอ (Buckling) ได้ดังนี้ สมการจะกลายเป็น

เพลาตัน $\sigma_a = \frac{4\alpha F}{\pi d^2}$ (2.7)

เพลากลวง $\sigma_a = \frac{4\alpha F}{\pi(D^2 - d^2)}$ (2.8)

ค่าความเค้นเฉือนของเพลาตันและเพลากลวงมีดังนี้คือ

เพลาตัน $\tau = \frac{16T}{\pi d^3}$ (2.9)

เพลากลวง $\tau = \frac{16TD}{\pi(D^4 - d^4)}$ (2.10)

เมื่อ σ_a คือ ความเค้นดึงหรือกด (นิวตันต่อตารางเมตร)

σ_b คือ ความเค้นดัด (นิวตันต่อตารางเมตร)

τ_{xy} คือ ความเค้นเฉือน (นิวตันต่อตารางเมตร)

C คือ ระยะจากแกนสะเทิน (N.A) ถึงผิวนอก (มิลลิเมตร)

D คือ ความโตผ่านศูนย์กลางภายในของเพลา (มิลลิเมตร)

r คือ รัศมีของหน้าตัดวงกลม (มิลลิเมตร)

F คือ แรงในแนวแกน (นิวตัน)

I คือ โมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัด (มิลลิเมตรกำลังสี่)

M คือ โมเมนต์ดัดที่หน้าตัดวิกฤต (นิวตันเมตร)

T คือ โมเมนต์บิด (นิวตันเมตร)

J คือ โมเมนต์เฉื่อยเชิงมุมของพื้นที่หน้าตัด (เมตรกำลังสี่)

C_m คือ ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด

C_t คือ ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

เพลาส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักรทั้งนี้ เพราะเพลาหมุนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่จะกระทำอาจเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาก็ได้ ดังนั้นเพลาจึงเกิดความเสียหายเนื่องมาจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ สำหรับวิธีการคำนวณของ ASME ใช้วิธีการแบบสถิตยศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้า (Fatigue Factor) มาเกี่ยวข้องด้วย ได้จากสมการ

$\sigma_b = \frac{32C_mM}{\pi d^3}$ (2.11)

$$\tau_{xy} = \frac{16C_tT}{\pi d^3} \quad (2.12)$$

ความเค้นกดหรือความเค้นดึงรวม คือ

$$\sigma = \sigma_a + \sigma_b \quad (2.13)$$

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

$$\tau_{max} = [(\sigma/2)^2 + \tau_{xy}^2]^{1/2} \quad (2.14)$$

ในกรณีเพลาตัน K = d / D = 0 การคำนวณหาขนาดความโตของเพลา เมื่อแทนค่าก็จะได้สมการที่มีรูปคล้ายกับหนังสือกลศาสตร์วัสดุทั่วไป คือ

$$d^3 = \frac{5.1}{\tau_p}[(C_m M)^2 + (C_t T)^2]^{1/2} \quad (2.15)$$

ในกรณีที่เป็นเพลากลวงให้ K = d / D ดังนั้นสูตรในการหาขนาดความโตของเพลา คือ

$$d^3 = \frac{5.1}{\tau_p(1 - k^4)}[(C_m M)^2 + (C_t T)^2]^{1/2} \quad (2.16)$$

นอกจากนี้โค๊ดของ ASME ยังได้ระบุเอาไว้ว่า เพลาซึ่งมีใช้อยู่ในงานธรรมดาทั่วไปควรจะมีค่าความเค้นเฉือนใช้งานได้ดังนี้

τ_d = 55 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร สำหรับเพลาที่ไม่มีร่องลิ่ม

τ_d = 41 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร สำหรับเพลาที่มีร่องลิ่ม

แต่ถ้ากำหนดวัสดุของเพลาที่บอกถึงหมายเลขของโลหะหรือส่วนผสมของโลหะให้ใช้ค่าความเค้นเฉือนใช้งาน โดยเลือกใช้ค่าน้อยมาคำนวณ คือ

$$\tau_p = 0.3\,\sigma_y = 0.18\,\sigma_U \quad (2.17)$$

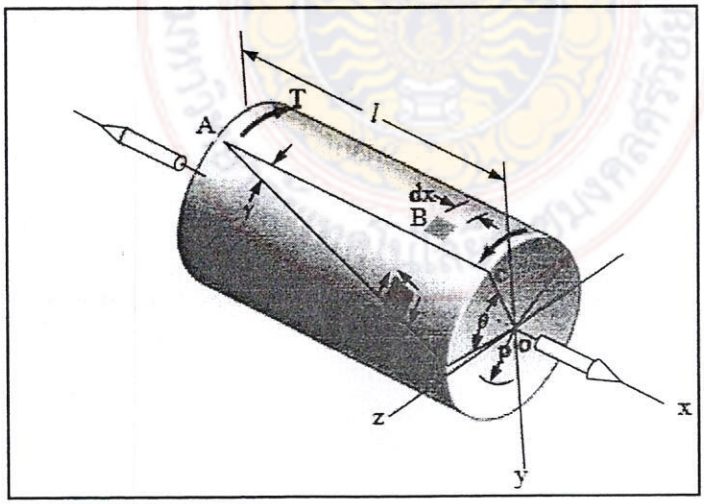
ถ้าเพลามีร่องลิ่มให้ลดค่าความเค้นเฉือนใช้งานโดยใช้เพียง 75 เปอร์เซ็นต์

ค่าตัวประกอบความล้า สามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ ซึ่งหาดูได้จากตาราง 2.1

ตาราง 2.1 ค่าตัวประกอบความล้า [12]

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลาอยู่นิ่ง :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5 - 2.0	1.5 - 2.0
เพลาหมุน :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5 – 2.0	1.0 – 1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0 – 3.0	1.5 – 3.0

6) ความแข็งแกร่งด้านการบิดของเพลา สำหรับเพลาที่มีขนาดสม่ำเสมอมุมบิดเป็นองศา ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ลักษณะเพลาที่ถูกกระทำด้วยโมเมนต์บิด [12]

สำหรับการออกแบบเพลาได้มีการกำหนดเกณฑ์สำหรับค่าชองของมุมบิดไว้ดังนี้

เพลาเครื่องกลทั่วไป ให้มีมุมบิดได้ไม่เกิน 0.27 องศา ต่อความยาว 1 เมตร

เพลาส่งกำลังทั่วไป ให้มีมุมบิดได้ไม่เกิน 1 องศา ต่อความยาว 300 มิลลิเมตร หรือความยาว 20 เท่า ของความโตเส้นผ่านศูนย์กลางเพลา

การตรวจสอบมุมบิดที่จะเกิดขึ้นของเพลาขณะใช้งานสามารถคำนวณ ได้จากสมการ

$$\theta = \frac{TL}{GJ} \qquad (2.18)$$

เมื่อ θ คือ มุมบิด (องศา)

G คือ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของการเฉือน (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)

L คือ ความยาวของเพลาที่ถูกบิด (เมตร)

064388

สำหรับเพลาตัน

$$J = \frac{\pi d^4}{32} \qquad (2.19)$$

ดังนั้นจึงหาค่ามุมบิดของเพลาตันเป็น องศา ได้จากสมการ

$$\theta = \frac{584TL}{Gd^4} \qquad (2.20)$$

ถ้าเป็นเพลากลมกลวง

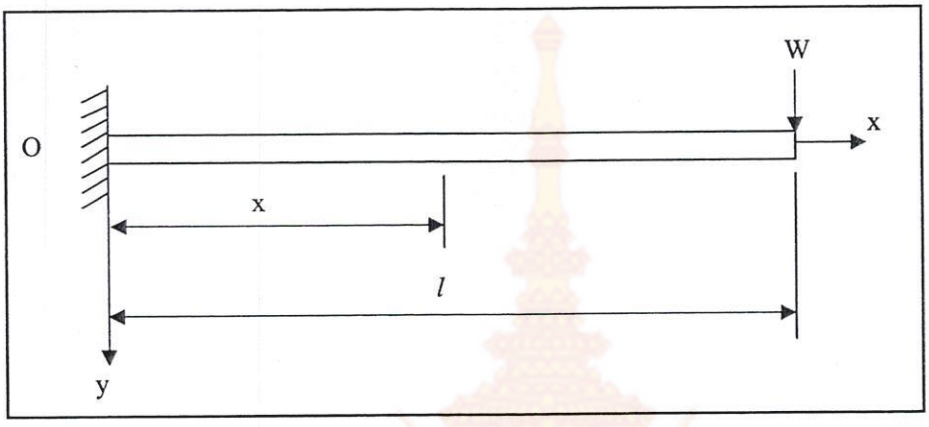
$$J = \frac{\pi}{32}(D^4 - d^4) \qquad (2.21)$$

ดังนั้นจึงหาค่ามุมบิดของเพลากลวงเป็น องศา ได้จากสมการ

$$\theta = \frac{584TL}{(1 - k^4)\,Gd^4} \qquad (2.22)$$

ฉะนั้นถ้าต้องการให้เพลามีความแข็งแรงแกร่งตามลักษณะการใช้งานแล้ว ก็ควรที่จะใช้สมการข้างบนนี้ตรวจสอบดูมุมบิดให้อยู่ในค่าที่ต้องการ

7) การหาระยะโก่งของเพลา ในการหาระยะโก่งที่ Cantilever มี Load W ที่ปลายอิสระ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 จะได้สมการดังนี้



รูปที่ 2.3 ระยะโก่งที่ Cantilever มี Load W ที่ปลายอิสระ

จากรูปที่ 2.8 ให้ Origin O อยู่ที่ปลายซ้ายมือพิจารณาจากระยะแกน x จาก O ดังนั้น

$$M = -W(l - x)$$

$$EI\frac{d^2y}{dx^2} = -M = W(l - x)$$

$$\therefore \quad EI\frac{dy}{dx} = W\left(lx - \frac{x^2}{2}\right) + A \tag{2.23}$$

เมื่อ $x = 0$, slop $\frac{dy}{dx} = 0$, ดังนั้น $A = 0$,

$$\therefore \quad EI\frac{dy}{dx} = W\left(lx - \frac{x^2}{2}\right) \tag{2.24}$$

$$\therefore \quad EIy = W\left(\frac{lx^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right) + B \tag{2.25}$$

เมื่อ $x = 0, y = 0, \therefore B = 0,$

$$\therefore \quad EIy = W\left(\frac{lx^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right) \tag{2.26}$$

จากรูปที่ 2.8 Maximam Slope และ Maximum Deflection เกิดขึ้นที่ปลายอิสระเมื่อ $x = l$, นั่นคือ $\left(\frac{dy}{dx}\right)_{max}$ (เขียนแทนด้วย θ_{max})

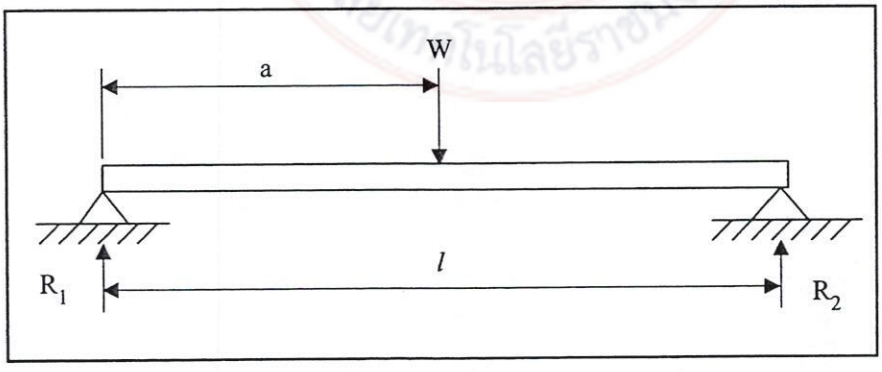
$$\theta_{max} = \frac{Wl^2}{2El} \tag{2.27}$$

$$Y_{max} = \frac{Wl^3}{3EI} \tag{2.28}$$

เมื่อ

	Y	คือ ระยะโก่งของเพลา (มิลลิเมตร)
	A	คือ ความยาวที่ตำแหน่งใด ๆ ของเพลา (มิลลิเมตร)
	M	คือ ค่าของโมเมนต์ดัด (นิวตันเมตร)
	E	คือ ค่า Young's Modulus ของวัสดุ (จิกกะปาสคาล)
	I	คือ ค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (มิลลิเมตรกำลังสี่)
	W	คือ แรง (นิวตัน)

8) การหาระยะโก่งของเพลา ในการหาระยะโก่งที่ Simply Supported Beam with Concentrated Load ดังแสดงในรูปที่ 2.4 จะได้สมการดังนี้



รูปที่ 2.4 ระยะโก่งที่ Simply Supported Beam with Concentrated Load

จากรูปที่ 2.9 $R_1 = W\frac{l-a}{l}$

$$R_2 = \frac{Wa}{l}$$

$$M = R_1x - W[x-a]$$

$$EI\frac{d^2y}{dx^2} = -R_1x + W[x-a]$$

$$\therefore \quad EI\frac{dy}{dx} = -\frac{R_1x^2}{2} + \frac{w}{2}[x-a]^2 + C \qquad (2.29)$$

$$\therefore \quad EIy = -\frac{R_1x^3}{6} + \frac{w}{6}[x-a]^3 + Cx + C_1 \qquad (2.30)$$

ตัด $[x-a]$ ทิ้งเมื่อเป็นลบ (คือ $x < a$)

เมื่อ $x = 0, y = 0$, และตัด [ ] ทิ้งได้ $C_1 = 0$,

$$x = l, y = 0, \therefore \quad 0 = -\frac{R_1l^3}{6} + \frac{W}{6}(l-a)^3 + Cl \qquad (2.31)$$

$$C = \frac{R_1l^2}{6} + \frac{W}{6l}(l-a)^3$$

$$= \frac{W(l-a)l}{6} - \frac{W}{6l}(l-a)^3$$

$$= \frac{Wa}{6l}(l-a)(2l-a)$$

$$\therefore \quad Y = \frac{Wx}{6EI}\frac{l-a}{l}(2al - a^2 - x^2) + \frac{W}{6EI}[x-a]^3 \qquad (2.32)$$

ซึ่งให้ค่า Deflection ตามจุดต่าง ๆ อย่าลืมตัดเทอมหลังทิ้งเมื่อเป็นลบ

$$\text{ที่ } x = a,\ Y_{\text{under load}} = \frac{Wa^2(l - a)^2}{3EIl} \quad (2.33)$$

ถ้า W อยู่ตรงกลาง $a = \frac{l}{2}$ จะใช้สมการ ดังนี้ [13]

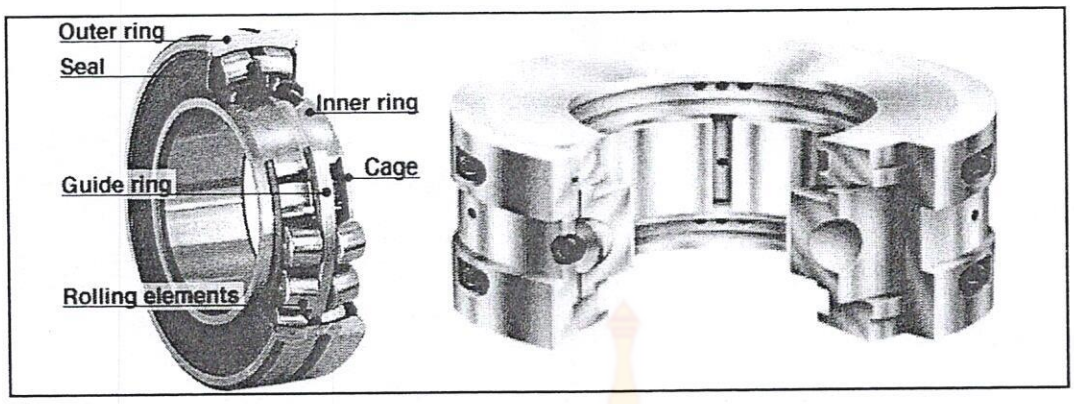
$$Y_{\text{under load}} = \frac{Wl^3}{48EI} \quad (2.34)$$

2.3.4 แบริ่งเป็นระบบรองลื่นจัดเป็นชิ้นส่วนทางกล สำหรับทำหน้าที่รองรับชิ้นส่วนที่มีการหมุนเคลื่อนที่เพื่อให้เกิดการหมุนอย่างเที่ยงตรงอยู่ในทิศทางที่กำหนด และให้มีแรงเสียดทานน้อยที่สุด ตลอดจนทำหน้าที่รองรับ หรือถ่ายถอดแรงที่กระทำ เช่น จากเพลาหรือแกนเข้าสู่ตัวโครงเครื่องรูปแบบของระบบรองลื่น แบ่งออกเป็นลักษณะหลัก ๆ ดังนี้

1) แบริ่งลูกกลิ้ง (Rolling Bearing) ลักษณะแบริ่งแบ่งออกแบบเป็นเม็ดลูกกลิ้งรูปทรงต่าง ๆ เช่น เม็ดกลม เม็ดทรงกระบอก เม็ดเรียว เม็ดโค้ง เป็นต้น เพื่อลดแรงเสียดทานให้น้อยลง ความเสียดทานที่เกิดขึ้นเป็นแบบ ความเสียดทานหมุน แบริ่งลูกกลิ้งเหมาะสำหรับรองรับโหลดไม่มากนัก ในช่วงเริ่มหมุนจะมีความฝืดน้อยถ้าใช้งานในความเร็วต่ำ อายุการใช้งานของแบริ่งลูกกลิ้งจะสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.5 (ก)

2) แบริ่งปลอก (Journal Bearing) เป็นลักษณะปลอกบูชสวมอัดเข้ากับตัวเรือน ความเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวเพลาและแบริ่งเป็นแบบ ความเสียดทานเลื่อน (Sliding Friction) ลักษณะสร้างเป็นปลอกรูปวงแหวนสวมเข้ากับตัวเรือน แบริ่งชนิดนี้มีรูปทรงที่ง่ายต่อการผลิต และหากมีการหล่อลื่นเพียงพอสามารถใช้งานที่ความเร็วรอบสูง ๆ ได้ดี โดยไม่จำกัดอายุการใช้งาน และจากพื้นที่สัมผัสจำนวนมากของ แบริ่งจะช่วยซึมซับแรงสั่นสะเทือนได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 2.5 (ข) ขณะทำงานเสียงจึงเงียบเบา วัสดุทำแบริ่งปลอก ที่เหมาะสมควรมีคุณสมบัติดังนี้

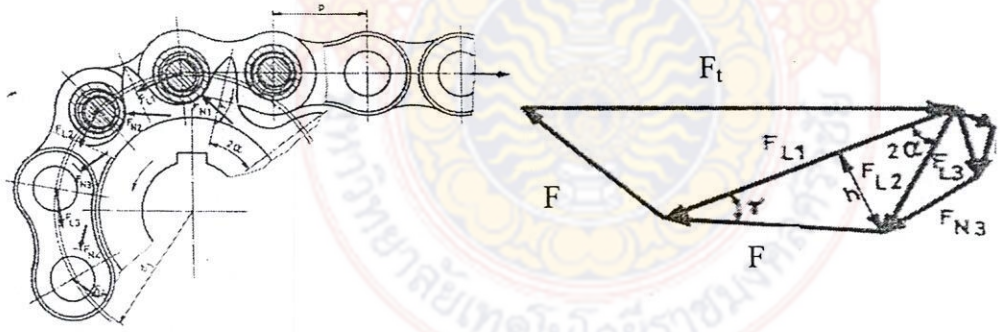
- มีคุณสมบัติลื่นตัวดี การสูญเสียแรงเสียดทานมีค่าน้อย
- ทนทานต่อการสึกหรอ ถึงแม้จะมีการหมุนใช้งานเป็นระยะเวลานาน ๆ
- มีความแข็งแรงสูงและเพียงพอต่อการรับแรงกด
- ต้านทานต่อการกัดกร่อน หากมีการสัมผัสกับสารหล่อลื่นชนิดต่าง ๆ
- เป็นตัวนำความร้อนได้ดี เพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากแรงเสียดทานได้อย่างรวดเร็ว
- เนื้อวัสดุอ่อน เพื่อยอมให้เศษผงหรือเศษโลหะที่มากับน้ำมันหล่อลื่น สามารถแทรกตัวลงไปได้เพื่อมิให้เป็นอันตรายต่อผิวของเพลา



(ก) แบริ่งลูกกลิ้ง (Rolling Bearing) (ข) แบริ่งปลอก (Journal Bearing)

รูปที่ 2.5 รูปแบบของระบบรองลื่น [14]

2.3.5 การส่งกำลังของโซ่ ในขณะส่งกำลังแรงในแนวเส้นสัมผัส F_t ที่เกิดจากโซ่กระทำกับฟันเฟืองโซ่ มีลักษณะแสดงดังรูปที่ 2.6 ซึ่งจะเห็นได้ว่าแรงตามแนวยาวของโซ่ F_L จะลดลงจากฟันหนึ่งไปยังอีกฟันหนึ่ง แผนภาพของแรงในภาพ สร้างขึ้นได้โดยถือว่าที่ข้อต่อทุกข้อ ผลรวมของแรงบนข้อต่อตามแนวยาว F_L และตั้งฉาก F_N จะต้องเท่ากับศูนย์ จะเห็นได้ว่าถ้ามุมสัมผัสของโซ่กับเฟืองมีค่าน้อย และมุมกด γ มีค่ามากจะมีแรงเหลืออยู่ในโซ่ทางด้านหย่อนมาก

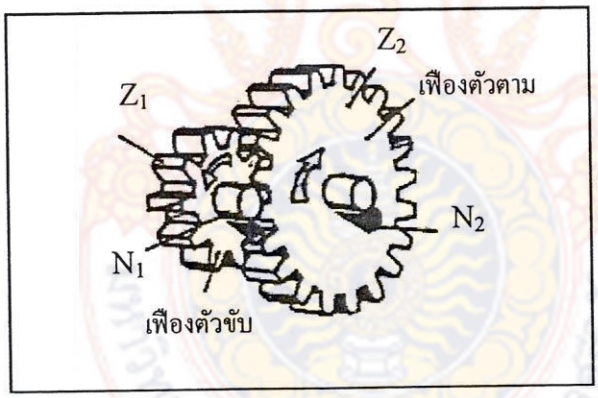


รูปที่ 2.6 แสดงการส่งกำลังจากเฟืองโซ่ไปยังโซ่โรลเล่อร์ [15]

แรงตามแนวยาวของโซ่ F_L เป็นแรงที่ทำให้โซ่ยืดถ้ามีค่าน้อยโซ่ก็จะยืดน้อยลง มุมที่ข้อต่อโซ่หมุนไปในขณะขับโดยเฟืองโซ่มีค่าเท่ากับ 180 องศาหารด้วยจำนวนฟัน Z ของเฟืองโซ่ ดังนั้น ถ้าเฟืองโซ่จำนวนฟันน้อย มุมหมุนของข้อต่อโซ่จะมีมาก ทำให้เกิดการสึกหรอที่บูช และสลักมากขึ้น และถ้าเฟืองโซ่มีระยะพิตช์เท่ากัน เฟืองโซ่ที่โตกว่าจะส่งกำลังได้น้อยกว่าเฟืองโซ่เล็ก

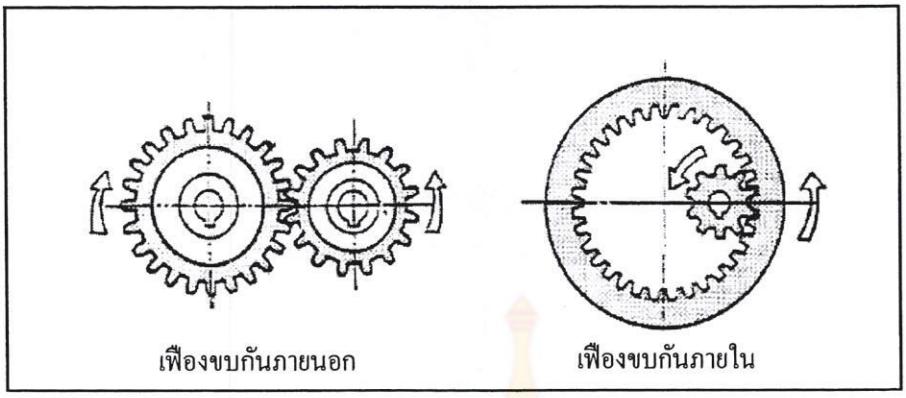
ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงมีข้อแนะนำสำหรับการเลือกใช้จำนวนฟันของเฟืองโซ่ดังนี้ คือ ความเร็วต่ำมาก$Z_{min} = 12$ ความเร็วต่ำ $Z_{min} = 17$ ความเร็วปานกลาง $Z_{min} = 21$ ความเร็วสูง $Z_{min} = 25$สำหรับการขับเพื่อทดเพิ่มความเร็วรอบ ให้ใช้ $Z_{min} = 23$

2.3.6 เฟือง การถ่ายทอดการหมุนจากต้นกำลังนั้น ทำได้หลายวิธี เช่น ด้วยการใช้สายพานโซ่ ล้อความฝืด เป็นต้น ล้อความฝืดก็คือ ล้อสองล้อที่ถูกกดให้ติดกัน เมื่อล้อหนึ่งหมุน หรือเป็นล้อขับก็จะทำให้อีกล้อหนึ่งหมุนตาม เพราะผิวหน้าของล้อทั้งสองเกิดความฝืด เนื่องจากการสัมผัส แต่ถ้าหากมีภาระมาก ๆ เช่น มีการส่งกำลังสูง ๆ จะทำให้เกิดการลื่นไถล การส่งกำลังจึงไม่แม่นยำ เพื่อที่จะแก้ไขข้อเสียเหล่านี้จึงได้มีการนำเอาฟันเฟืองมาติดไว้ที่ผิวของล้อโดยรอบล้อ จึงมีลักษณะเป็นล้อฟันเฟือง ซึ่งต่อ ๆ มาเราจึงเรียกว่า เฟือง ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่สามารถส่งกำลังหรือถ่ายทอดการหมุนได้แม่นยำเที่ยงตรง และไม่มีการลื่นไถล การส่งกำลังจากเฟืองตัวขับไปยังเฟืองตัวตามนั้นต้องมีการขบกันของเฟือง ส่วนอัตราเร็วของเฟืองจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนฟันเฟืองของเฟือง ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง และการเคลื่อนที่ของเฟืองตัวขับ จะเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่สวนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การหมุนของฟันเฟือง [16]

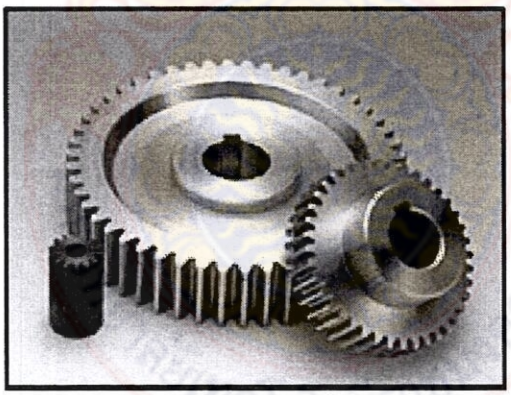
เมื่อเฟืองตัวขับเคลื่อนที่ไปหนึ่งฟัน ฟันของเฟืองตัวก็จะขับให้เฟืองตัวตามเคลื่อนที่ไปหนึ่งฟันด้วยและการขบกันของเฟืองอาจขบกันภายนอกหรือภายในก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ลักษณะเฟืองขบกันภายนอกและขบกันภายใน [16]

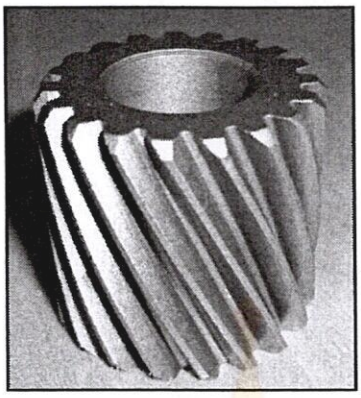
1) ชนิดของเฟือง เฟืองเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งกำลังในระยะสั้น เป็นอุปกรณ์ที่มีความแข็งแรงสูงและมีความปลอดภัย เฟืองที่ใช้เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลมีหลายชนิดแต่ละชนิดจะทำหน้าที่ส่งกำลังให้กับชิ้นส่วนอื่น ๆ ของเครื่องจักรกลต่อไป ชนิดของเฟืองมีดังนี้

- เฟืองตรง (Spur Gear) เป็นเฟืองที่มีฟันขนานกับแกนหมุนและใช้ในการส่งกำลังการหมุนจากเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.9



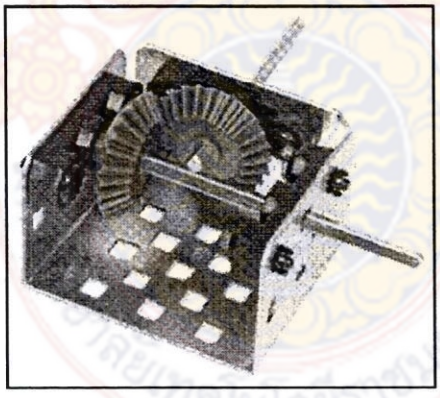
รูปที่ 2.9 ลักษณะของเฟืองตรง [16]

- เฟืองเฉียง (Helical Gear) เป็นเฟืองส่งกำลังที่มีฟันเฉียงทำมุมกับแกนหมุนมีลักษณะคล้ายเฟืองฟันตรง แต่มีเสียงที่เกิดจากการทำงานเบากว่าเฟืองฟันตรง นอกจากนั้นเฟืองเฉียงยังใช้ในการส่งกำลังให้กับเพลาที่ไม่ขนานกันได้อีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.10



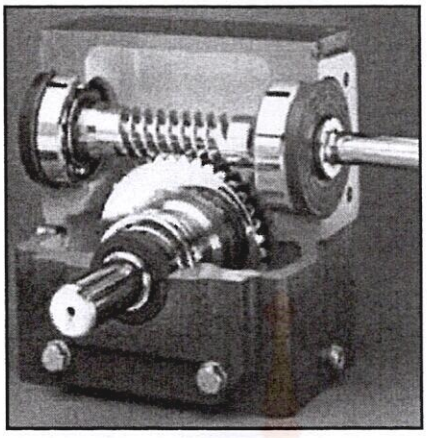
รูปที่ 2.10 ลักษณะของเฟืองเฉียง [16]

- เฟืองดอกจอก (Bevel Gear) เป็นเฟืองที่มีการตัดฟันเฟือง ใช้สำหรับส่งกำลังจากเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่งที่ตัดกันมุมระหว่างเพลาทั้งสองเป็นมุมระหว่างเส้นศูนย์กลางร่วมที่ตัดกัน ของฟันเฟือง มุมระหว่างเพลาประมาณ 90 องศา แต่ในหลาย ๆ การใช้งานของเฟืองชนิดนี้ อาจจะต้องการมุมระหว่างเพลาที่มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่ามุม 90 องศา ก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.11



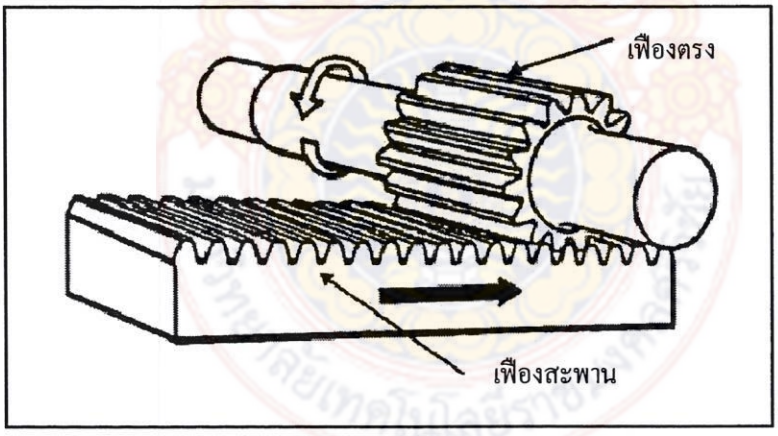
รูปที่ 2.11 ลักษณะของฟืองดอกจอก [16]

- เฟืองตัวหนอน (Worm Gear) ประกอบด้วยเกลียวตัวหนอน (Worm) และเฟืองตัวหนอนประกอบเป็นชุดกัน ใช้ส่งกำลังที่แกนเพลาที่ตั้งฉากกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.12



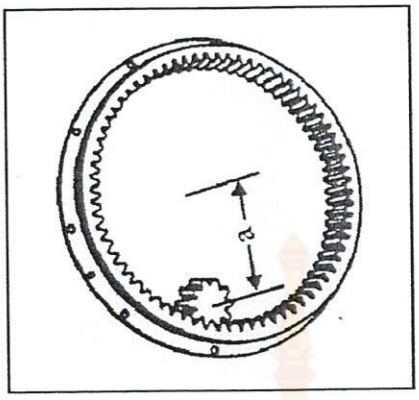
รูปที่ 2.12 ลักษณะของเฟืองหนอน [16]

- เฟืองสะพาน (Rack Gear) เป็นเฟืองตรงชนิดนี้ มีลักษณะรูปร่างยาวเป็นเส้นตรงเหมือนสะพาน ฟันเฟืองทำมุมกับลำตัว 90 องศา โดยประมาณ และต้องใช้คู่กับเฟืองตรงเฟืองสะพานที่ใช้งานกันทั่วไปมีรูปร่างลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 2.13



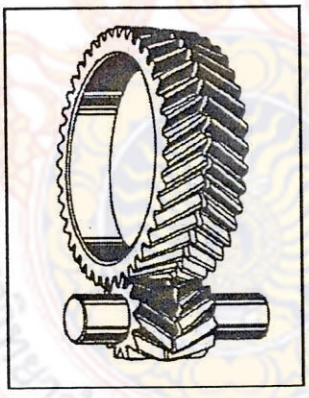
รูปที่ 2.13 ลักษณะของเฟืองสะพาน [16]

- เฟืองวงแหวน (Internal Gear) เป็นเฟืองตรงชนิดหนึ่งมีรูปร่างลักษณะกลมเช่นเดียวกับเฟืองตรง แต่ฟันเฟืองจะอยู่ด้านบนของวงกลม และต้องใช้คู่กับเฟืองตรงที่มีขนาดเล็กกว่าขบอยู่ภายในเฟืองวงแหวนจะมีรูปร่างลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.14



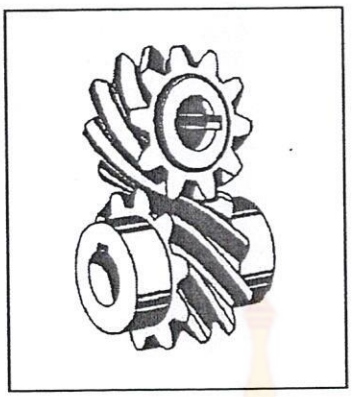
รูปที่ 2.14 ลักษณะของเฟืองวงแหวน [16]

- เฟืองเฉียงก้างปลา (Herringbone Gear) เป็นเฟืองที่มีลักษณะคล้ายกับเฟืองตรง แต่ของเฟืองจะเอียงสลับกันเป็นฟันปลาเฟืองชนิดนี้จะมีรูปร่างลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 2.15



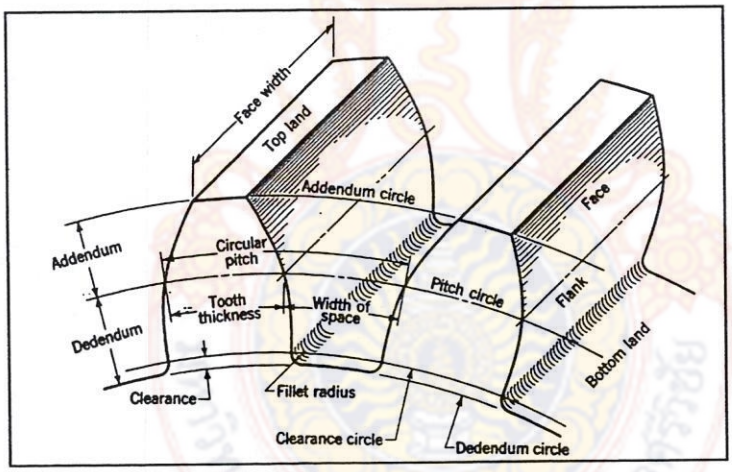
รูปที่ 2.15 ลักษณะของเฟืองก้างปลา [16]

- เฟืองเกลียวสกรู (Spiral Gear) เป็นเฟืองเกลียวที่ใช้ส่งกำลังระหว่างเพลาที่ทำมุม 90 องศา เฟืองเกลียวชนิดนี้มีลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ลักษณะของเฟืองเกลียวสกรู [16]

2) การคำนวณของเฟืองตรง ขนาดของวงกลมที่ใช้ในการคำนวณ วงกลมพิตช์ของเฟืองขับและตามจะมีการสัมผัสกันตลอดเวลา ดังแสดงรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ชื่อส่วนต่าง ๆ ของฟันเฟือง [11]

$$d_p = m \times z \tag{2.35}$$

$$d_o = m \times (z + 2) \tag{2.36}$$

$$z = \frac{d_p}{m} \tag{2.37}$$

$$h = (2 \times m) + c \quad (2.38)$$

$$h_a = m \quad (2.39)$$

$$h_f = m + c \quad (2.40)$$

$$b = (6\ldots12) \times m \quad (2.41)$$

เมื่อ d_p คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ (มิลลิเมตร)

d_o คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางยอดฟัน (มิลลิเมตร)

z คือ จำนวนฟัน (ฟัน)

m คือ โมดูล (มิลลิเมตร)

h คือ ความสูงฟัน (มิลลิเมตร)

h_a คือ ความสูงยอดฟัน (มิลลิเมตร)

h_f คือ ความสูงโคนฟัน (มิลลิเมตร)

b คือ ความกว้างเฟือง (มิลลิเมตร)

หมายเหตุ จากตารางงานโลหะใช้ค่า $C = \frac{1}{6}$ [17]

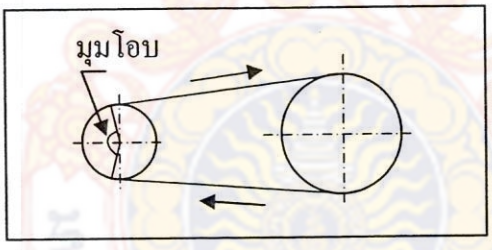
2.3.7 การส่งกำลังด้วยสายพาน อาศัยหลักการส่งกำลังด้วยความฝืดของสายพานกับล้อสายพาน หรือที่เรียกว่าแรงเสียดทาน แบ่งตามลักษณะหน้าตัดของสายพานได้หลายชนิด คือ สายพานกลม สายพานแบน สายพานลิ่ม และสายพานฟัน ซึ่งส่งกำลังโดยอาศัยหลักการทางกลในการส่งกำลัง เหมือนแบบเฟือง หรือ โซ่ส่งกำลัง

ข้อดี ของการส่งกำลังด้วยสายพาน สามารถส่งถ่ายกำลังที่มีระยะห่างระหว่างเพลาทั้งสอง ได้มากกว่าการส่งกำลังด้วยเฟือง มีการยืดหยุ่นตัวได้ดีทำให้การส่งกำลังไม่เกิดเสียงดัง ราคาถูก หาซื้อได้ง่าย เพราะว่ามีขนาดมาตรฐาน และมีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป

ข้อเสีย ของการส่งกำลังด้วยสายพาน สายพานส่วนใหญ่ ไม่เหมาะสำหรับงานที่ต้องการอัตราทดแน่นอน ยกเว้นสายพานฟันมีอัตราทดแน่นอน มีความแข็งแรงน้อยกว่าเฟือง ไม่เหมาะสำหรับงานบางสภาวะ เช่น การใช้งานอยู่ในน้ำมัน

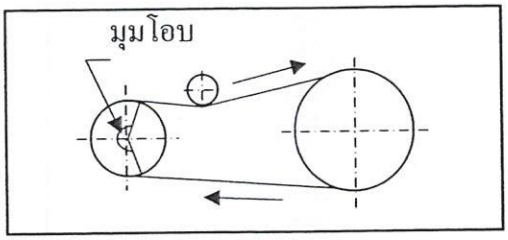
1) คุณสมบัติของสายพานส่งกำลังประเภทต่าง ๆ จะมีลักษณะดังต่อไปนี้

- สายพานกลม มีลักษณะเหมือนโอลิง ทำจากยางหรือหนังสัตว์ การส่งกำลังของสายพานอาศัยความฝืดที่เกิดจากร่องล้อสายพานสัมผัสกับล้อสายพาน การส่งกำลังของสายพาน เป็นสายพานที่ออกแบบส่งกำลังเบา ๆ เช่น จักรเย็บผ้า เครื่องเล่นเทปเสียง เครื่องฉายหนัง เครื่องเจียระไนพลอย เป็นต้น
- สายพานแบน เป็นสายพานผ้าใบและใยสังเคราะห์ มีความคงทนต่องานดึง และเกาะแน่นได้ดีกับล้อสายพาน การส่งถ่ายกำลังจะอาศัยความฝืดที่เกิดจากผิวนอกล้อสายพานสัมผัสท้องสายพาน สายพานแบนสามารถส่งกำลังได้มาก และเป็นงานที่สามารถ ลื่นไถลได้ จะเห็นได้ในเครื่องมือกลสมัยก่อน ๆ เช่น เครื่องกลึงรุ่นเก่า ลักษณะการส่งกำลังมีอยู่สองรูปแบบ คือ การส่งกำลังแบบแกนเพลาขนานกัน และการส่งกำลังแบบแกนเพลาตัดกัน
- สายพานแบนแบบเปิด ใช้ส่งกำลังแบบแกนเพลาขนานกัน ด้านหย่อนของสายพานจะอยู่ด้านบน ด้านตึงจะอยู่ด้านล่าง เพื่อทำให้เกิดมุมโอบ หรือมุมสัมผัสมากขึ้นทำให้โอกาสลื่นไถลมีน้อย ดังแสดงในรูปที่ 2.18



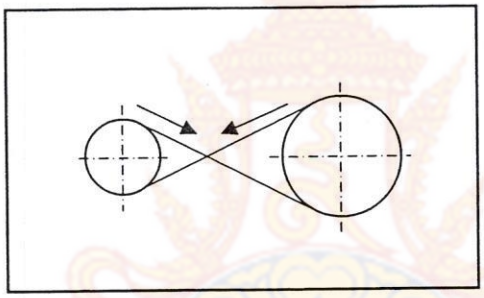
รูปที่ 2.18 สายพานแบนแบบเปิด [15]

- สายพานแบนแบบเปิดมีล้อกดสายพาน เหมือนสายพานแบนแบบแรก แต่ต่างกันตรงที่มีล้อกดสายพานมาช่วยกด เพื่อทำให้เกิดมุมโอบมากขึ้นป้องกันการลื่นไถลของสายพาน ดังแสดงในรูปที่ 2.19



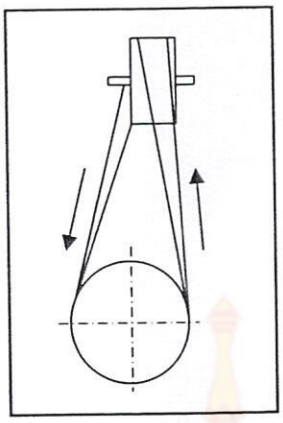
รูปที่ 2.19 สายพานแบนแบบเปิดมีล้อกดสายพาน [15]

- สายพานแบนแบบไขว้ ในการส่งกำลังทิศทางในการหมุนของล้อขับและล้อตามจะหมุนกลับทิศทางกัน มีข้อดีคือมีมุมโอบมาก แต่มีข้อเสียคือสายพานจะเสียดสีกันตรงกลาง ดังแสดงในรูปที่ 2.20



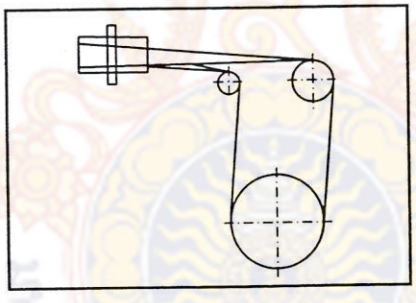
รูปที่ 2.20 สายพานแบนแบบไขว้ [15]

- สายพานแบนแบบกึ่งไขว้ ใช้ส่งกำลังแบบแกนเพลาทำมุมตั้งฉากกัน มีข้อดีคือสามารถส่งกำลังโดยไม่ต้องมีล้อกดสายพาน แต่มีข้อเสียคือถ้าพูลเล่ย์ทั้งสองมีระยะเยื้องกันมากสายพานอาจจะหลุดจากล้อสายพาน ดังแสดงในรูปที่ 2.21



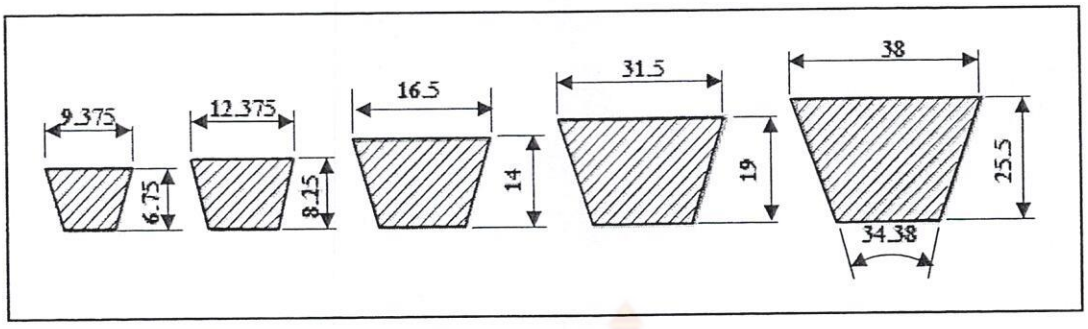
รูปที่ 2.21 สายพานแบนแบบกึ่งไขว้ [15]

- สายพานแบนแบบกึ่งไขว้มีล้อกดสายพาน ใช้ส่งกำลังแบบแกนเพลาทำมุมตั้งฉากกัน แต่จำเป็นต้องมีล้อกดสายพานมาช่วยเพื่อป้องกันสายพานหลุดออกจากล้อสายพาน ดังแสดงในรูปที่ 2.22



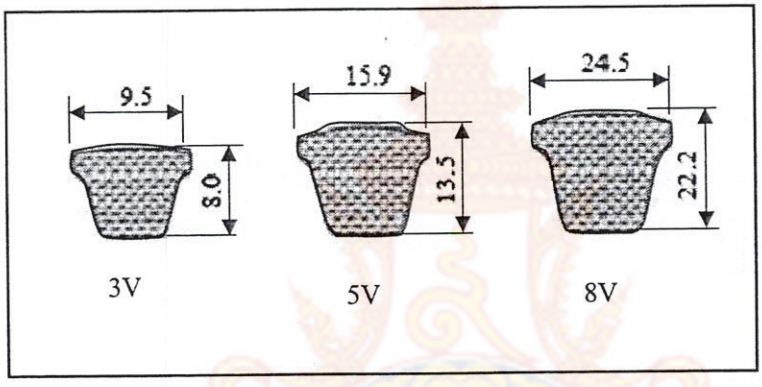
รูปที่ 2.22 สายพานแบนแบบไขว้มีล้อกดสายพาน [15]

- สายพานลิ่มหรือสายพานตัววี ที่เรียกว่า V-Belt มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ปัจจุบันนิยมใช้กันมากในงานเครื่องมือกล เพราะว่าหาง่ายราคาถูก โอกาสในการลื่นไถลมีน้อย ใช้อยู่สองแบบ คือ สายพานลิ่มมาตรฐาน เป็นสายพานลิ่มที่มีใช้อยู่ทั่วไป มีหน้าตัดของสายพานที่ใช้อยู่เป็นประจำ คือมีหน้าตัดเป็นแบบ A B C D และ E ดังแสดงในรูปที่ 2.23 ส่วนสายพานลิ่มอีกชนิดหนึ่ง คือ สายพานลิ่มหน้าแคบนิยมใช้ในเครื่องกลที่ส่งกำลังจากมอเตอร์ ของเครื่องจักรกล มีหน้าตัดแบบ SPZ SPA SPB และ SPC หรือแบบ 3V 5V และ 8V เป็นสายพานหน้าแคบแบบระบบนิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 2.24



แบบ A แบบ B แบบ C แบบ D แบบ E

รูปที่ 2.23 รูปหน้าตัดของสายพานลิ่มมาตรฐาน [15]



รูปที่ 2.24 รูปหน้าตัดของสายพานลิ่มหน้าแคบ [15]

- สายพานหลายลิ่ม สายพานหลายลิ่มมีลักษณะเป็นสายพานลิ่มธรรมดาหลายอันหลังติดกันเป็นแพ หลังสายพานจึงมีโครงสร้างเหมือนสายพานแบนขนาดบาง ช่องล้อสายพานต้องมีขนาดที่เที่ยงตรงกับสายพาน และล้อสายพานต้องตั้งให้ได้ศูนย์กันพอดี เพราะสายพานหลายลิ่มยืดหยุ่นแนวขอบไม่ได้ สายพานหลายลิ่มส่งกำลังได้มากมีความคงทนต่อการสึกหรอและคงทนต่อความร้อนได้ดี
- สายพานฟันเฟือง ออกแบบพัฒนาจากข้อดีของโซ่ เฟืองและสายพานแบนมารวมอยู่ด้วยกัน เส้นใยโครงสายพานจะใช้วัสดุที่เป็นลวดเหล็กคุณภาพสูงนำมาวางเรียงแนวเฉียง เพื่อให้คงทนต่อการตัดเฉือนและความเร็วสูง ๆ สามารถรับโหลดได้มากและส่งถ่ายกำลังได้เที่ยงตรง
- สายพานข้อต่อ สายพานข้อต่อเป็นสายพานข้อสั้น ๆ หลาย ๆ ข้อร้อยด้วยสกรูหรือหมุดโลหะให้เป็นแบบวงสายพานลิ่ม การส่งกำลังอาศัยความฝืดที่สัมผัสร่องล้อสายพานที่เป็นตัววี เหมือนสายพานลิ่ม

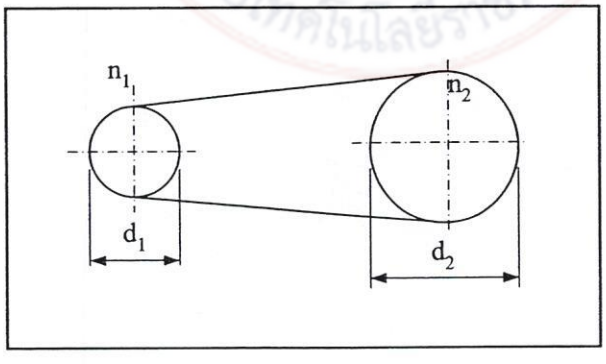
จากคุณสมบัติของสายพานชนิดต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น สามารถเปรียบเทียบการใช้งานและคุณภาพของสายพาน ดังแสดงในตาราง 2.2

ตาราง 2.2 เปรียบเทียบการใช้งานและคุณภาพของสายพาน [15]

คุณสมบัติ	สายพานแบน	สายพานลิ่ม	สายพานลิ่มข้อ	สายพานฟันเฟือง
โหลดแรงกดและแรงดึงเพลา	สูงมาก	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำมาก
ความต้านทานต่อแรงกระตุก	ดี	ดี	ดี	พอใช้
ประสิทธิภาพทางกล	ดี	ดี	ดี	ดีที่สุด
การไม่ได้ศูนย์ของล้อสายพาน	ไม่มี	มีได้เล็กน้อย	มีได้เล็กน้อย	ยอมไม่ได้
การไถลลื่น	มีบ้าง	มีเล็กน้อย	มีเล็กน้อย	ไม่มี
ราคาต้นทุน	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง
ความต้านทานต่อสภาพอากาศ	ดี	ดี	พอใช้	ดี
การบำรุงรักษา	มีบ้าง	แทบไม่มี	มีบ้าง	ไม่มีเลย

2) อัตราทดจากการส่งกำลังด้วยสายพาน การส่งกำลังด้วยสายพานที่นิยมใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไป มีสายพานแบน สายพานลิ่ม และสายพานฟัน ซึ่งมีวิธีการคำนวณหาอัตราทดดังนี้

- อัตราทดของสายพานแบน เป็นสายพานที่มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยม สามารถส่งกำลังได้แบบทดชั้นเดียวและส่งกำลังแบบทดสองชั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.25 มีวิธีการคำนวณการส่งกำลังด้วยอัตราทดชั้นเดียวดังนี้



รูปที่ 2.25 การส่งกำลังด้วยอัตราทดชั้นเดียว [15]

สมการ 1 $$i = \frac{n_1}{n_2} \quad (2.42)$$

สมการ 2 $$i = \frac{d_2}{d_1} \quad (2.43)$$

สมการ 3 $$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (2.44)$$

หรือ $$n_1 \times d_1 = n_2 \times d_2 \quad (2.45)$$

หมายเหตุ สมการ 3 ได้จากการนำสมการ 1 = สมการ 2

เมื่อ i คือ อัตราทด

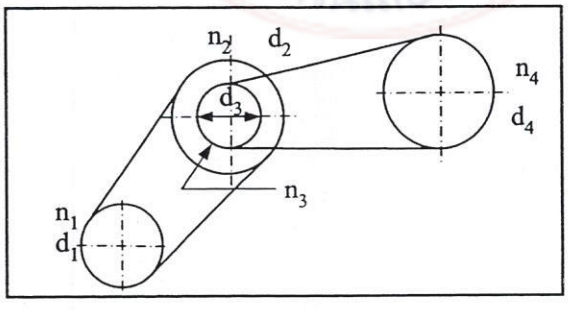
n_1 คือ ความเร็วรอบของล้อสายพานขับ (รอบต่อนาที)

n_2 คือ ความเร็วรอบของล้อสายพานตาม (รอบต่อนาที)

d_1 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวขับ (มิลลิเมตร)

d_2 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวตาม (มิลลิเมตร)

- การส่งกำลังด้วยอัตราทดหลายชั้น หมายถึงการส่งกำลังที่มีชุดล้อขับและล้อตามสองชุด คือ มีล้อสายพานทั้งหมด 4 ตัว คือ d_1 d_2 d_3 และ d_4 ส่วนความเร็วรอบก็จะมี 4 ตัวเหมือนกัน คือ n_1 n_2 n_3 และ n_4 แต่ n_2 จะเท่ากับ n_3 เพราะอยู่บนเพลาเดียวกัน สาเหตุที่ต้องใช้อัตราทดหลายชั้นเพราะว่าการส่งกำลังมีอัตราทดสูง ถ้าส่งด้วยอัตราทดชั้นเดียว ล้อตามของสายพานจะมีขนาดใหญ่มาก ดังแสดงในรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 การส่งกำลังด้วยอัตราทดหลายชั้น [15]

จากรูปที่ 2.26 สมการในการหาอัตราทด

อัตราทดคู่ที่ 1 $i_1 = \frac{n_1}{n_2}$ หรือ $= \frac{d2}{d1}$ (2.46)

อัตราทดคู่ที่ 2 $i_2 = \frac{n_3}{n_4}$ หรือ $= \frac{d_4}{d3}$ (2.47)

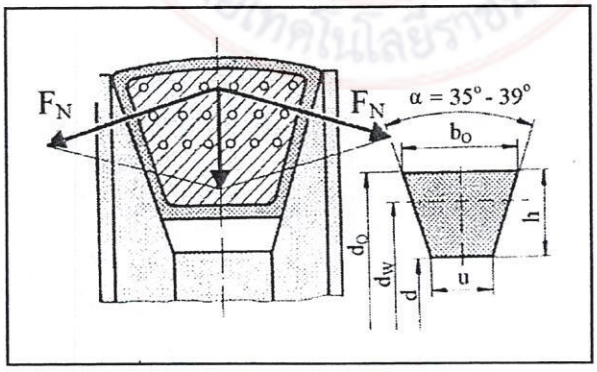
อัตราทด i รวม $= i_1 \times i_2$ (2.48)

อัตราทด i รวม $= \frac{n_1}{n_4}$ (2.49)

อัตราทด i รวม $= \frac{d_2}{d_1} \times \frac{d_4}{d_3}$ (2.50)

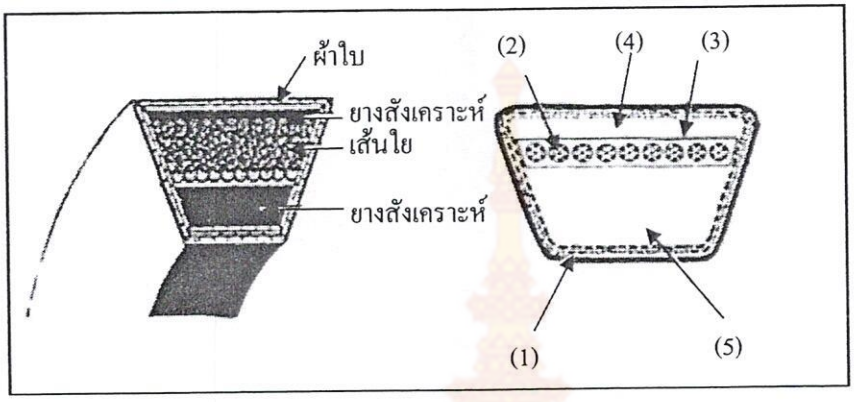
3) การส่งกำลังด้วยสายพานลิ่ม สายพานลิ่มมีรูปหน้าตัดเป็นรูปตัววี สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพการส่งถ่ายกำลังของสายพาน มีใช้กันแพร่หลายในเครื่องทุนแรงงานเกษตรและงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีลักษณะการส่งกำลังดังนี้

- สายพานขนาดเล็กที่ต้องใช้ล้อกดสายพาน ได้ถูกสายพานลิ่มเข้าแทนที่หมด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานเครื่องมือกล และงานสร้างยานยนต์ต่าง ๆ เมื่อเทียบกับสายพานแบนแล้ว ถ้ามีแรงกดสายพานเท่า ๆ กันสายพานลิ่มจะรับโหลดได้มากกว่าเป็นสามเท่า วิ่งเงียบกว่าและไม่มีระยะลื่น ดังแสดงในรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 การกระทำของแรงในระบบการส่งกำลังด้วยสายพานลิ่ม [15]

- โครงสร้างสายพานลิ่ม สายพานลิ่มจะประกอบไปด้วยยางสังเคราะห์เส้นใยเสริมแรงหรือเทตตรอน และห่อหุ้มผ้าใบทั้ง 4 ด้าน สายพานลิ่มเป็นสายพานแบบไม่มีรอยต่ออ่อนตัวได้ดี ทนแรงดึงสูง ดังแสดงในรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 ส่วนประกอบสายพานลิ่ม [15]

หมายเลข (1) ผิวนอกส่วนที่สัมผัสกับร่องล้อสายพานเป็นยางที่ทนต่อการเสียดสีและทนต่อการกัดกร่อน ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมัน โดยมีผ้าใบรองรับภายในโดยรอบ

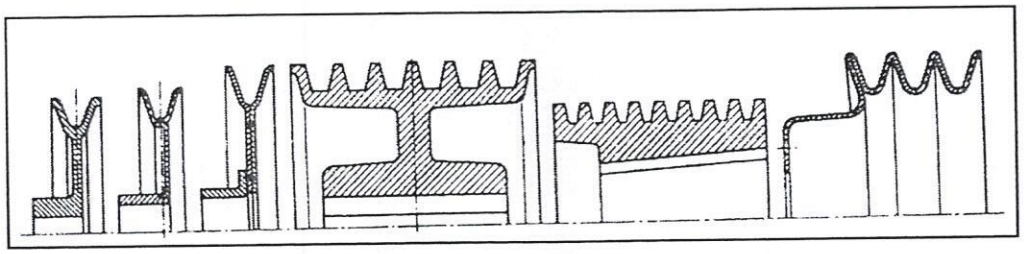
หมายเลข (2) เส้นเชือกภายใน เป็นใยสังเคราะห์ประเภทรอยยอนไนล่อน หรือเส้นลวด ชั้นเดียวหรือหลายชั้น ยืดได้ไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ ป้องกันสายพานยืด

หมายเลข (3) ยางหุ้มเส้นเชือก เพื่อให้เชือกรักษาตำแหน่งของมันโดยไม่แตกตัว

หมายเลข (4) ยางส่วนบน ทำหน้าที่เฉลี่ยแรงให้เส้นเชือกและคอยรักษารูปทรงสายพานให้ตรง ยืดตัวเมื่อสายพานโอบล้อสายพาน

หมายเลข (5) ยางส่วนล่าง เป็นส่วนรับแรงกด และส่งแรงจากร่องเชือกไปยังล้อสายพาน

- ล้อสายพานลิ่ม ล้อสายพานลิ่มส่วนใหญ่ทำด้วยเหล็กหล่อผิวลื่น เชื่อมหรือปั๊มขึ้นรูปแผ่นเหล็ก ล้อสายพานลิ่มจะถ่ายเทความร้อนได้ดี หากเป็นล้อสายพานคุณภาพสูงที่ใช้ในเครื่องจักรกลหรือเครื่องยนต์ ต้องกำหนดทั้งคุณสมบัติของวัสดุ พิกัดเนื้อเหล็กหล่อ และพิกัดขนาดต่าง ๆ นับ 10 จุด ล้อสายพานลิ่มที่ส่งกำลังน้อย เช่น เครื่องเจียระไนเสียง ใช้ล้อสายพานเหล็กแผ่นขึ้นรูปหรือพลาสติก มีน้ำหนักน้อยและแข็งแรงเพียงพอ ดังแสดงในรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 ล้อสายพานลิ่มแบบต่าง ๆ [15]

4) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและกำลัง ลักษณะการใช้งานโดยทั่วไปของเพลาก็คือ การใช้ส่งกำลังจากส่วนหนึ่งไปอีกส่วนหนึ่ง กำลัง (Power) คือ อัตราการทำงานดังนั้นกำลังที่เกิดจากแรงบิดหรือโมเมนต์บิด (Touqe : T) ก็คือ พิจารณาแรง F นิวตัน (N) กระทำสัมผัสกับเพลาหมุนด้วยความเร็วรอบ (n) รอบต่อวินาที ระยะทางที่เคลื่อนที่เท่ากับ $2\pi R$

งานในการหมุน 1 รอบ คือ แรง × ระยะทาง

โมเมนต์บิด $T = F \times R$ (2.51)

แต่ $\omega = \frac{2\pi N}{60}$

กำลัง $P = T\omega$ (2.52)

$\therefore P = \frac{2\pi TN}{60}$ (2.53)

เมื่อ ω คือ ความเร็วเชิงมุม (องศาต่อวินาที)

F คือ แรงที่มากระทำ (นิวตัน)

R คือ ระยะทาง (เมตร)

P คือ กำลังที่ส่ง (วัตต์)

N คือ ความเร็วรอบของเพลา (รอบต่อนาที)

T คือ โมเมนต์บิด (นิวตันเมตร)

5) สายพานลำเลียง (Conveyor Belt) สายพานลำเลียง ประกอบด้วยแผ่นของสายที่มีลักษณะเชื่อมต่อเป็นวง หมุนรอบล้อสายพานหรือพลูเล่ย์ 2 ตัว หรือมากกว่า 2 ตัว โดยที่พลูเล่ย์ 1 ตัว หรือทั้ง 2 ตัว เป็นตัวขับเคลื่อน ทำหน้าที่ขับเคลื่อนให้สายสะพานและสิ่งของหรือวัสดุบนสายพานเคลื่อนไปข้างหน้า ซึ่งสายพานลำเลียงมีอยู่ 2 ชนิด คือ

- สายพานลำเลียงแบบธรรมดา (Conventional Conveyor Belt) ประกอบด้วยโครงสร้างต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ยางผิวบนหรือชั้นยางหุ้มด้านบน (Top Cover) มีหน้าที่รองรับวัสดุ ขนถ่าย และป้องกันความเสียหายของชั้นผ้าใบรับแรงจากการสัมผัสกับวัสดุที่ลำเลียง เช่น แรงกระแทก การเจาะทะลุ น้ำมัน ความร้อน ซึ่งการเลือกใช้ชนิดของยางผิวบนขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการใช้งาน เช่น ยางอีพีดีเอ็มสำหรับสายพานที่ต้องการทนความร้อนสูงเป็นพิเศษ ยางไนไทรล์สำหรับสายพานที่ต้องสัมผัสกับน้ำมัน

ชั้นผ้าใบรับแรง (Carcass) มีหน้าที่เป็นแกนรับแรงดึงของสายพานทั้งเส้นและช่วยกระจายแรงดึงของสายพานระหว่างการลำเลียงวัสดุ วัสดุที่นิยมใช้ ได้แก่ ฝ้าย เรยอน โพลิเอสเทอร์ ไนลอน อะรามิด และเหล็กกล้า สมบัติของวัสดุต่าง ๆ

ชั้นยางประสานผ้าใบ (Skim Rubber) มีหน้าที่ประสานชั้นผ้าใบแต่ละชั้นเข้าด้วยกัน

ยางผิวล่างหรือชั้นยางหุ้มด้านล่าง (Bottom Cover) มีหน้าที่ป้องกันความเสียหายของชั้นผ้าใบรับแรงจากการเสียดสีกับลูกกลิ้ง (Idler) และพลูเล่ย์ (Pulley) ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีความหนาเท่ากับยางผิวบนเนื่องจากไม่ได้รับภาระหนักเหมือนยางผิวบน

- สายพานลำเลียงลวดสลิง (Steel Cord Conveyor Belt) โครงสร้างของสายพานแบบนี้ประกอบด้วย คอร์ดหลายคอร์ดวางในแนวระนาบและปิดทับด้านบนและด้านล่างด้วยยางจะเคลือบด้วยสังกะสีและสารเชื่อมติดเพื่อช่วยในการยึดติดของคอร์ดและยาง [18]

2.4 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากเครื่องจักร

ในส่วนของเครื่องจักรเองจะต้องทำให้เกิดความปลอดภัยโดยมีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากเครื่องจักร (Machine Safeguarding) ซึ่งหมายถึง ส่วนประกอบที่ติดตั้งมากับเครื่องจักร หรืออาจสร้างขึ้นภายหลัง วัตถุประสงค์เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้เครื่องจักรเหล่านั้น อุปกรณ์ป้องกันอันตรายดังกล่าว นอกจากจะช่วยป้องกันอันตรายจากเครื่องจักรได้ประกอบติดมากับเครื่องจักรเรียบร้อยแล้วแต่มักจะถูกถอดออกไปเนื่องจากความยุ่งยากในการ

ซ่อมบำรุง และการควบคุมผู้ปฏิบัติงานให้ปฏิบัติตาม นอกจากนั้นยังกีดขวางหรือเพิ่มขั้นตอนและเสียเวลาในการทำงาน ฯลฯ ดังนั้นฝาครอบเครื่องจักรต่าง ๆ หรืออุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากเครื่องจักรอื่น ๆ จึงไม่ได้ถูกประกอบเข้าไปใหม่หรือให้เหมือนเดิม ด้วยเหตุดังกล่าวจึงทำให้เกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บขึ้นเป็นประจำ

ดังนั้นอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากเครื่องจักรหรือเครื่องป้องกันอันตรายจากเครื่องจักรจึงหมายถึง สิ่งใดใดก็ตามที่ส่งผลให้เครื่องจักร มีลักษณะหรือคุณสมบัติที่ปลอดปลอดภัยต่อการปฏิบัติงานอย่างปกติโดยไม่มีผลต่อสมรรถนะในการทำงาน และเป็นการเพิ่มผลผลิตของเครื่องจักรนั้น หรือมีผลต่อความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องจักรนั้น

2.4.1 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากเครื่องจักร มีหน้าที่สำคัญดังนี้

1) ป้องกันอันตรายจากการสัมผัสกับส่วนของเครื่องจักรที่มีการหมุนหรือเคลื่อนที่ได้โดยตรง เช่น ส่วนที่ส่งถ่ายพลังงาน ได้แก่ เกียร์ พลูเล่ย์ สายพาน ข้อต่อ เฟือง ใบเลื่อย หรือมีดตัดเฉือน เป็นต้น

2) การป้องกันอันตรายจากกระบวนการผลิต เช่น เศษวัสดุกระเด็น หรือของเหลวกระเซ็นถูกผู้ปฏิบัติงาน เช่น การหลอม การเจาะ กลึงหรือเจียร เป็นต้น

3) ป้องกันอันตรายจากความบกพร่องของเครื่องจักร เช่น ระบบสายไฟฟ้าชำรุด ต่อไว้ไม่ถูกต้อง เครื่องจักรทรุดโทรมขาดการบำรุงรักษา การใช้เครื่องจักรผิดวัตถุประสงค์เป็นต้น

4) ป้องกันอันตรายจากความบกพร่อง ความพลั้งเผลอ อันเนื่องจากความวิตกกังวล ความเหนื่อยล้า หรือประมาทเลินเล่อของผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องจักร

2.4.2 การออกแบบอุปกรณ์ป้องกันภัยสำหรับส่วนส่งถ่ายพลังงาน เป็นการออกแบบที่ง่ายกว่าการออกแบบเฉพาะที่จุดทำงาน ทั้งนี้เพราะระยะส่งถ่ายพลังงานนั้นยังพอจะมีมาตรฐานมากกว่าหากในโรงงานอุตสาหกรรมใดไม่มีวิศวกรทางความปลอดภัย อาจจะขอคำแนะนำได้จากหน่วยงานราชการบางแห่ง เช่น กองบริการอุตสาหกรรม กรมแรงงานหรือจากมหาวิทยาลัย โดยทั่ว ๆ ไปแล้วอุปกรณ์ป้องกันภัยควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

1) ให้เป็นไปตามกฎของกระทรวงอุตสาหกรรมที่ได้บัญญัติ

2) อุปกรณ์ป้องกันภัยควรเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องจักรหรือเครื่องมือโดยถาวร และพร้อมที่จะใช้งานตลอดเวลา

3) สามารถป้องกันอย่างเต็มที่ทั้งผู้ควบคุมเครื่องและผู้ที่เดินผ่านไปมา

4) ป้องกันการเข้าใกล้บริเวณที่อันตราย หรือจุดทำงานขณะที่เครื่องจักรยังคงทำงานอยู่

5) ไม่ทำให้โครงสร้างเครื่องจักรเสื่อมลง

6) ให้ความสะดวก โดยไม่มีผลทำลายประสิทธิภาพการทำงานของผู้ควบคุมเครื่อง หรือทำความยุ่งยากในการทำความสะอาดบริเวณรอบ ๆ เครื่องจักร

7) ออกแบบให้เหมาะสมกับงานเฉพาะหรือเครื่องจักรเฉพาะ และควรออกแบบให้ง่ายต่อการปรับ การตรวจสอบ การเติมน้ำมัน หรือการซ่อมแซมเครื่องจักรบางส่วน

8) ทนไฟ ไม่สึกหรอง่ายและสะดวกในการซ่อมแซม แข็งแรงทนทานต่อการสึกกร่อนธรรมดา ไม่ต้องบำรุงรักษาบ่อย ๆ

9) ไม่เป็นการเพิ่มอันตราย เช่น มีรอยคม มุมคม จุดหนีบปลายหยาบ ๆ ถ้าเป็นไปได้ควรมีเครื่องปิดเปิดอัตโนมัติ คือเครื่องจักรจะไม่ทำงานตราบใดที่อุปกรณ์การป้องกันภัยยังไม่เข้าที่

2.4.3 ชนิดหรือกลไกของเครื่องจักรที่จะก่อให้เกิดอันตรายในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน แบ่งออกเป็นลักษณะดังนี้

1) กลไกที่มีการหมุน ส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักรที่มีการหมุนแล้วก่อให้เกิดอันตรายได้ทั้งนั่น กลไกที่มีการหมุนนี้มักใช้กับการส่งถ่ายแรงของเครื่องจักร แม้ว่าจะก่อให้เกิดบาดแผลและน้อยก่อตาม แต่มักจะหลีกเลี่ยงไม่ค่อยได้ ดังนั้นควรมีอุปกรณ์ป้องกันภัยไว้ กลไกลักษณะนี้มักจะเกาะผม ผ้า เศษผ้า และจะมีผลดึงคนที่ใส่ผ้านั้นเข้าไปด้วย ตัวอย่างกลไกประเภทนี้คือ เพลาส่งกำลังทั้งแนวดิ่งและแนวระดับ เช่น เดือยที่ยื่นออกมาจากเครื่องกลึง สกรูขับพลูเล่ย์และเพลาที่ต่อเครื่องเจาะปลอกต่อเพลา และคลัทช์

2) กลไกการตัดและการตัดเฉือน จุดที่เกิดอันตรายคือบริเวณที่ชิ้นงานกับส่วนของเครื่องทำงานอยู่ เช่น เครื่องตัดแบบโยติน เครื่องที่มีการกดและเจียระไนใบเลื่อย เครื่องบด เครื่องกลึง เครื่องปาดหน้า และการเจียระไน

3) กลไกการเคลื่อนที่ ที่มีจุดหนีบเมื่อมีเพลาตั้งแต่ 2 ชิ้นขึ้นไป ทำงานแบบสัมผัสกันหมุนคนละทิศทางจะเกิดจุดหนีบขึ้น สิ่งของหรืออวัยวะร่างกายคนอาจถูกดูดเข้าหาจุดนี้ได้และจะถูกบดหรือถูกรีดได้ เช่น เครื่องรีด โซ่กับฟันเฟือง สายพานกับลูกรอก เฟืองตรงกับเฟืองเล็ก และจุดสัมผัสระหว่างส่วนที่เคลื่อนที่กับส่วนที่หยุดนิ่งจุดหนีบควรมีส่วนป้องกันและเครื่องจะหยุดโดยอัตโนมัติถ้าหากมีส่วนใดเข้าสัมผัสติดขัดที่จุดนี้ เครื่องรีดควรป้องกันนิ้วมือที่อาจแหย่เข้าไปจุดหนีบได้โดยมีระบบหยุดงานหมุนของลูกกลิ้งโดยฉับพลัน

4) กลไกเคลื่อนที่แบบสกรู อันตรายเกิดจากลักษณะ สกรูที่เคลื่อนที่กับส่วนของเครื่องจักรคงที่ ปกติกลไกเคลื่อนที่แบบสกรูมักจะใช้การขนถ่าย การผสมหรือการบดวัตถุ ตัวอย่างเช่น เครื่องผสมอาหาร เครื่องบดเนื้อ การขนถ่ายแบบสกรูและเครื่องผสมวัตถุแห้ง และเครื่องบดแบบต่าง ๆ [19]

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

จากการศึกษากระบวนการการผลิตขิงซอยของกลุ่มพ่อค้าแม่ค้าของชุมชนหลังตลาดคอมแพล็กซ์ที่ตลาดสดหาดใหญ่ พบว่ามีความต้องการของตลาดเป็นจำนวนมาก และยังมีแนวโน้มว่ามีความต้องการของตลาดจะเพิ่มขึ้น แต่สภาพการผลิตปัจจุบันของผู้ผลิตนั่นไม่สามารถผลิตได้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค จากกระบวนการผลิตที่อาศัยแรงคนงานเป็นหลักในการผลิต ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบ และสร้างเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ

3.1 แผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงานของโครงการอยู่ระหว่าง เดือนตุลาคม 2553 ถึง เดือนสิงหาคม 2554 ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบการวางแผนการดำเนินงานที่ได้วางแผนไว้กับการดำเนินการจริงตามขั้นตอนของการปฏิบัติงานดังแสดงในตาราง 3.1

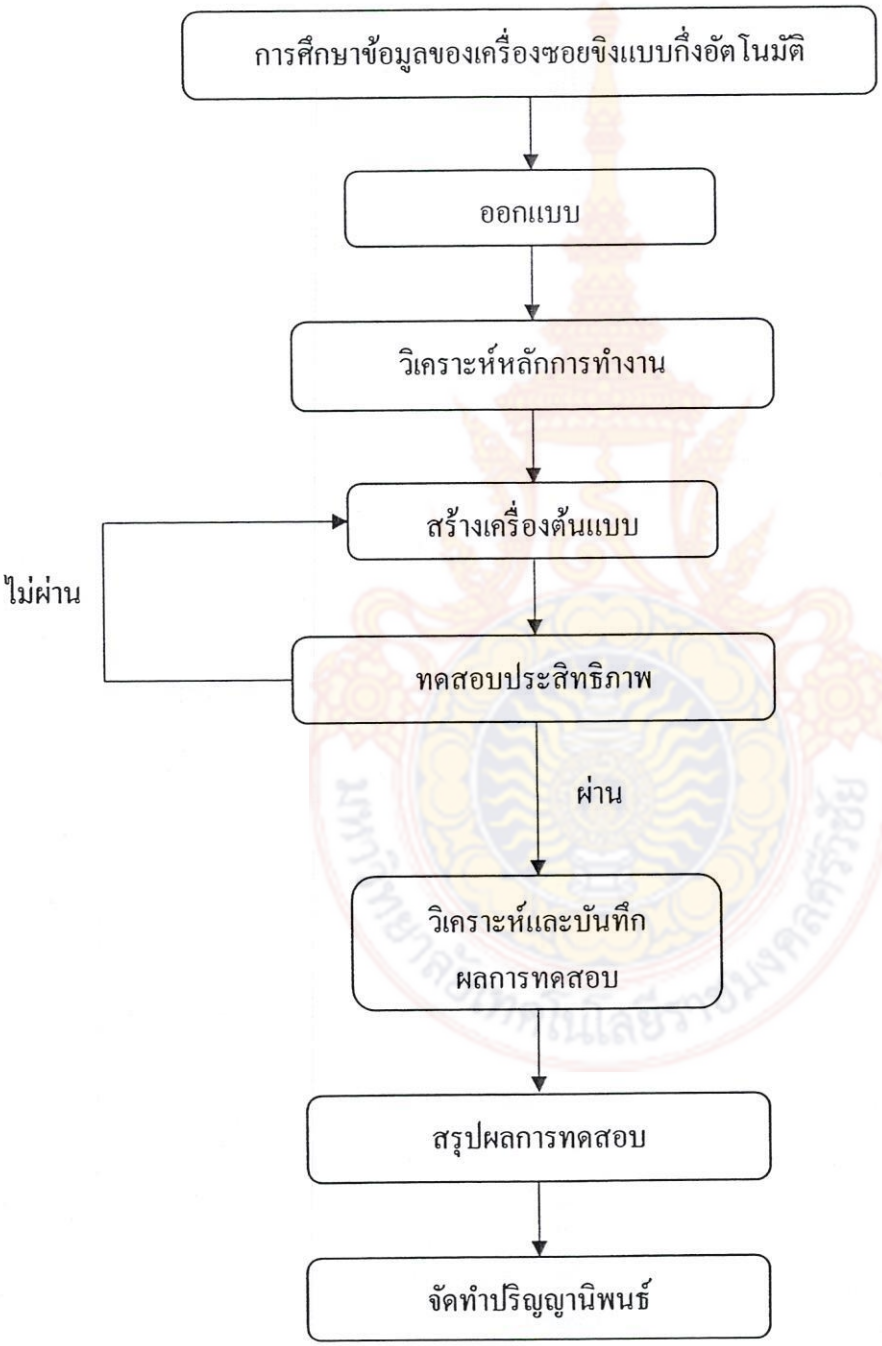
ตาราง 3.1 แผนการดำเนินของโครงงาน

ระยะเวลา / กิจกรรม	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการซอยขิง	– – –	———										
2. ออกแบบและสร้างเครื่อง			– – –	– – –	– – –	———						
3. ทดลองและเก็บข้อมูล						– – –	– – –	———				
4. วิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไข							– – –	– – –	———			
5. จัดทำรูปเล่ม						———	———	– – –	– – –	– – –	– – –	

– – – – แสดงแผนการดำเนินงาน

——— แสดงการดำเนินงานจริง

จากตาราง 3.1 แสดงแผนการดำเนินงานและการดำเนินงานจริงโดยกิจกรรมบางอย่างในการดำเนินการไม่เป็นไปตามแผน เนื่องจากกิจกรรมนั้นต้องใช้เวลาและมีการแก้ไขปรับปรุงจึงทำให้การทำงานล่าช้ากว่าแผนดำเนินงาน ดังนั้นจึงมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานที่ได้วางไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.1



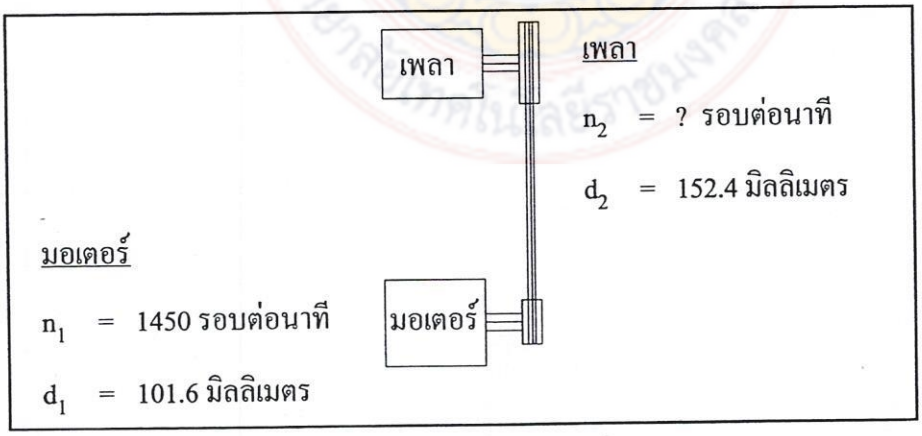
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.2 การออกแบบเครื่องจักร

3.2.1 หลักการทำงานของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับขิงและกรรมวิธีของกระบวนการซอยขิง จึงได้นำหลักการดังกล่าวมาประยุกต์ในการออกแบบกลไกการทำงานของเครื่อง โดยหลักการทำงานของเครื่องใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง โดยชุดของการสไลด์ขิงใช้มอเตอร์เป็นตัวต้นกำลังใช้สายพานเป็นตัวส่งกำลังไปยังพลูเล่ย์ พลูเล่ย์จะขับเพลา ซึ่งเพลาจะยึดติดกับจานสไลด์และจะมีใบมีดยึดติดกับจาน เพื่อช่วยในการสไลด์ขิง และในส่วนของชุดลำเลียงจะใช้มอเตอร์เกียร์ และเกียร์ทด 1:5 รอบต่อนาที และส่งกำลังมายังเพลาขับ โดยใช้คัปปลิ้งซึ่งเพลาขับมีชุดแบริ่งรองรับเพลา เป็นจุดรองรับอยู่สำหรับชุดสายพานลำเลียงประกอบอยู่ด้วยในชุดเพลาขับ สายพานลำเลียงจะทำหน้าที่ในการลำเลียงขิงมายังชุดตัดซอยขิงเป็นเส้น และชุดตัดซอยขิงเป็นเส้นใช้มอเตอร์เป็นตัวต้นกำลังใช้สายพานเป็นตัวส่งกำลังไปยังพลูเล่ย์ พลูเล่ย์จะขับเพลาอีกด้านหนึ่งของเพลามีเฟืองโซ่ประกอบอยู่ด้วยในชุดเพลาขับ เฟืองโซ่จะทำหน้าที่ในการขับเพลาลูกกลิ้งเพื่อทำการตัดซอยขิงเป็นเส้น โดยชุดลูกกลิ้งจะประกอบด้วยเฟืองตามเพื่อทำหน้าที่ในการตัดซอยขิงเป็นเส้น แล้วขิงจะตกลงในภาชนะที่รองรับ จากหลักการดังกล่าวจึงนำไปสู่กระบวนการออกแบบและคำนวณชิ้นส่วนต่าง ๆ โดยได้รวบรวมรายละเอียดต่าง ๆ ที่ต้องการใช้ในการออกแบบ เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางการตัดสินใจสร้างชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักรให้ได้ตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่วางไว้ โดยมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

3.2.2 การคำนวณและออกแบบเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ

1) การคำนวณหาความเร็วรอบและขนาดของล้อสายพาน เครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ ใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ด้วยความเร็ว 1450 รอบต่อนาที เป็นต้นกำลัง โดยมีระบบส่งกำลัง ดังแสดงในรูปที่ 3.2 คือ



รูปที่ 3.2 ขนาดของล้อสายพานและความเร็วรอบเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ

กำหนดให้ n_i = ความเร็วรอบของล้อสายพาน i

d_i = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพาน i

จากการคำนวณหาอัตราทด จากสมการ 2.45 จะได้

$$n_1 d_1 = n_2 d_2$$

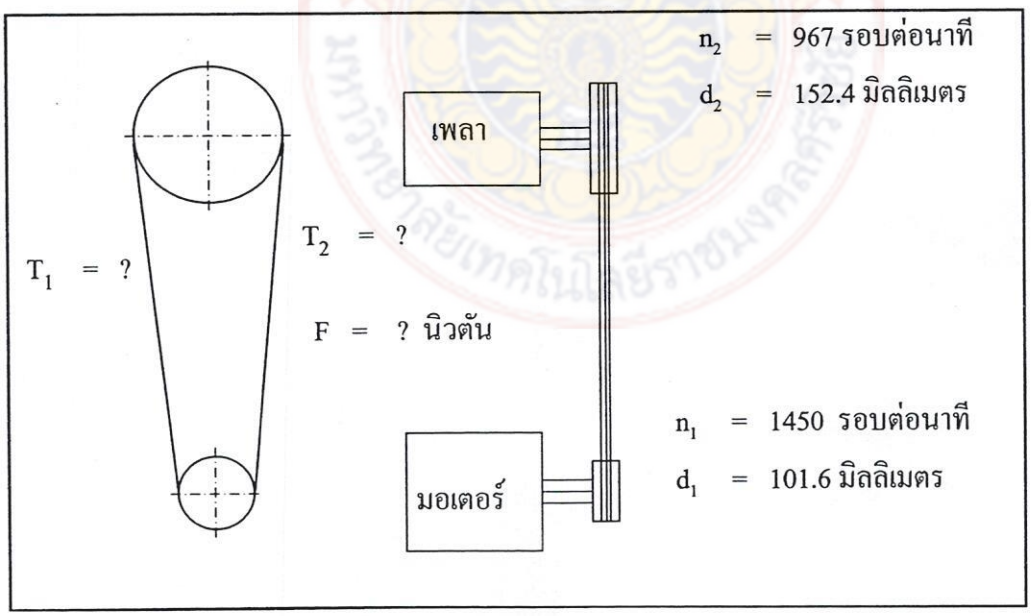
กำหนดขนาดล้อสายพาน d_1 เท่ากับ 101.6 มิลลิเมตร และขนาดล้อสายพาน d_2 เท่ากับ 152.4 มิลลิเมตร และ n_1 เท่ากับ 1450 รอบต่อนาที หาความเร็วรอบ n_2 ที่เพลา

$$1450 \times 101.6 = n_2 \times 152.4$$

$$n_2 = 966.67 \text{ รอบต่อนาที}$$

ดังนั้นความเร็วรอบในการสไลด์ขึงเป็นแผ่นมีความเร็วรอบเท่ากับ 967 รอบต่อนาที

2) การออกแบบเพลาส่งกำลังทำการคำนวณหาขนาดของเพลาโดยการคำนวณหาความสัมพันธ์ ระหว่างแรงบิด (T) และความเค้นเฉือน (τ_d) และมีวิธีการคำนวณดังนี้ ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แรงตึงที่เกิดขึ้นบนล้อสายพาน

หากำลังของมอเตอร์ จะได้

$$P = 1 \text{ แรงม้า}$$

$$= 1 \times 746 \text{ วัตต์}$$

$$\therefore \quad P = 746 \text{ วัตต์}$$

หาค่าทอร์ก (T_1) ที่มอเตอร์ และ $N = n_1$ จากสมการ 2.53

$$P = \frac{2\pi T_1 N}{60}$$

$$T_1 = \frac{60P}{2\pi N}$$

$$= \frac{60 \times 746}{2 \times \pi \times 1450}$$

$$\therefore \quad T_1 = 4.91 \text{ นิวตันเมตร}$$

หาค่าแรงตึงในสายพาน (F) ที่มอเตอร์ เมื่อ R_1 เท่ากับ $\frac{d_1}{2}$ จากสมการ 2.51

$$T_1 = F \times R_1$$

$$= F \times \frac{d_1}{2}$$

$$F = T_1 \times \frac{2}{d_1}$$

$$F = \frac{4.91 \times 2}{0.1016}$$

$$\therefore \quad F = 96.65 \text{ นิวตัน}$$

แรงตึงในสายพาน (F) ของพลูเล่ย์มอเตอร์และพลูเล่ย์เพลาจะมีค่าแรงตึงในสายพานเท่ากัน หาค่า T_2 ที่พลูเล่ย์เพลา

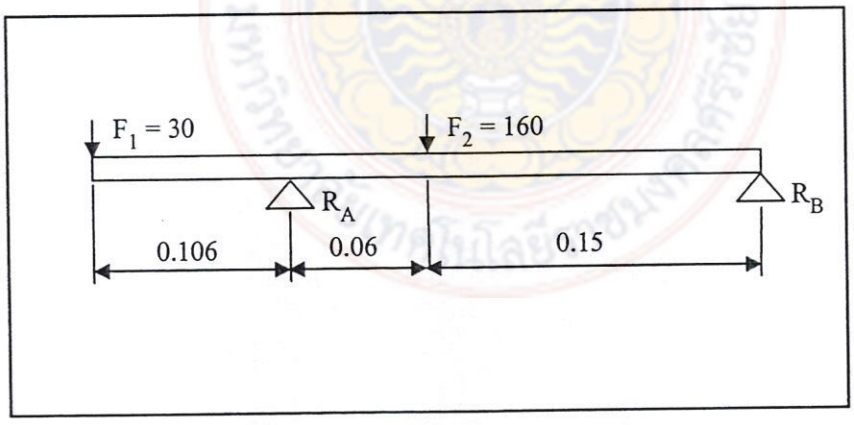
$$T_2 = F \times R_2$$

$$= F \times \frac{d_2}{2}$$

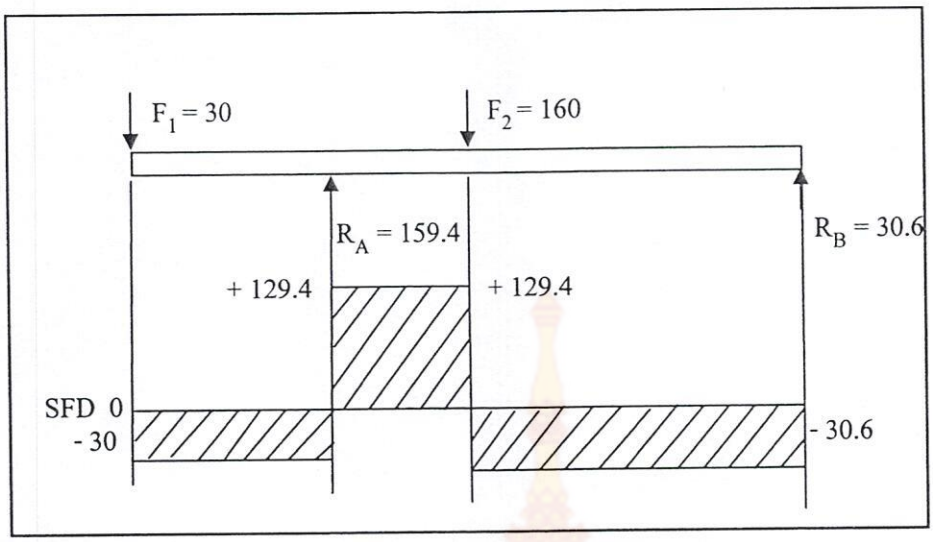
$$= \frac{96.65 \times 0.1524}{2}$$

$$\therefore \quad T_2 = 7.36 \text{ นิวตันเมตร}$$

การหาขนาดของเพลาสไลด์ขิงเป็นแผ่นโดย $F_1 = 30$ นิวตัน ได้จากน้ำหนักของจานสไลด์และน้ำหนักใบมีด และ $F_2 = 160$ นิวตัน ได้จากน้ำหนักของพลูเล่ย์กับแรงตึงของสายพาน และระยะทางต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ลักษณะระยะและแรงที่กระทำกับเพลา



รูปที่ 3.5 SFD ระยะและแรงที่กระทำกับเพลา

หาแรงปฏิกิริยาที่จุด A

$$\sum M_B = 0 \text{ (ทวนเป็น +)}$$

$$(R_A \times 0.21) - (F_1 \times 0.316) - (F_2 \times 0.15) = 0$$

$$R_A = \frac{(30 \times 0.316) + (160 \times 0.15)}{0.21}$$

$$\therefore \quad R_A = 159.4 \text{ นิวตัน (ทิศทางพุ่งขึ้น)}$$

$$\sum F_y = 0 \text{ (ขึ้นเป็น +)}$$

$$R_A + R_B - 53.96 - 54.44 = 0$$

$$\therefore \quad R_B = 30.6 \text{ นิวตัน (ทิศทางพุ่งขึ้น)}$$

ฉะนั้นโมเมนต์ดัดในแนวดิ่งที่จุด A

$$M_{RA} = 0.106 \times 30$$

$$\therefore \quad M_{RA} = 3.18$$

ฉะนั้นโมเมนต์ดัดในแนวดิ่งที่จุด C

$$M_{RC} = 0.06 \times 160$$

$$\therefore \quad M_{RC} = 9.6$$

การคำนวณหาขนาดของเพลาตาม เอเอสเอ็มอี โค้ด (ASME Code) จากวิธีการคำนวณจากทฤษฎีความเค้นสูงสุดจะพิจารณาความล้า หรือความหนาแน่นของเพลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตศาสตร์ (Static Design Method) ในการหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาจะทำการพิจารณาถึงค่าความเค้นต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจะได้

จากสมการ 2.15 การหาขนาดของเพลา

$$d^3 = \frac{5.1}{\tau_p}[(C_m M)^2 + (C_t T)^2]^{1/2}$$

แต่ถ้ากำหนดวัสดุของเพลาที่บอกถึงหมายเลขของโลหะหรือส่วนผสมของโลหะให้ใช้ค่าความเค้นเฉือนใช้งาน โดยเลือกใช้ค่าน้อยมาคำนวณ คือ

$$\tau_p = 0.3\,\sigma_y$$

$$\tau_p = 0.18\,\sigma_U$$

เมื่อทำการเปิดตารางเพื่อหาความเค้นเฉือนของสเตนเลส 304 จะได้

$$\sigma_y = 205 \times 10^6 \text{ นิวตันต่อตารางเมตร}$$

ดังนั้น $\tau_p = 0.3\,\sigma_y$

แต่เนื่องจากเพลามีร่องลิ่มความเค้นจึงลดลงไปอีก 25 เปอร์เซ็นต์

แทนค่าจะได้ $\tau_p = 0.3 \times 205 \times 0.75$

$= 46.125 \times 10^6$ นิวตันต่อตารางเมตร

จากตาราง 2.1 ค่าตัวประกอบความล้า

เมื่อพิจารณาเพลาหมุนมีแรงกระตุกเล็กน้อยให้ใช้ $C_m = 1.5$ และ $C_t = 1$ นำค่าต่าง ๆ แทนจากสมการ 2.15 แทนค่าได้ดังนี้

เนื่องจากแรงที่กระทำเพลาเป็นแรงกระตุกเล็กน้อยค่าความปลอดภัย N = 3

$$d^3 = \frac{5.1 \times 3}{46.125 \times 10^6}[(1.5 \times 9.6)^2 + (1 \times 7.36)^2]^{1/2}$$

$$d = \sqrt[3]{5.36 \times 10^{-6}}$$

$$d = 0.018 \text{ เมตร}$$

$$\therefore \quad d = 18 \text{ มิลลิเมตร}$$

จากการคำนวณข้างต้นเพลาส่งกำลังมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 18 มิลลิเมตร แต่เลือกใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 25.4 มิลลิเมตร เนื่องจากสามารถเลือกใช้วัสดุมาตรฐานที่มีตามท้องตลาดได้ง่ายกว่า และประกอบชิ้นส่วนอื่นได้ง่าย

เมื่อนำเพลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร จะต้องหาค่าความปลอดภัยใหม่

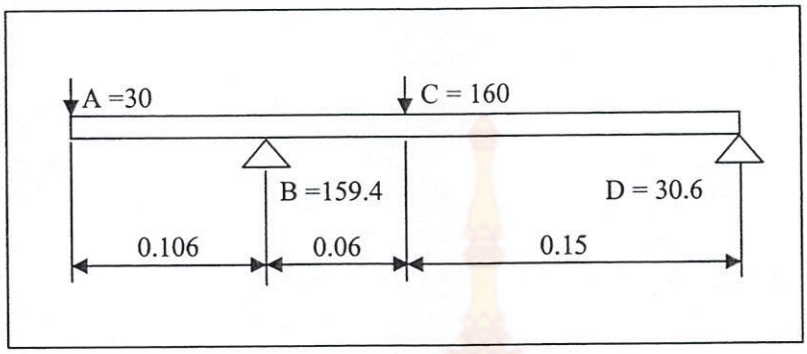
$$d^3 = \frac{5.1}{\tau_p}[(C_m M)^2 + (C_t T)^2]^{1/2}$$

$$0.025^3 = \frac{5.1 \times N}{46.125 \times 10^6}[(1.5 \times 9.6)^2 + (1 \times 7.36)^2]^{1/2}$$

$$\therefore \quad N = 8.74$$

เมื่อนำเพลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร มาใช้งานจะได้ค่าความปลอดภัยมากกว่าเพลาขนาด 18 มิลลิเมตร ถึง 8.74 เท่า จึงสามารถนำเพลาขนาด 25.4 มิลลิเมตร มาใช้งานจะได้ความปลอดภัยสูงขึ้น

การคำนวณหาระยะโก่งของเพลา ซึ่งจะเลือกใช้ขนาด 25.4 มิลลิเมตร มีแรงมากระทำที่จุด A มีขนาด 30 นิวตัน และกระทำที่จุด C มีขนาด 160 นิวตัน ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ลักษณะระยะและแรงที่กระทำกับเพลา

หาโมเมนต์ความเฉื่อย (I) ของหน้าตัดเพลา

$$I = \frac{\pi d^4}{64}$$

$$= 0.049 \times 0.0254^4$$

$$\therefore \quad I = 2.04 \times 10^{-8}$$

หาระยะโก่งของเพลาจาก A ถึง B ได้ จากสมการ 2.28

$$Y_{max} = \frac{Wl^3}{3EI}$$

$$= \frac{(30 \times 0.106)^3}{3\,(193 \times 10^9) \times (2.04 \times 10^{-8})}$$

$$= 3.03 \times 10^{-6} \text{ เมตร}$$

$$\therefore \quad Y_{max} = 0.00303 \text{ มิลลิเมตร}$$

หาระยะโก่งจาก B ถึง D ได้ จากสมการ 2.33

$$Y_{\text{under load}} = \frac{Wa^2(l-a)^2}{3EIl}$$

$$= \frac{160 \times 0.06^2 \times (0.21 - 0.06)^2}{3 \times (193 \times 10^9) \times (2.04 \times 10^{-8}) \times 0.21}$$

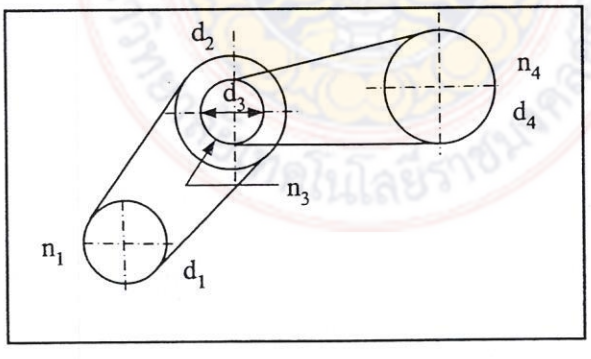
$$= 5.22 \times 10^{-6} \text{ เมตร}$$

$$\therefore \quad Y_{\text{under load}} = 0.00522 \text{ มิลลิเมตร}$$

การหาระยะโก่งของเพลา โดยค่าที่แนะนำให้ใช้ในการออกแบบของเพลาที่ส่งกำลังทั่วไป ระยะโก่งระหว่างแบริ่งที่รองรับไม่เกิน 0.25 มิลลิเมตร ต่อความยาว 300 มิลลิเมตร ดังนั้นการคำนวณหาระยะโก่งของเพลาที่เกิดขึ้น ณ จุด A เท่ากับ 0.00303 มิลลิเมตร และจุด C เท่ากับ 0.00522 มิลลิเมตร จึงไม่มีผลกระทบต่อเพลาและการส่งกำลัง

3) การคำนวณหาความเร็วของลูกกลิ้งชุดตัดซอยเป็นเส้น

การคำนวณหาความเร็วรอบของลูกกลิ้งชุดตัดซอยเป็นเส้น โดยใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ด้วยความเร็ว 1450 รอบต่อนาที เป็นต้นกำลัง โดยมีระบบส่งกำลัง ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การส่งกำลังมอเตอร์ไปยังชุดตัดซอยเป็นเส้น [15]

จากการคำนวณหาอัตราทด จากสมการ 2.45 จะได้

$$n_1 d_1 = n_2 d_2$$

โดยมี n_1 = 1450 รอบต่อนาที

n_2 = ? รอบต่อนาที

d_1 = 101.6 มิลลิเมตร

d_2 = 152.4 มิลลิเมตร

$$1450 \times 101.6 = n_2 \times 152.4$$

$$n_2 = 967 \text{ รอบต่อนาที}$$

เนื่องจาก $n_2 = n_3$

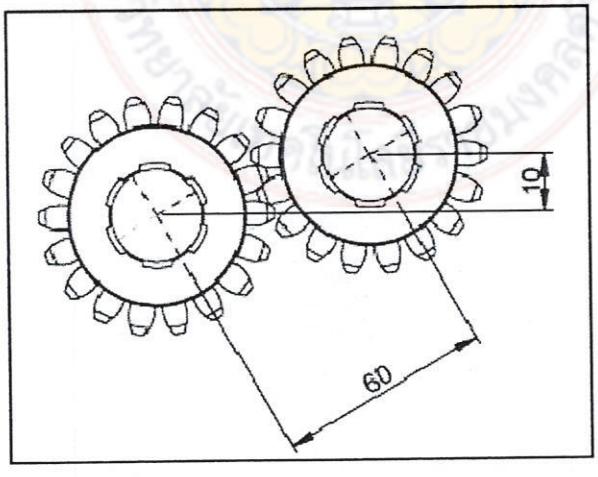
ดังนั้น $n_3 d_3 = n_4 d_4$

$$967 \times 63.5 = n_4 \times 139.7$$

$$n_4 = 440 \text{ รอบต่อนาที}$$

จากการคำนวณหาความเร็วรอบของลูกกลิ้งชุดตัดซอยเป็นเส้นจะใช้ความเร็วรอบเท่ากับ 440 รอบต่อนาที

4) การคำนวณเฟือง ต้องหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางยอดฟัน ขนาดของวงกลมพิตช์ (Diametric Pitch) จำนวนฟัน (Number of Teeth) และความสูงฟัน เพื่อใช้สำหรับกัดเฟืองบนชุดหัวแบ่งเครื่องกัด ลักษณะของเฟืองขบ ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ลักษณะของเฟืองขบกันภายนอก

จากสมการ 2.35 หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตซ์

$$d_{pit} = m \times z$$

แต่เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตซ์เท่ากับ 60 มิลลิเมตร

จากสมการ 2.36 หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางยอดฟัน

$$d_o = m \times (z + 2)$$
$$= 2.5 \times (24 + 2)$$
$$= 65 \text{ มิลลิเมตร}$$

จากสมการ 2.37 หาจำนวนฟัน

จำนวนฟัน $z = \frac{d_p}{m}$

$$= \frac{60}{2.5}$$

$$= 24 \text{ ฟัน}$$

จากสมการ 2.38 หาความสูงฟัน

ความสูงฟัน $h = (2 \times m) + c$

$$= (2 \times 2.5) + (0.167 \times 2.5)$$
$$= 5.417 \text{ มิลลิเมตร}$$

จากสมการ 2.39 หาความสูงยอดฟัน

ความสูงยอดฟัน $h_a = m$

$$= 2.5$$

จากสมการ 2.40 หาความสูงโคนฟัน

ความสูงโคนฟัน $h_f = m + c$

$= 2.5 + (0.167 \times 2.5)$

$= 2.92$ มิลลิเมตร

จากสมการ 2.41 หาความกว้างของเฟือง

ความกว้างเฟือง $b = (6...12) \times m$

$= 6 \times 2.5$

$= 15$ มิลลิเมตร

หมายเหตุ จากตารางงานโลหะใช้ค่า $C = \frac{1}{6}$

3.2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ ในส่วนของการดำเนินการสร้างเครื่องจะประกอบไปด้วยเครื่องมือ เครื่องจักรที่เข้ามาเกี่ยวข้องดังนี้

1) เครื่องกลึง ยี่ห้อ VICTOR รุ่น 400X1000 G TAIWAN
2) เครื่องกลึง CNC ยี่ห้อ MAZAK รุ่น TUNE SUPER 200
3) เครื่องกัด โอบรี ซีสโตเซร์ รุ่น เอฟ จี 32 (Obraeci Stroje Model FG 32)
4) เครื่องเลื่อย ฮอโตมาร์ รุ่น อี 250 (Automa Model E 250)
5) เครื่องเชื่อมติกยี่ห้อ POWELD-TIG รุ่น PW-310WP-5
6) เครื่องมือกลพื้นฐาน มีดังต่อไปนี้
   - กลุ่มเครื่องมือมีดังต่อไปนี้ ตะไบต่าง ๆ เลื่อย ค้อน สกัด ประแจปากตาย ประแจเลื่อน คีมล็อค ปากกาจับยึด ไขควง
   - กลุ่มเครื่องมือกลมีดังต่อไปนี้ เครื่องเจียระไนมือ สว่านมือ
   - กลุ่มเครื่องมือวัด มีดังต่อไปนี้ เวอร์เนียคาลิปเปอร์ เวอร์เนียไฮเกต ตลับเมตร ฟุตเหล็กฉาก
   - กลุ่มอุปกรณ์ป้องกันมีดังต่อไปนี้ ถุงมือหนัง แว่นตา จุกอุดหู

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

จากการคำนวณและการออกแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ ในขั้นตอนการผลิตและสร้างเครื่อง จะผลิตตามแบบที่ได้ออกแบบไว้และได้ทำการจัดซื้อจัดหาวัสดุและชิ้นส่วนต่าง ๆ จากท้องตลาด ดังแสดงในตาราง 3.2

ตาราง 3.2 รายการวัสดุและชิ้นส่วนมาตรฐาน

ที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน
1	มอเตอร์	-	AC 220 V 1 HP	1 ตัว
2	มอเตอร์เกียร์	-	AC 90 W	1 ตัว
3	พลูเล่ย์	เหล็กหล่อ	2.5" × 2" × 6 หุ้น	1 ลูก
4	พลูเล่ย์	เหล็กหล่อ	5" × 1"	1 ลูก
5	พลูเล่ย์	เหล็กหล่อ	6" × 1"	1 ลูก
6	เหล็กกล่อง	Stainless Steels	1.5" × 3/4	2 เส้น
7	เหล็กกล่อง	Stainless Steels	2" × 1"	1 เส้น
8	เหล็กเพลา	St37	2" × 1.5"	2 ท่อน
9	เหล็กแผ่น	Stainless Steels	4" × 1.5 "× 30"	1 แผ่น
10	เหล็กแผ่น	Stainless Steels	6" × 6"	1แผ่น
11	เหล็กแผ่น	Stainless Steels	2 ฟุต × 3"	3 แผ่น
12	เหล็กฉาก	Stainless Steels	1.5 × 3/16 × 50"	1 ท่อน
13	แผ่นตัดกลม	Stainless Steels	300 × 4 มิลลิเมตร	3 แผ่น
14	แผนตัดกลม	Stainless Steels	20" × 1 มิลลิเมตร	2 แผ่น
15	แผ่นมอเตอร์	St 37	8" × 8"	1 แผ่น
16	แผ่นลูกเบี้ยว	St 37	5" × 3/8"	1 แผ่น
17	เพลา	Stainless Steels	1" × 14	1ท่อน
18	เพลา	Stainless Steels	2.5" × 58	1ท่อน
19	เพลา	Stainless Steels	1" × 12	4 ท่อน

ตาราง 3.2 รายการวัสดุและชิ้นส่วนมาตรฐาน(ต่อ)

ที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน
20	เพลา	Stainless Steels	2"× 7"	2 ท่อน
21	เกียร์ทด	-	1 : 5	1 ตัว
22	แบริ่ง	-	1"	10 ลูก
23	บูช	ทองเหลือง	1" × 2.5"	2 ตัว
24	บูช	ทองเหลือง	1.5" × 1"	2 ตัว
25	สกรู	Stainless Steels	3/8" × 2"	20 ชุด
26	สปริง	Stainless Steels	3/4" × 7"	2 เส้น
27	น๊อต	Stainless Steels	1/2"	2 ตัว
28	แหวน	Stainless Steels	3/8"	2 ตัว
29	คับปลิ้ง	เหล็กหล่อ	2.5"	1 ลูก
30	สายพานลำเลียง	-	140 × 1000 × 2 มิลลิเมตร	1 เส้น
31	สายพาน	-	47"	1 เส้น
32	สายพาน	-	40"	1 เส้น
33	ฝาครอบความปลอดภัย	Stainless Steels	-	6 ชิ้น
34	สายไฟ	-	-	2 เส้น
35	เบรคเกอร์	-	-	1 อัน
36	ใบมีด	Stainless Steels	-	3 ใบ
37	ลูกปืน	-	6205 vv	4 ตัว

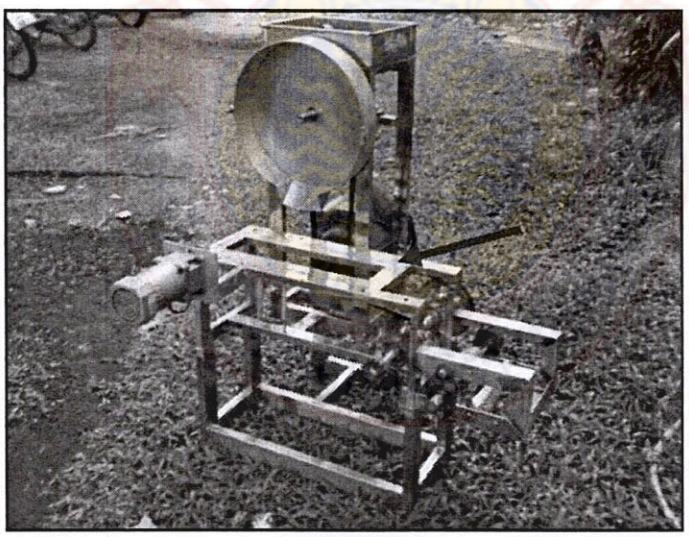
เมื่อดำเนินการจัดซื้อจัดหาวัสดุและชิ้นส่วนต่าง ๆ ตามต้องการมีราคาโดยประมาณ 50,000 บาท ในส่วนของการดำเนินการสร้างเครื่องจักรจะประกอบไปด้วย

3.3.1 ส่วนประกอบของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ สามารถแยกชุดโครงออกเป็น 3 ชุด ดังนี้ คือ ชุดโครงเครื่อง ชุดโครงสายพานลำเลียง และชุดโครงลูกกลิ้งตัดซอยเป็นเส้น

1) ชุดโครงเครื่อง ได้ออกแบบมีขนาด 250 × 300 × 990 มิลลิเมตร โดยมีด้านความยาวยึดติดกับชุดสายพานลำเลียงเพื่อรองรับน้ำหนักของชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่นำมาประกอบเป็นชุดสไลด์ขิงแผ่น ดังแสดงในรูปที่ 3.9

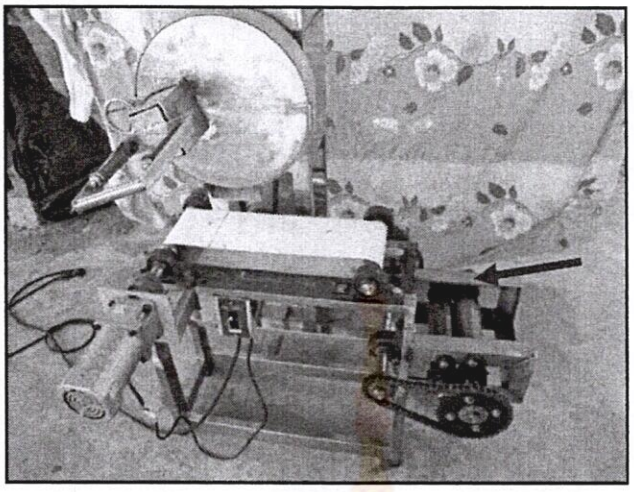
รูปที่ 3.9 ลักษณะของโครงเครื่อง

2) ชุดโครงสายพานลำเลียง ได้ออกแบบเป็นมีขนาด 260 × 600 × 568 มิลลิเมตร โดยมีด้านความกว้างยึดติดกับชุดตัดซอยเพื่อให้เหมาะสมกับสายพานลำเลียง และรองรับน้ำหนักของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของชุดลำเลียง ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ลักษณะของโครงสายพานลำเลียง

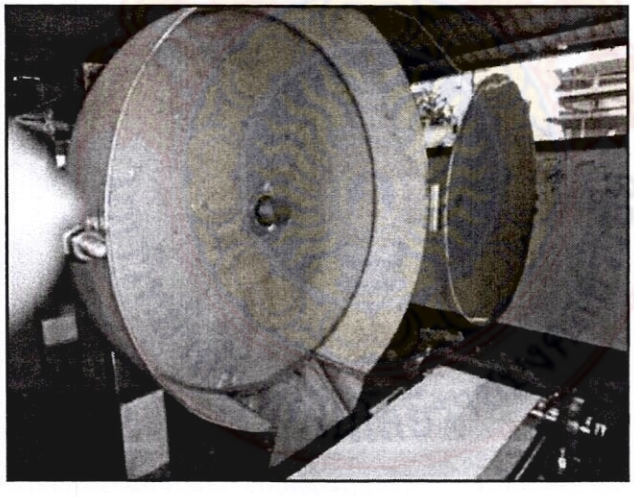
3) ชุดโครงลูกกลิ้งตัดซอยเป็นเส้น มีขนาด 250 × 260 × 145 มิลลิเมตร ความสูงจากพื้นประมาณ 300 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ลักษณะของโครงลูกกลิ้งตัดซอย

3.3.2 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุดสไลด์ขิงแผ่น สามารถแยกเป็นชุดชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้ดังนี้

1) ฝาครอบแผ่นเพลทจานสไลด์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 320 × 4 มิลลิเมตร มีหน้าที่ป้องกันไม่ให้ขิงที่สไลด์กระเด็นออก และเพื่อให้ขิงตกลงในช่อง ดังแสดงในรูปที่ 3.12

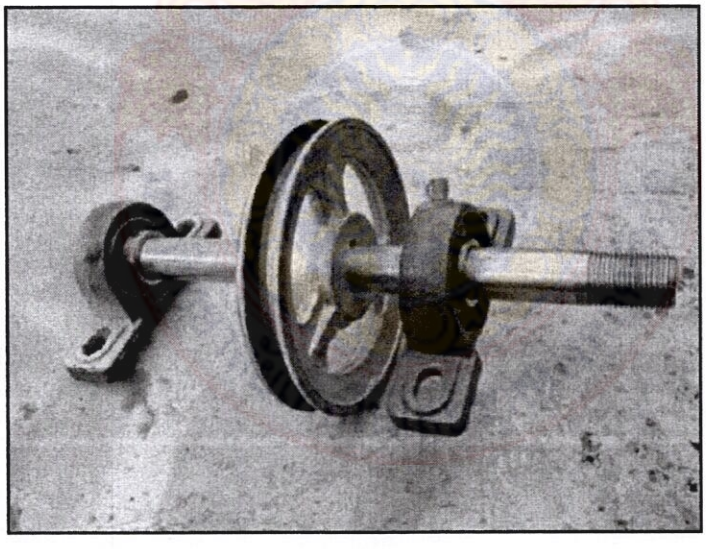


รูปที่ 3.12 ลักษณะของฝาครอบแผ่นเพลทจานสไลด์

2) แผ่นจานสไลด์ขิงแผ่น มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 310 × 4 มิลลิเมตร ยึดติดกับเพลาหมุนเพื่อทำหน้าที่ส่งกำลังแผ่นจานสไลด์ขิงแผ่น และมีใบมีดสไลด์ขิงแผ่นยึดติดอยู่ด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3.13

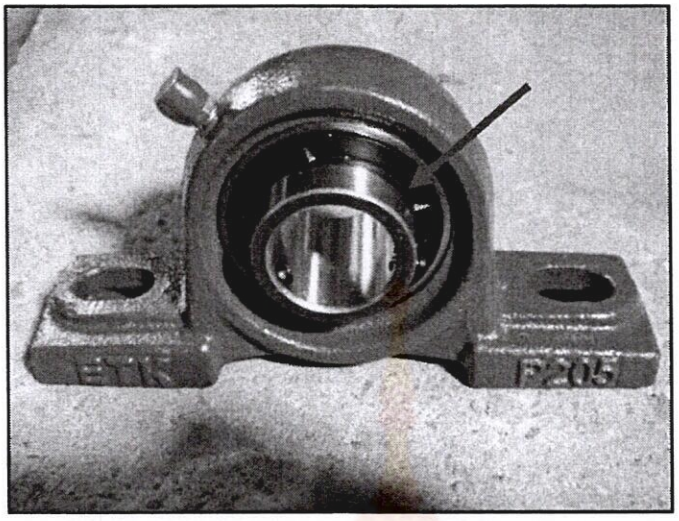
รูปที่ 3.13 ลักษณะของจานสไลด์ขึงแผ่น

3) เพลา มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 25.4 × 320 มิลลิเมตร จะเป็นตัวส่งกำลังไปยังจานสไลด์เพื่อสไลด์ขึงแผ่น ดังแสดงในรูปที่ 3.14



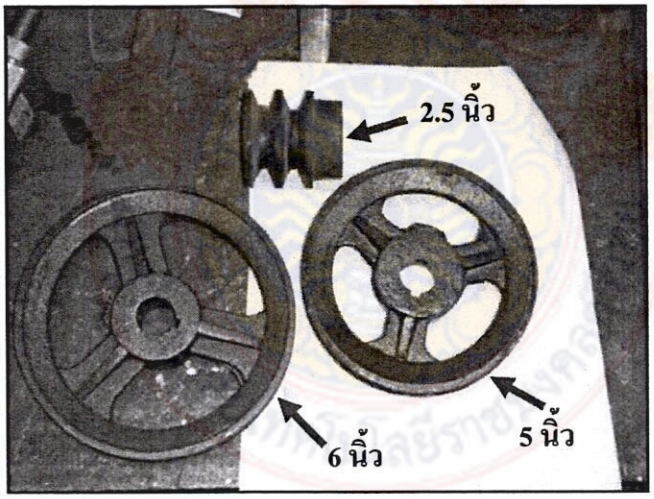
รูปที่ 3.14 ลักษณะของเพลาที่ยึดติดกับแผ่นจานสไลด์ขึงแผ่น

4) แบริ่ง มีรูเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 25.4 มิลลิเมตร เพื่อให้เหมาะสมกับเพลา และเป็นที่รับน้ำหนักของชิ้นส่วนอื่น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.15



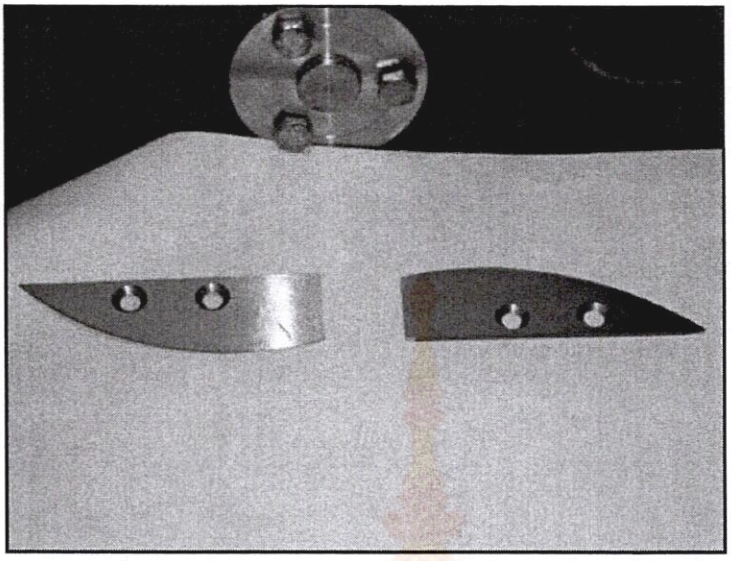
รูปที่ 3.15 ลักษณะของแบริ่งสวมติดกับตุ๊กตา

5) พลูเล่ย์ ใช้ขนาด 152.4 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้ความเร็วที่ต้องการในการสไลด์ขึงแผ่น และเป็นตัวขับเคลื่อนของชุดสไลด์ขึงแผ่น ดังแสดงในรูปที่ 3.16



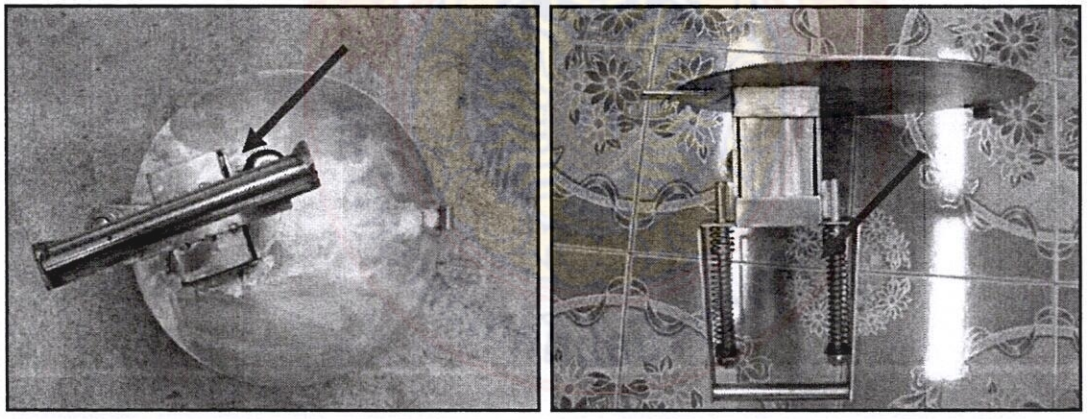
รูปที่ 3.16 ลักษณะของพลูเล่ย์ขนาดต่าง ๆ

6) ใบมีดสไลด์ขึงแผ่น มีความหนา 2 มิลลิเมตร ยาว 110 มิลลิเมตร และรัศมีของมีด 115 องศา ใบมีดสไลด์จะยึดติดกับจานสไลด์ เพื่อจะสไลด์ขึงเป็นแผ่น ซึ่งได้ออกแบบชุดจับยึดให้มีลักษณะที่เหมาะสม และวัสดุที่ใช้ทำชุดจานสไลด์ยึดใบมีดตัดทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ดังแสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ลักษณะของใบมีดสไลด์ขิงแผ่น

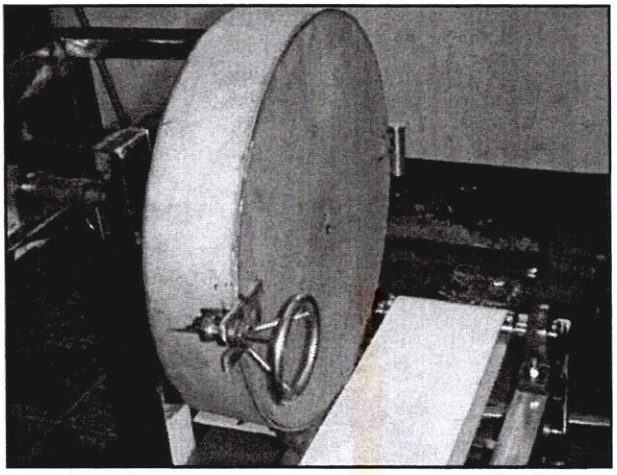
7) ช่องใส่ขิง ออกแบบเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม ดังแสดงในรูปที่ 3.18 (ก) และเชื่อมยึดติดฝาปิดจานสไลด์ขิงแผ่นเพื่อใส่ขิงได้สะดวก และมีตัวดันขิงให้เข้าสู่ตำแหน่งสไลด์ขิง โดยใช้สปริงเป็นตัวดันขิง ดังแสดงในรูปที่ 3.18 (ข)



(ก) ช่องใส่ขิง (ข) สปริง

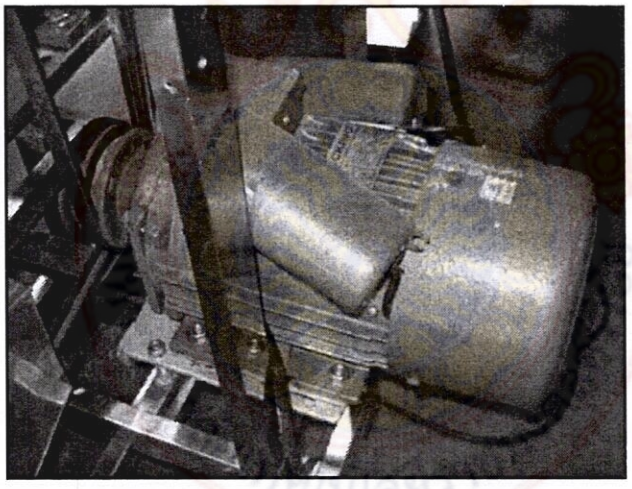
รูปที่ 3.18 ลักษณะของช่องใส่ขิงและสปริง

8) ฝาปิดจานสไลด์ มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 310 × 4 มิลลิเมตร เพื่อปิดไม่ให้ขิงกระเด็นออก ดังแสดงในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 ลักษณะของฝาปิดจานสไลด์

9) มอเตอร์ ใช้ขนาด 1 แรงม้า ด้วยความเร็ว 1450 รอบต่อนาที เป็นต้นกำลัง เพื่อขับเคลื่อนชุดสไลด์ขิงแผ่นและชุดตัดซอยเป็นเส้น ดังแสดงในรูปที่ 3.20

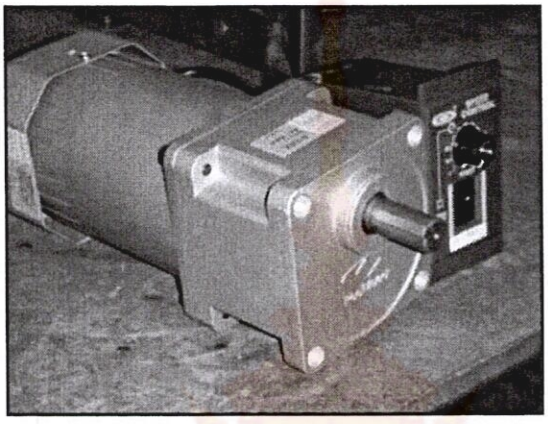


รูปที่ 3.20 ลักษณะของมอเตอร์

ในส่วนของชุดสไลด์ขิงแผ่นใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลัง โดยส่งผ่านสายพานไปยังพลูเล่ย์ และขับเคลื่อนเพลาให้หมุน โดยเพลายึดติดกับจานสไลด์ และใบมีดยึดติดกับจานสไลด์เพื่อสไลด์ขิงให้เป็นแผ่น แล้วส่วนของช่องใส่ขิงมีตัวดันขิงเพื่อให้ขิงเข้าสู่ตำแหน่งที่เหมาะสมในการสไลด์ขิงเป็นแผ่น โดยมีสปริงเป็นตัวดันขิงแล้วก็สไลด์ขิงเป็นแผ่นหลังจากนั้นขิงตกลงบนสายพานลำเลียงโดยสายพานลำเลียงและลำเลียงขิงไปยังชุดตัดซอยเป็นเส้น

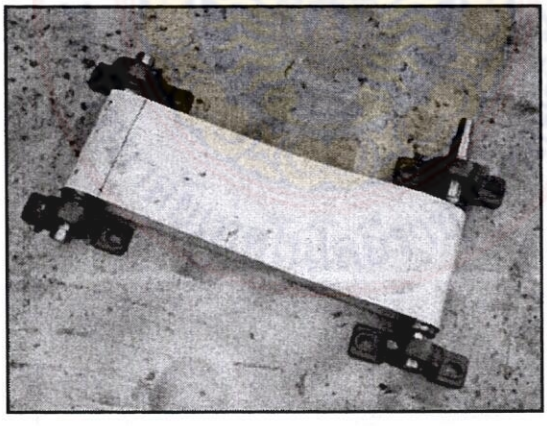
3.3.3 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุดสายพานลำเลียง สามารถแยกเป็นชุดชิ้นส่วนได้ดังนี้

1) มอเตอร์เกียร์ ใช้ขนาด 90 วัตต์ ด้วยความเร็ว 1350 รอบต่อนาที เป็นต้นกำลัง และใช้เกียร์ทดรอบ 1: 5 รอบต่อนาที สามารถปรับความเร็วรอบได้เพื่อขับเคลื่อนสายพานลำเลียง ดังแสดงในรูปที่ 3.21



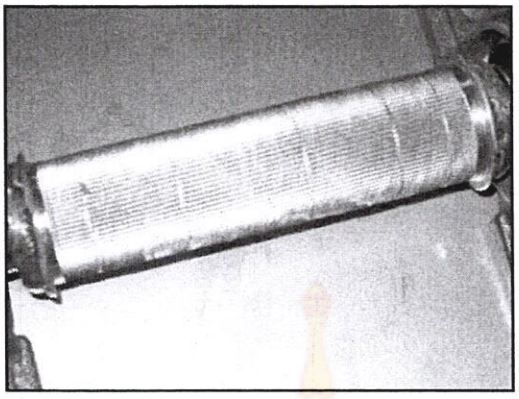
รูปที่ 3.21 ลักษณะของมอเตอร์เกียร์

2) สายพานลำเลียง ใช้สายพาน รุ่น 2TG50/EW ขนาด 140 × 1000 × 2 มิลลิเมตร ใช้ลำเลียงขิงแผ่นเพื่อนำไปตัดซอยเป็นเส้น ดังแสดงในรูปที่ 3.22



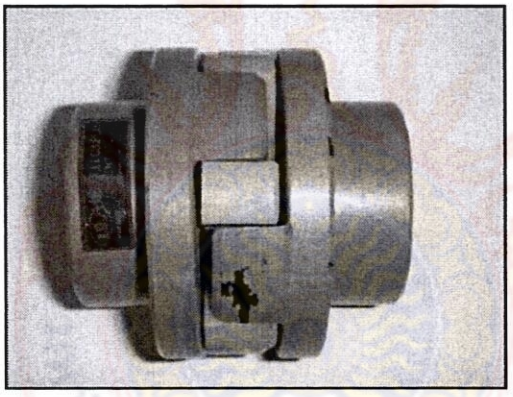
รูปที่ 3.22 ลักษณะของสายพานลำเลียง

3) เพลาขับสายพาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 × 150 มิลลิเมตร ออกแบบลักษณะให้มีลายเพื่อขับเคลื่อนสายพานและป้องกันการลื่นไถลของสายพาน ดังแสดงในรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 ลักษณะของเพลาขับสายพาน

4) คัปปลิ้ง จะใช้ขนาด 25.4 มิลลิเมตร เพื่อต่อระหว่างเกียร์ทดกับเพลาเป็นต้นกำลังขับสายพานลำเลียง ดังแสดงในรูปที่ 3.24

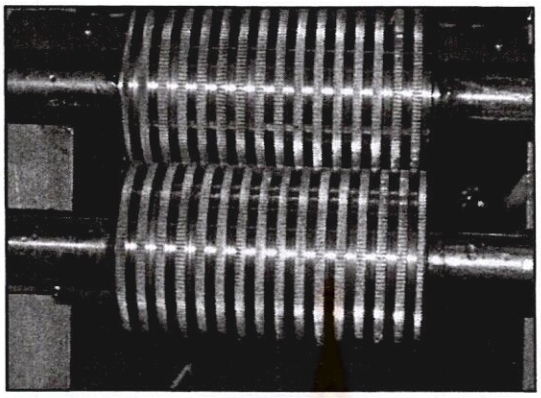


รูปที่ 3.24 ลักษณะของคลัปปิง

ในส่วนของชุดสายพานลำเลียงใช้มอเตอร์เกียร์และเกียร์ทด 1:5 รอบต่อนาที และส่งกำลังมายังเพลาขับโดยใช้คัปปลิ้งซึ่งเพลาขับมีชุดแบริ่งรองรับเพลา เป็นจุดรองรับอยู่สำหรับชุดสายพานลำเลียงประกอบอยู่ด้วยในชุดเพลาขับ สายพานลำเลียงจะทำหน้าที่ในการลำเลียงขิงมายังขั้นตอนการตัดซอยขิงเป็นเส้น

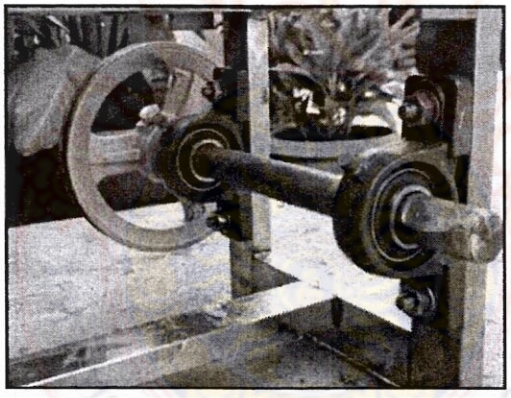
3.3.4 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของชุดตัดซอยขิงเป็นเส้น สามารถแยกเป็นชุดชิ้นส่วนได้ดังนี้

1) ลูกกลิ้งตัดซอยขิงเป็นเส้น ใช้เหล็กสเตนเลสมีเส้นผ่านศูนย์กลางโตนอก 63 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางโตในเท่ากับ 56.5 มิลลิเมตร ซึ่งเซาะร่องลึก 6.5 มิลลิเมตร จำนวน 15 ร่อง ซึ่งมีความยาว 100 มิลลิเมตร จำนวน 2 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 ลักษณะของลูกกลิ้งตัดซอยเป็นเส้น

2) เพลาส่งกำลัง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 25.4 มิลลิเมตร เพลาของชุดตัดซอยขิงเป็นเส้นจะใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนมายังพลูเล่ย์แล้วขับเพลาให้หมุน โดยอีกด้านหนึ่งของเพลาจะมีชุดเฟืองโซ่ขับและโซ่ยึดติดอยู่ด้วย เพื่อจะขับเคลื่อนของชุดลูกกลิ้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 ลักษณะของเพลา

3) ตลับลูกปืนวาย (Y-Bearings) การใช้ตลับลูกปืนวาย จะทำให้สามารถทำการจัดตั้งตลับลูกปืนได้ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อย เนื่องจากคุณลักษณะเฉพาะตัวทำให้ชุดตลับลูกปืนวายมีใช้กันมากในเครื่องจักรกลการเกษตร เครื่องมือก่อสร้าง เครื่องจักรทอผ้า ระบบการขนส่ง อุปกรณ์ระบายอากาศ เครื่องผลิตอาหารและการบรรจุหีบห่อ ชุดตลับลูกปืนวาย ชุดตลับลูกปืนวายสามารถรับการเยื้องแนวได้ปานกลาง แต่จะไม่สามารถเลื่อนไปในแนวแกนได้ ดังนั้นชุดตลับลูกปืนวายจึงไม่เหมาะสำหรับใช้เป็นตลับลูกปืนแบบไม่กำหนดตำแหน่งของเพลา (Non-Locating Bearing) ดังนั้นระยะระหว่างตำแหน่งของตลับลูกปืนควรจะสั้นหรือชุดตลับลูกปืนวายควรจะได้รับการ

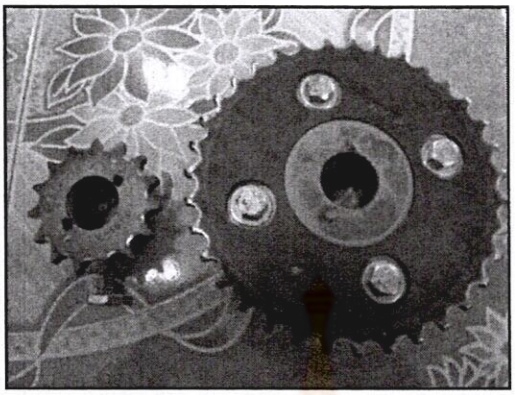
รองรับอยู่ในผนังโลหะที่เป็นแผ่นยืดหยุ่น เพื่อป้องกันมิให้ชุดตลับลูกปืนวายได้รับความเค้นสูงจนเกินไปอันเนื่องมาจากการขยายตัวทางความร้อนของเพลา ดังแสดงในรูปที่ 3.27

รูปที่ 3.27 ลักษณะตลับลูกปืนวาย

4) เฟือง มีจำนวนฟัน 24 ฟัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 65 มิลลิเมตร จำนวน 2 ตัว เป็นเฟืองที่ใช้ส่งกำลังกับเพลาที่ขนานกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.28

รูปที่ 3.28 ลักษณะชุดเฟืองขับ

5) เฟืองโซ่ มีหน้าที่ในการขับเคลื่อนลูกกลิ้งตัดซอยเป็นเส้น โดยมีเฟืองโซ่ขับมีจำนวนฟัน 15 ฟัน และเฟืองโซ่ตามมีจำนวน 35 ฟัน ดังแสดงในรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 ลักษณะเฟืองโซ่ขับเพลา

6) หวี ชิ้นส่วนที่ช่วยป้องกันการติดของขิงในร่องของลูกกลิ้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.30

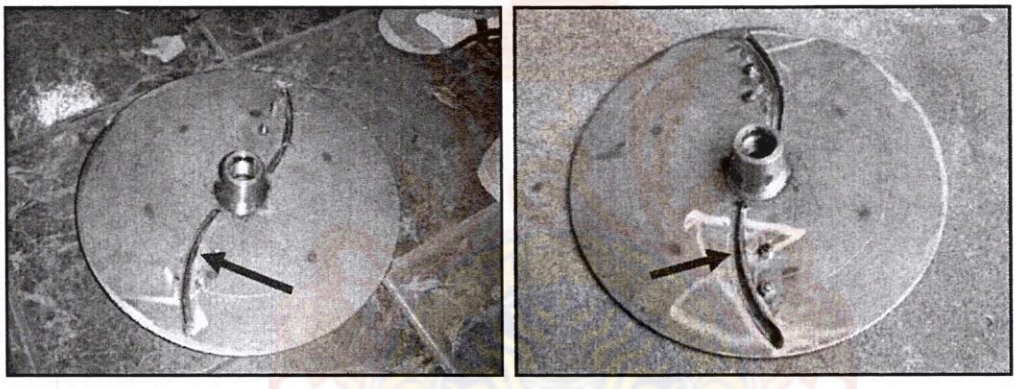
รูปที่ 3.30 ลักษณะหวี

ในส่วนของชุดตัดซอยเป็นเส้นใช้มอเตอร์เป็นตัวต้นกำลังใช้สายพานเป็นตัวส่งกำลังไปยังพลูเล่ย์ พลูเล่ย์จะขับเพลาและอีกด้านหนึ่งของเพลาจะมีเฟืองโซ่ขับขนาด 2.5 นิ้ว จำนวน 15 ฟัน เพื่อจะขับชุดลูกกลิ้งซึ่งจะมีเฟืองโซ่ตามติดอยู่กับเพลาลูกกลิ้ง เฟืองโซ่ตามจะมีขนาด 5.5 นิ้ว จำนวน 35 ฟัน ประกอบอยู่ด้วยในชุดเพลาขับ และอีกด้านหนึ่งของลูกกลิ้งจะมีเฟืองจำนวน 2 ตัว ประกบกันเพื่อทำหน้าที่ในการส่งกำลังของลูกกลิ้ง

3.4 วิธีการทดสอบและปรับปรุงแก้ไขเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ

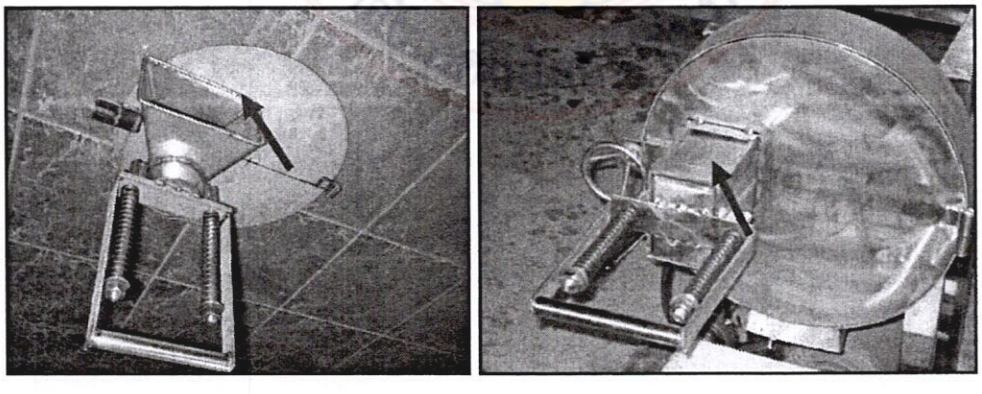
ในการทดสอบและปรับปรุงแก้ไขเครื่อง ได้มีการดำเนินการปรับปรุงซึ่งจะมีสาเหตุที่ต้องปรับปรุงและผลการทดสอบดังนี้

3.4.1 การทดสอบเบื้องต้น หลังจากการดำเนินการขั้นตอนการสร้างชิ้นส่วนต่าง ๆ และนำมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นที่เรียบร้อย ในการทดสอบการทำงานเพื่อตรวจสอบกลไกการทำงานของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ เบื้องต้นจะพบจุดบกพร่องในการสไลด์ขิงแผ่น เนื่องจากช่องสไลด์ขิงแผ่นแคบเกินไป ดังแสดงในรูปที่ 3.31 (ก) จึงได้มีการออกแบบใหม่เพื่อให้ขิงผ่านช่องได้สะดวกมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.31 (ข) การทดลองครั้งนี้เป็นการทดสอบเพื่อดูการทำงานของเครื่อง และในการสไลด์ขิงแผ่นพบว่าช่องใส่ขิงมีขนาดเล็กเกินไป ดังแสดงในรูปที่ 3.32 (ก) จึงทำให้ขิงออกมาสั้นเกินไป จึงได้มีการออกแบบใหม่เพื่อให้ขิงแผ่นที่สไลด์ออกมามีขนาดความยาวเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.32 (ข) และในส่วนของสายพานลำเลียงยังมีการลื่นไถลเกิดขึ้นระหว่างสายพานลำเลียงกับเพลา เนื่องจากเพลาไม่มีการพิมพ์ลาย ดังแสดงในรูปที่ 3.33 (ก) ทำให้สายพานลื่นไถลได้จึงได้แก้ไขปัญหา โดยการนำเพลามาพิมพ์ลายใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 3.33 (ข)



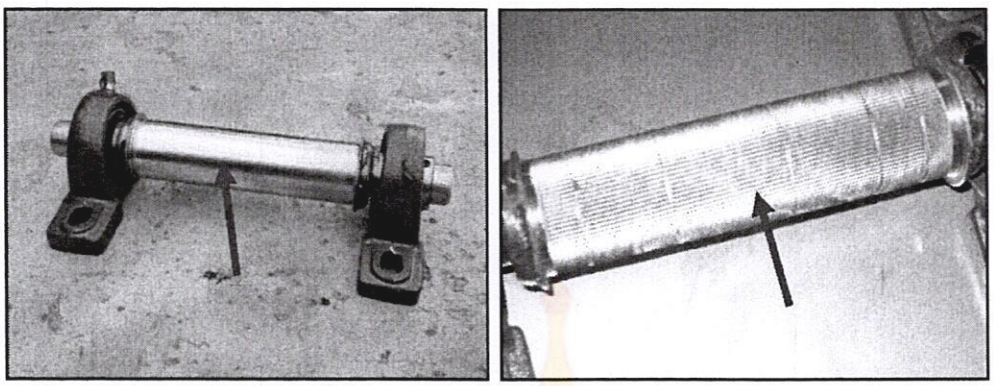
(ก) ก่อนปรับปรุง (ข) หลังปรับปรุง

รูปที่ 3.31 ลักษณะของช่องสไลด์ขิงก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง



(ก) ก่อนปรับปรุง (ข) หลังปรับปรุง

รูปที่ 3.32 ลักษณะของช่องใส่ขิงก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง



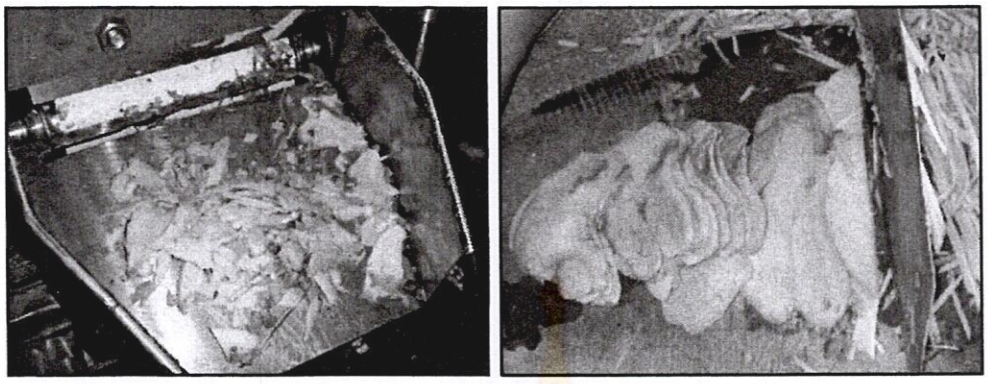
(ก) ก่อนปรับปรุง (ข) หลังปรับปรุง

รูปที่ 3.33 ลักษณะของเพลาแบบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

3.4.2 การทดสอบครั้งที่ 2 เมื่อทำการแก้ไขเบื้องต้นแล้วจึงนำขิงมาสไลด์กับเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ ปรากฏว่าขิงแผ่นที่สไลด์ออกมาด้วยเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 3.34 (ก) เมื่อเปรียบเทียบกับขิงแผ่นที่สไลด์ด้วยมือจะมีขนาดความหนาประมาณ 1 – 3 มิลลิเมตร ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.34 (ข) และขิงเส้นที่ตัดซอยออกมาด้วยเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 3.35 (ก) เมื่อเปรียบเทียบกับการซอยด้วยมือ ดังแสดงในรูปที่ 3.35 (ข) ปรากฏว่าเป็นของเสียทั้งหมด เนื่องจากระยะห่างระหว่างสายพานลำเลียงกับถาดรองก่อนจะถึงใบมีดซอยจะมีช่องว่างทำให้ขิงตกลงก่อนที่จะซอยขิงเป็นเส้น แต่ก็มีบางส่วนที่ผ่านไปถึงใบมีดซอย แต่ไม่สามารถซอยเป็นเส้นได้

(ก) ขิงแผ่นที่สไลด์ด้วยเครื่อง (ข) ขิงแผ่นที่สไลด์ด้วยมือ

รูปที่ 3.34 ลักษณะของขิงที่สไลด์เป็นแผ่น



(ก) ขิงเส้นที่ซอยด้วยมือ (ข) ขิงเส้นที่ตัดซอยเป็นเส้นด้วยเครื่อง

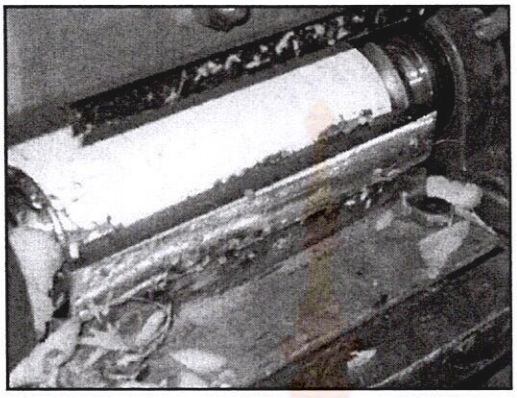
รูปที่ 3.35 ลักษณะของขิงที่ซอยเป็นเส้น

3.4.3 การทดสอบครั้งที่ 3 จากการทดสอบครั้งที่ 2 จะเห็นว่าเรื่องของการซอยมีปัญหา จึงมีแนวคิดจะใช้ไม้ในการทดลองดูว่าจะสามารถซอยเป็นเส้นได้หรือไม่ จึงนำไม้มาตัดตกแต่งเพื่อให้เข้ากับรูปทรงของลูกกลิ้งสายพานเพื่อไม่ให้ขิงตกลงระหว่างช่องสายพาน ดังแสดงในรูปที่ 3.36 ปรากฏว่าในการทดลองขิงไม่สามารถตกลงระหว่างช่องสายพาน แต่ในการซอยขิงจะสามารถซอยเป็นเส้นได้บางส่วน แต่ขิงไม่สามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้จะทำให้ขิงเป็นของเสียทั้งหมด

รูปที่ 3.36 ลักษณะรูปทรงของไม้ที่นำมาทดลองในการซอย

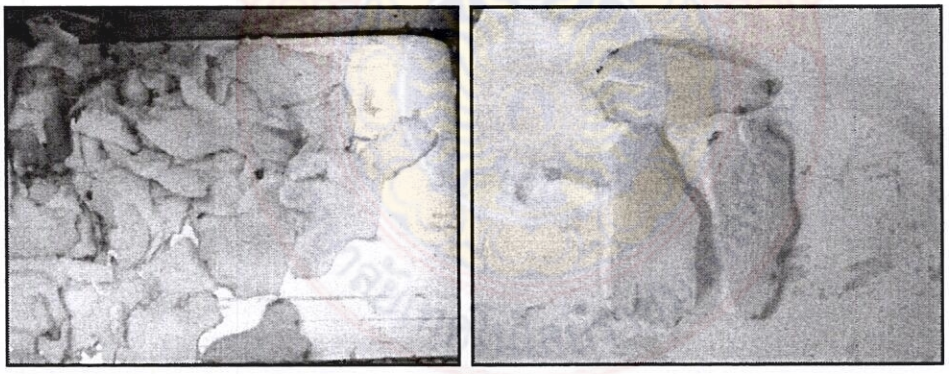
3.4.4 การทดสอบครั้งที่ 4 จากการทดสอบครั้งที่ 3 จึงมีแนวคิดใหม่ในการทดลองคือ แนวคิดมาจากเครื่องตัดกระดาษและเครื่องตัดเหล็กเส้น จึงทำการทดลอง จากนั้นนำเหล็กเส้นแบนมาประกอบติดกับลูกกลิ้งสายพานลำเลียง ดังแสดงในรูปที่ 3.37 เพื่อไม่ขิงตกลงระหว่างช่อง

สายพานและยังออกแบบใบมีดให้มีช่องว่างระหว่างใบมีดกับเหล็กเส้นแบนน้อยที่สุด แต่ในการทดลองซอยขิงเส้นสามารถซอยได้เป็นเส้นได้บางส่วนแต่ละเส้นจะไม่สม่ำเสมอกัน



รูปที่ 3.37 ลักษณะเหล็กเส้นแบนที่นำมาประกอบติดกับลูกกลิ้งสายพานลำเลียง

3.4.5 การทดสอบครั้งที่ 5 เนื่องจากการทดลองครั้งที่ 2 ผลปรากฏว่าการทดลองดูผิวของขิงมีเสี้ยนมากเกิน ดังแสดงในรูปที่ 3.38 (ก) จึงทำการทดลอง โดยการตั้งมุมช่องใส่ขิงประมาณ 110 องศา แล้วทำการทดลองดูจะเห็นได้ว่าผิวเรียบกว่าในการทดลองครั้งที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 3.38 (ข)

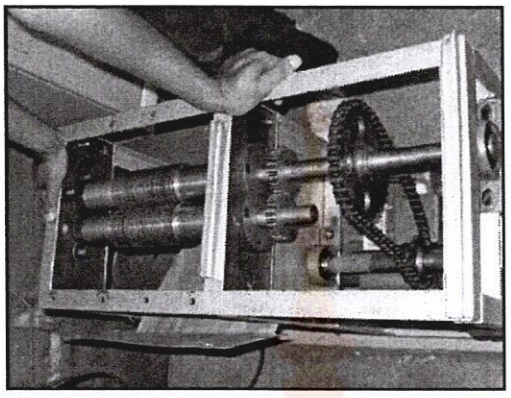


(ก) ก่อนปรับปรุง (ข) หลังปรับปรุง

รูปที่ 3.38 ลักษณะของขิงที่ได้ปรับปรุงช่องใส่ขิง

3.4.6 การทดสอบครั้งที่ 6 จากการทดสอบครั้งที่ 4 จะเห็นว่าชุดซอยไม่สามารถซอยออกมาเป็นเส้นได้ จึงได้ทำการแก้ไขปรับปรุงแนวคิดในเรื่องของการซอยขิงเป็นเส้นใหม่ จากการปรับปรุงแก้ไขใหม่จึงได้ทำการทดลองโดยใช่เหล็กเป็นวัสดุของการทดลอง โดยจากการใช้เครื่อง

ตัดกระดาษมาเปลี่ยนแปลงโดยการนำชิ้นส่วนที่ได้ออกแบบมาแล้วนำมาประกอบกับเครื่องตัดกระดาษ ดังแสดงในรูปที่ 3.39

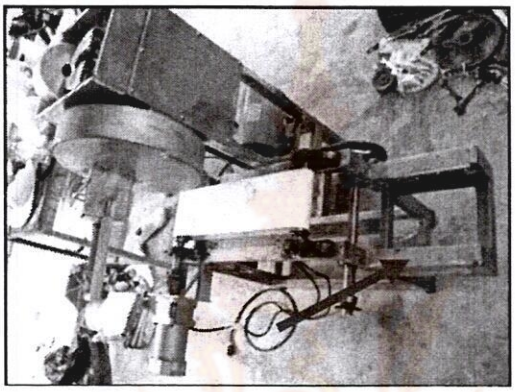


รูปที่ 3.39 ลักษณะของชุดซอยที่ทดลองกับเครื่องย่อยกระดาษ

จากการทดลองเบื้องต้นเพื่อทำการดูลักษณะการตัดซอยเป็นเส้น พบว่าระยะห่างของช่องน้อยเกินไปทำให้ขิงไม่สามารถตัดซอยขิงเป็นเส้นได้จึงทำการกลึงปอกลูกกลิ้งคมตัดซอยให้เล็กลงแล้วทำการทดลองดูใหม่ ปรากฏว่าทำการตัดซอยขิงออกมาเป็นเส้นได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.40 แต่ขิงที่ตัดซอยได้ติดอยู่กับร่องฟันของเพลาจึงมีแนวคิดที่จะนำขิงที่ติดอยู่ในร่องฟันออก โดยการทำหวีเพื่อทดลองดูว่าจะสามารถนำขิงที่ติดอยู่ในร่องฟันออกจากลูกกลิ้งคมตัด ปรากฏว่าสามารถนำขิงที่ติดอยู่ออกได้

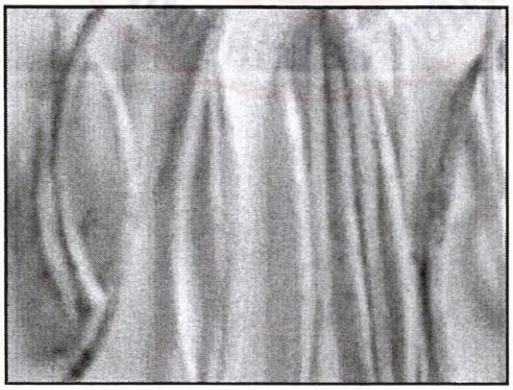
รูปที่ 3.40 ลักษณะขิงที่ติดอยู่ในร่องฟันลูกกลิ้ง

3.4.7 การทดสอบครั้งที่ 7 จากการทดสอบครั้งที่ 6 โดยการทดลองลูกกลิ้งตัวตัดซอยขิงเป็นเส้นด้วยวัสดุเหล็ก St 37 เห็นได้ว่าผลการทดลองขิงจะเป็นเส้นสม่ำเสมอดี จึงได้ทำการกลึงปอกและเซาะร่องเป็นคมตัดซอยขิงเป็นเส้น พบว่าในการทดลองครั้งแรกมีขิงตกลงบางส่วนและไม่ตกลงบางส่วนจึงทำการกลึงปอกใหม่ เพื่อให้ผิวของลูกกลิ้งหยาบกว่าเดิม เพื่อจะให้ดึงขิงตกลงไป ในการทดลองจึงได้ผลเป็นที่หน้าพอใจ จึงทำการนำวัสดุสเตนเลสมาทำการกลึงปอกและเซาะร่องให้ได้ขนาดและทำการทดลองดู โดยทำการแก้ไขเครื่องและเพิ่มเติมโครงสร้างบางส่วน ดังแสดงในรูปที่ 3.41



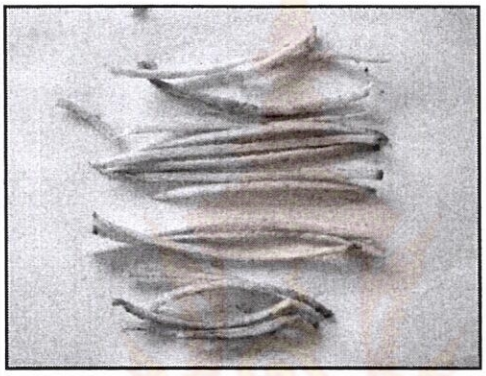
รูปที่ 3.41 ลักษณะโครงลูกกลิ้งของชุดตัดซอยเป็นเส้น

เมื่อสร้างโครงสร้างเสร็จแล้วจึงทำการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ และทำการทดลอง ในส่วนของการสไลด์ขิงแผ่น ผิวของขิงเรียบดีเป็นที่หน้าพอใจ ส่วนในการตัดซอยขิงเป็นเส้นจะเห็นได้ว่าขิงจะมีการลื่นไถลไม่สามารถตัดซอยได้อย่างสม่ำเสมอบางส่วนจะตัดซอยได้ดี และบางส่วนก็ไม่สามารถตัดซอยขาดหมดได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.42



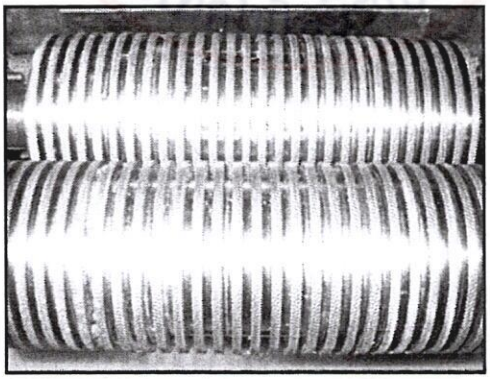
รูปที่ 3.42 ลักษณะขิงในการทดลองครั้งที่ 7

3.4.8 การทดสอบครั้งที่ 8 จากการทดสอบครั้งที่ 7 เห็นได้ว่าผลการทดลองส่วนมากยังขาดไม่หมด โดยตั้งระยะห่างเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้งอยู่ที่ 61 60 และ 59 มิลลิเมตร จึงได้นำลูกกลิ้งมาทำการกลึงล้างใหม่ แล้วทำการทดลองดูโดยการตั้งระยะห่างเส้นผ่านศูนย์กลางสามระดับเท่าเดิมจะเห็นได้ว่าขิงมีเส้นที่ขาดและยังมีที่ไม่ขาดหมดตลอดทั้งเส้น และขิงที่ตกลงมาบริเวณที่คมตัดซอยของลูกกลิ้งบางส่วนก็สามารถตัดซอยได้เร็ว และขิงบางชิ้นก็ต้องเสียเวลาในการตัดซอย โดยเส้นที่ไม่ขาดคือ เส้นที่ตัดซอยแล้วจะมองเห็นว่าเป็นเส้นแล้วแต่ยังมีเสียนของขิงยึดติดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.43

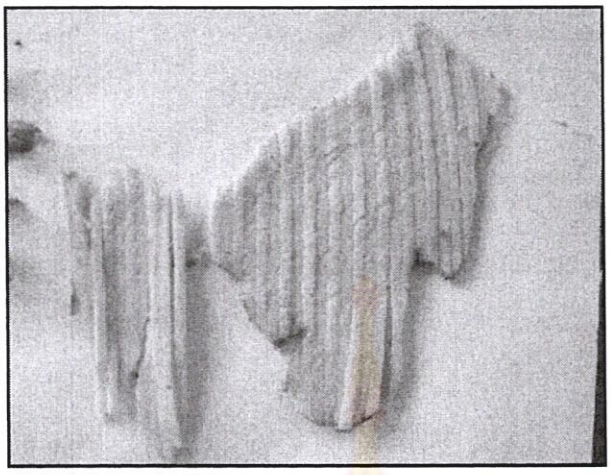


รูปที่ 3.43 ลักษณะขิงในการทดลองครั้งที่ 8

3.4.9 การทดสอบครั้งที่ 9 จากการทดสอบครั้งที่ 8 จะเห็นได้ว่ายังมีปัญหาอยู่จึงนำลูกกลิ้งมาทำการพิมพ์ลายเพื่อช่วยให้ดึงขิงลงในลูกกลิ้งได้ง่ายขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.44 และผลการทดลองสามารถดึงขิงได้อย่างรวดเร็ว แต่เส้นยังขาดไม่หมด เพราะการพิมพ์ลายทำให้คมตัดมีความคมน้อยลงและระยะห่างของแต่ละร่องมีช่องว่างทำให้เส้นใยขิงไม่ขาด ดังแสดงในรูปที่ 3.45



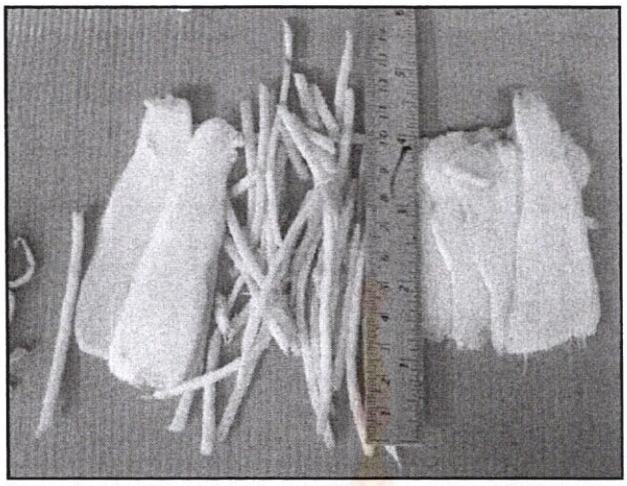
รูปที่ 3.44 ลักษณะของการพิมพ์ลายลูกกลิ้ง



รูปที่ 3.45 ลักษณะของขิงที่ผ่านการตัดซอยเป็นเส้นของลูกกลิ้ง

3.4.10 การทดสอบครั้งที่ 10 จากการทดสอบครั้งที่ 9 จะเห็นได้ว่ายังมีปัญหาเรื่องความคมของลูกกลิ้งจึงทำลูกกลิ้งใหม่เพื่อให้มีระยะช่องว่าง (Clearance) ในการตัดน้อยที่สุด ในการทดลองพบว่าขิงไม่สามารถตกลงในช่องตัดซอยได้ เนื่องจากผิวลูกกลิ้งลื่นไม่มีแรงกดขิงลงไปในร่องคมตัดซอย จึงนำลูกกลิ้งไปพิมพ์ลายอีกครั้ง แล้วนำมาทดลองใหม่ พบว่าสามารถดึงขิงลงได้และตัดซอยขิงให้ขาดหมดได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.46 และขิงที่สไลด์และตัดซอยเป็นเส้นออกมาโดยเฉลี่ยประมาณ 70 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.47 แล้วจึงทำการทดลองเก็บผลการทดลอง

รูปที่ 3.46 ลักษณะผลของการตัดซอยเป็นเส้นด้วยเครื่องซอยแบบกึ่งขิงอัตโนมัติ



รูปที่ 3.47 ลักษณะความยาวของขิงแผ่นและขิงเส้น

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

จากการปรังปรุงแก้ไข และทดลองเครื่องจักรจนมั่นใจในประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องแล้ว ขั้นตอนของผลการทดลองจะดำเนินการทดลองโดยการสไลด์ขิงเป็นแผ่น และตัดซอยเป็นเส้น โดยที่ขิงจะทำการขูดเปลือกออกเรียบร้อยแล้ว โดยเปรียบเทียบกับการทำงานระหว่างเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติกับแรงงานคน 1 คน ซึ่งมีรายละเอียดของผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการทดลอง

จากการทดลองด้วยแรงงานคนในการสไลด์ขิงเป็นแผ่นและตัดซอยขิงเป็นเส้น โดยการนำขิงมาชั่ง 300 กรัม จำนวน 5 หัว ความยาวประมาณ 70 ถึง 110 มิลลิเมตร โดยขิงที่นำมาชั่งจะทำการขูดเปลือกออกเรียบร้อยแล้ว และทำการสไลด์ให้เป็นแผ่นครั้งละ 1 หัว โดยทำการจับเวลาไปด้วยแล้วสไลด์จนกว่าจะเสร็จเรียบร้อย และนำขิงที่สไลด์เสร็จแล้วนำมาชั่ง แล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของดีของเสีย และทำการบันทึกผลจนครบ 5 ครั้ง แล้วต่อมาก็นำขิงที่สไลด์เสร็จแล้วจำนวน 300 กรัม มาตัดซอยเป็นเส้นโดยการจับเวลาจนกว่าจะตัดซอยเรียบร้อย และนำขิงที่ตัดซอยเสร็จแล้วมาชั่ง แล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของดีของเสีย แล้วทำการบันทึกผลจนครบ 5 ครั้ง จึงได้ผลการทดลองด้วยแรงงานคน ดังแสดงในตาราง 4.1 และ 4.2

ตาราง 4.1 ผลการทดลองการสไลด์เป็นแผ่นด้วยแรงงานคน

ครั้งที่	ขิง		สไลด์เป็นแผ่น			
	น้ำหนัก (กรัม)	จำนวน (หัว)	เวลา(วินาที)	ดี(เปอร์เซ็นต์)	ขิงไม่สมบูรณ์ (เปอร์เซ็นต์)	รวม
1	300	5	89	100	0	100
2	300	5	75	100	0	100
3	300	5	82	100	0	100
4	300	5	88	100	0	100
5	300	5	76	100	0	100
ค่าเฉลี่ย		5	82	100	0	100

ตาราง 4.2 ผลการทดลองการซอยเป็นเส้นด้วยแรงงานคน

ครั้งที่	ขิง		ซอยเป็นเส้น			
	น้ำหนัก (กรัม)	จำนวน (แผ่น)	เวลา (วินาที)	ดี(เปอร์เซ็นต์)	ขิงไม่สมบูรณ์ (เปอร์เซ็นต์)	รวม
1	300	98	143	100	0	100
2	300	102	164	100	0	100
3	300	100	155	100	0	100
4	300	102	154	100	0	100
5	300	101	148	100	0	100
ค่าเฉลี่ย		100.6	152.8	100	0	100

จากการทดลองด้วยเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติในการสไลด์ขิงให้เป็นแผ่นและการตัดซอยให้เป็นเส้น โดยการนำขิงที่ขูดเปลือกออกแล้วมาชั่งให้ได้ 300 กรัม จำนวน 5 หัว แล้วนำขิงเข้าเครื่องพร้อมกับจับเวลาไปด้วยตั้งแต่เริ่มใส่ขิงเข้าเครื่องจนสไลด์ขิงหมดทั้ง 5 หัว ทำการบันทึกผลจนครบ 5 ครั้ง ในส่วนขิงซอยนั่นนำขิงแผ่นที่ได้จากการสไลด์มาชั่งให้ได้ 300 กรัม แล้วเริ่มจับเวลาตั้งแต่เริ่มใส่ขิงแผ่นป้อนเข้าเครื่องของชุดตัดซอยขิงจนหมด 300 กรัมทำการบันทึกผลจนครบ 5 ครั้ง ดังแสดงในตาราง 4.3 และ 4.4

ตาราง 4.3 ผลการทดลองการสไลด์เป็นแผ่นด้วยเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ

ครั้งที่	ขิง		สไลด์เป็นแผ่น			
	น้ำหนัก (กรัม)	จำนวน (หัว)	เวลา(วินาที)	ดี(เปอร์เซ็นต์)	ขิงไม่สมบูรณ์ (เปอร์เซ็นต์)	รวม
1	300	5	15	100	0	100
2	300	5	13	100	0	100
3	300	5	12	100	0	100
4	300	5	14	100	0	100
5	300	5	12	100	0	100
ค่าเฉลี่ย		5	13.2	100	0	100

ตาราง 4.4 ผลการทดลองการตัดซอยเป็นเส้นด้วยเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ

ครั้งที่	ขิง		ตัดซอยเป็นเส้น			
	น้ำหนัก (กรัม)	จำนวน (แผ่น)	เวลา(วินาที)	ดี(เปอร์เซ็นต์)	ขิงไม่สมบูรณ์ (เปอร์เซ็นต์)	รวม
1	300	86	60	90	10	100
2	300	80	58	92	8	100
3	300	74	62	95	5	100
4	300	79	59	93	7	100
5	300	88	62	91	9	100
ค่าเฉลี่ย		81.4	60.2	92.2	7.8	100

จากตาราง 4.4 จะเห็นว่าในการทดลองจะมีของดีและขิงไม่สมบูรณ์อยู่ด้วยโดยเฉลี่ยขิง 300 กรัม จำนวน 81.4 แผ่น ใช้เวลา 60.2 วินาที ของดี 92.2 เปอร์เซ็นต์ ขิงไม่สมบูรณ์ 7.8 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น โดยหาน้ำหนักขิงหลังชั่งจากการตัดซอยเส้นได้

ดังนั้นของดี 92.2 เปอร์เซ็นต์

$$= \frac{92.2}{100} \times 300 = 276.6 \text{ กรัม}$$

ดังนั้นขิงไม่สมบูรณ์ 7.8 เปอร์เซ็นต์

$$= \frac{7.8}{100} \times 300 = 23.4 \text{ กรัม}$$

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองสไลด์ขิงเป็นแผ่นและตัดซอยเป็นเส้นเปรียบเทียบระหว่างแรงงานคนกับเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ สรุปได้ว่าเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติสามารถสไลด์ขิงและตัดซอยได้เร็วกว่าการใช้แรงงานคนโดยผลการทดลองเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติจะมีความสามารถในการสไลด์ประมาณ 81.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และตัดซอยเป็นเส้นได้ประมาณ 17.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สไลด์ขิงแผ่น คิดเป็น 6.2 เท่า และตัดซอยเป็นเส้น คิดเป็น 2.5 เท่า ของ

แรงงานคนที่มีความสามารถในการสไลด์ได้เพียง ประมาณ 13.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และตัดซอยได้เพียง ประมาณ 7.1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เท่านั้น เพราะเมื่อแรงงานคนปฏิบัติงานเป็นระยะเวลาหนึ่ง ผู้ปฏิบัติงานจะมีความเมื่อยล้าเกิดขึ้น ในขณะที่เครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติสามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่อง ความสามารถในการสไลด์ขิงและการตัดซอยขิงระหว่างเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติกับแรงงานคน ดังแสดงในตาราง 4.5

ตาราง 4.5 ความสามารถในการสไลด์ขิงและตัดซอยเป็นเส้นระหว่างเครื่องกับแรงงานคน

ลักษณะการทำงาน	น้ำหนัก (กรัม)	กำลังการผลิต (ประมาณ)					
		สไลด์เป็นแผ่น		ตัดซอยเป็นเส้น		สไลด์เป็นแผ่นและตัดซอย	
		เวลา (วินาที)	กิโลกรัมต่อชั่วโมง	เวลา (วินาที)	กิโลกรัมต่อชั่วโมง	เวลา (วินาที)	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
เครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ	300	13.2	81.8	60.2	17.9	35	30.86
แรงงานคน	300	82	13.2	152.8	7.1	235	4.6

จากตาราง 4.5 การทดลองสไลด์เป็นแผ่นของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติจากน้ำหนัก 300 กรัม ได้ 13.2 วินาที แปลงค่าเป็น กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$$1 \text{ กิโลกรัม} = \frac{13.2}{300} \times 1000 = 44 \text{ วินาทีต่อกิโลกรัม}$$

ดังนั้น จากวินาทีต่อกิโลกรัม แปลงเป็นนาทีต่อกิโลกรัม

$$= \frac{44}{60} = 0.733 \text{ นาทีต่อกิโลกรัม}$$

ดังนั้น จากนาทีต่อกิโลกรัม แปลงเป็นกิโลกรัมต่อชั่วโมง

$$= \frac{60}{0.733} = 81.8 \text{ กิโลกรัมต่อชั่วโมง}$$

จากตาราง 4.5 การทดลองตัดซอยเป็นเส้นของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติจากน้ำหนัก 300 กรัม ได้ 60.2 วินาที แปลงค่าเป็น กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$$1 \text{ กิโลกรัม} = \frac{60.2}{300} \times 1000 = 200.67 \text{ วินาทีต่อกิโลกรัม}$$

ดังนั้น จากวินาทีต่อกิโลกรัม แปลงเป็นนาทีต่อกิโลกรัม

$$= \frac{200.67}{60} = 3.34 \text{ นาทีต่อกิโลกรัม}$$

ดังนั้น จากนาทีต่อกิโลกรัม แปลงเป็นกิโลกรัมต่อชั่วโมง

$$= \frac{60}{1.945} = 17.9 \text{ กิโลกรัมต่อชั่วโมง}$$

จากตาราง 4.5 การทดลองเวลารวมของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติจากน้ำหนัก 300 กรัม ได้ 35 วินาที แปลงค่าเป็น กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$$1 \text{ กิโลกรัม} = \frac{35}{300} \times 1000 = 116.67 \text{ วินาทีต่อกิโลกรัม}$$

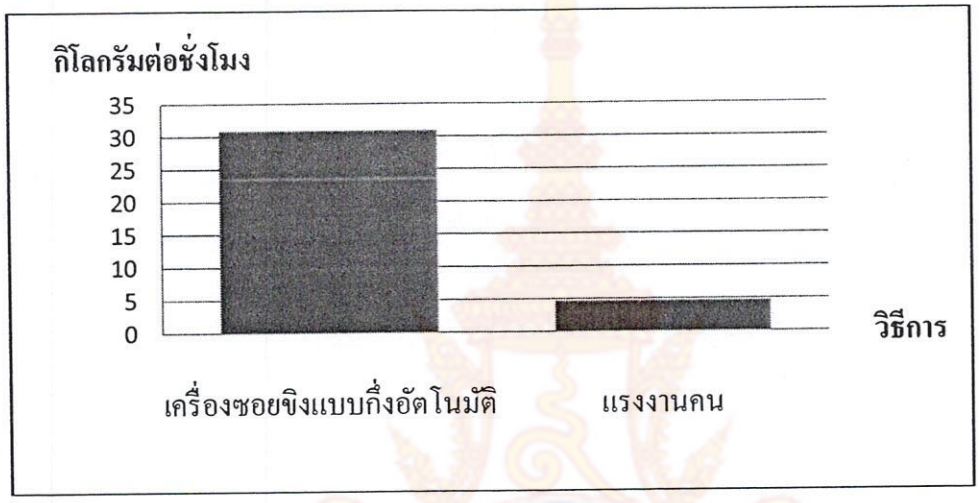
ดังนั้น จากวินาทีต่อกิโลกรัม แปลงเป็นนาทีต่อกิโลกรัม

$$= \frac{116.67}{60} = 1.945 \text{ นาทีต่อกิโลกรัม}$$

ดังนั้น จากนาทีต่อกิโลกรัม แปลงเป็นกิโลกรัมต่อชั่วโมง

$$= \frac{60}{1.945} = 30.85 \text{ กิโลกรัมต่อชั่วโมง}$$

จากตาราง 4.5 สามารถแสดงกำลังผลิตเป็นแผนภูมิแท่งได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.1

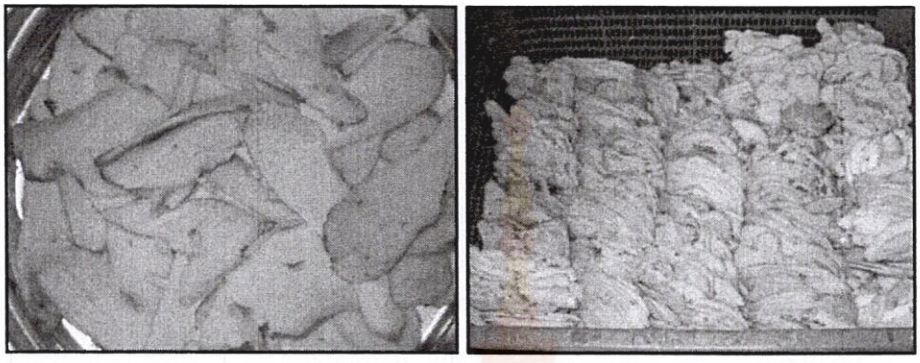


รูปที่ 4.1 ลักษณะการผลิตเปรียบเทียบระหว่างแรงงานคนกับเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ

ความสามารถในการสไลด์ขิงแผ่นและตัดซอยขิงเส้นด้วยเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติจะทำงานได้เร็วกว่าแรงงานคนถึง 6.7 เท่า และสามารถผลิตต่อเนื่องได้ดีกว่าแรงงานคน ถึงแม้ว่าการสไลด์ขิงแผ่นและตัดซอยขิงเป็นเส้นด้วยเครื่องซอยของแบบกึ่งอัตโนมัติจะมีเศษจากการสไลด์และตัดซอยเป็นบางส่วนแต่เป็นส่วนน้อย และสามารถนำไปตัดซอยกับแรงงานคนได้อีก

ดังนั้นเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติมีความสามารถในการผลิตสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคนแล้วไม่เกิดเศษขิงไม่สมบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 (ก) พบว่าในส่วนของขิงที่สไลด์มีความสวยงามใกล้เคียงกับการใช้แรงงานคน ดังแสดงในรูปที่ 4.2 (ข) แต่ในส่วนของการตัดซอยเป็นเส้นที่ได้จากเครื่องนั่นเกิดเศษของขิงไม่สมบูรณ์ขึ้นซึ่งมีน้อยมากอีกทั้งสามรถนำมาตัดซอยได้อีก ดังแสดงในรูปที่ 4.3 (ก) และได้ขิงซอยจากเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 (ข) แต่การใช้แรงงานคนในการซอยนั่นไม่เกิดขิงไม่สมบูรณ์ ดังแสดงในตาราง 4.5 จะเห็นได้ว่าขิงไม่สมบูรณ์จะเกิดขึ้นในส่วนของการตัดซอยเมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคนก็เห็นขิงไม่สมบูรณ์ที่เกิดขึ้นจากเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติเพียง 8 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ใน

ส่วนของแรงงานคนไม่มีขิงไม่สมบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.5 จากการเปรียบเทียบแล้วถือว่าประสบความสำเร็จเพราะการออกแบบและสร้างเครื่องเป็นครั้งแรกอีกทั้งยังสามารถนำมาพัฒนาได้อีก

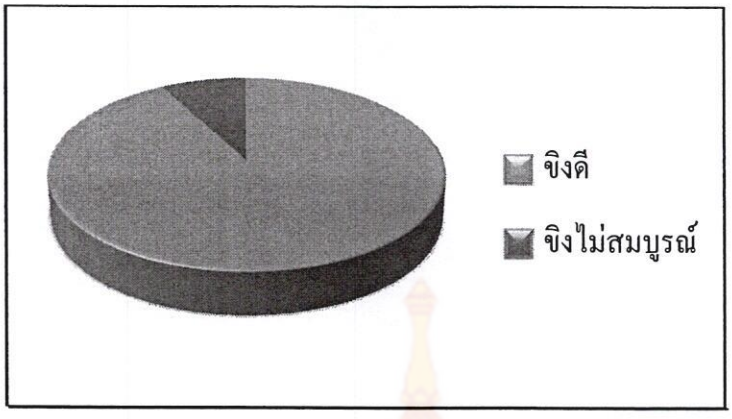


(ก) ขิงที่สไลด์กับเครื่อง (ข) ขิงที่สไลด์ด้วยคน

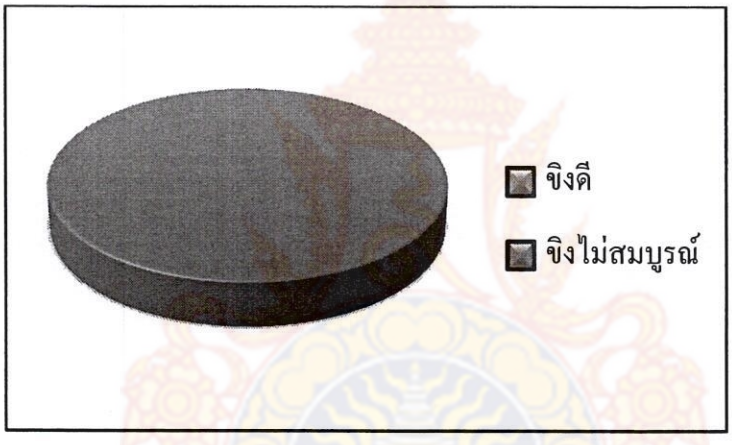
รูปที่ 4.2 ลักษณะการเปรียบเทียบการสไลด์ของเครื่องกับแรงงานคน

(ก) ขิงไม่สมบูรณ์ที่ได้จากเครื่อง (ข) ขิงซอยที่ได้จากเครื่อง

รูปที่ 4.3 ลักษณะขิงซอยและขิงไม่สมบูรณ์ที่เกิดจากเครื่อง



รูปที่ 4.4 ลักษณะขิงดีและขิงไม่สมบูรณ์ที่ได้จากการตัดซอยเป็นเส้นด้วยเครื่อง



รูปที่ 4.5 ลักษณะขิงดีและขิงไม่สมบูรณ์ที่เกิดจากการตัดซอยเป็นเส้นด้วยแรงงานคน

เมื่อทำการทดลองหาประสิทธิภาพเครื่องแล้ว จากนั้นได้ทำการทดลองพืชผลชนิดอื่น เช่น มันฝรั่ง แครอท กล้วย เป็นต้น มาสไลด์และตัดซอยเป็นเส้นดูและสามารถสไลด์และตัดซอยเป็นเส้นได้ดีและสวยงาม และยังประยุกต์สไลด์และตัดซอยเป็นเส้นกับพืชผลชนิดอื่นได้อีก และยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องโดยเพิ่มช่องป้อนขิงและยังเพิ่มชุดมีดตัดบนจานสไลด์จะทำให้กำลังการผลิตเพิ่มสูงอีกด้วย

4.3 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ผลการทดลองจึงวิเคราะห์ได้ว่า ในกระบวนสไลด์ขิงและตัดซอยเป็นเส้นมีอัตราค่าจ้างคนงานตามจำนวนกิโลกรัม ซึ่งคิดเป็นราคากิโลกรัมละ 6 บาท ดังนั้นจึงได้สร้างเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติเพื่อลดเวลาในการสไลด์ขิงและตัดซอยเป็นเส้น และในการควบคุมเครื่องซอยขิงแบบ

กึ่งอัตโนมัติและสามารถลดเวลาในการผลิต รวมถึงได้จำนวนผลผลิตที่มากกว่าเป็น 6.7 เท่า โดยสามารถเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างแรงงานคนกับเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติและหาระยะเวลาในการคืนทุนได้ดังนี้

อัตราค่าไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย ซึ่งมีผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามีอัตรา ดังแสดงในตาราง 4.6 ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม

ตาราง 4.6 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย [20]

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด	**คือ**	**ไม่มีการใช้ไฟฟ้า**	**4.67**	**บาท**
5 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก	(หน่วยที่ 1-5)	เป็นเงิน	4.96	บาท
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 1-5)	หน่วยละ	0.7124	บาท
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 16-25)	หน่วยละ	0.8993	บาท
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 26-35)	หน่วยละ	1.1516	บาท
65 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 36-100)	หน่วยละ	1.5348	บาท
50 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 151-400)	หน่วยละ	1.6282	บาท
250 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 101-150)	หน่วยละ	2.1329	บาท
เกินกว่า 400 หน่วย	(หน่วยที่ 401เป็นต้นไป)	หน่วยละ	2.4226	บาท

เครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติใช้มอเตอร์ 2 ตัว ตัวที่ 1 มอเตอร์ 1 แรงม้า เท่ากับกำลังไฟฟ้า 746 วัตต์ ตัวที่ 2 ใช้กำลังไฟฟ้า 90 วัตต์

ดังนั้น หากำลังของมอเตอร์

$$P = 746 + 90$$
$$= 836 \text{ วัตต์}$$

การหาค่าจำนวนหน่วย โดยเครื่องทำงานวันละ 8 ชั่วโมง

$$\text{จำนวนหน่วยหรือยูนิต} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้า} \times \text{จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า}}{1000} \times \text{ชั่วโมงใช้งานใน 1 วัน}$$

$$= \frac{836 \times 1}{1000} \times 8$$

= 6.69 หน่วยต่อวัน

ในการทำงาน 1 เดือน = 6.69 × 30

= 200 หน่วยต่อเดือน

ดังนั้นเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ ในการทำงาน 1 เดือน จะใช้ไฟฟ้า 200 หน่วยต่อเดือน จึงหาค่าไฟฟ้าเฉลี่ย จากตาราง 4.6

ดังนั้น คิดจากที่อยู่อาศัยค่าไฟฟ้าเฉลี่ยหน่วยต่อเดือน

$$= \frac{(4.96 + 0.7124 + 0.8993 + 1.1516 + 1.5348 + 1.6282)}{6}$$

= 1.81 บาท

= 0.06 หน่วยต่อวัน

หาค่าไฟฟ้าพื้นฐาน = ค่ายูนิต × ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย

= 6.69 × 0.06

= 0.4 หน่วยต่อวัน

ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิตได้จากบิลการไฟฟ้า คือ 0.8688 บาทต่อหน่วย

โดยหาค่า Ft = ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิต × จำนวนหน่วย

= 0.8688 × 6.69

= 5.8 บาทต่อวัน

คิดเป็นเงิน = ค่า Ft + ค่าไฟฟ้าพื้นฐาน

= 5.8 + 0.4

= 6.2 บาทต่อวัน

ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% = 6.2 × 0.07

= 0.43 บาทต่อวัน

ค่าไฟฟ้าทั้งหมด = 6.2 + 0.43

= 6.63 บาทต่อวัน

แรงงาน 1 คน ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง สามารถสไลด์ขิงและตัดซอยเป็นเส้นได้จำนวน 36.8 กิโลกรัมต่อวัน โดยมีค่าจ้างกิโลกรัมละ 6 บาท

คิดเป็นจำนวนเงิน = 36.8 × 6

= 220.8 บาทต่อวัน

เครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติทำงานวันละ 8 ชั่วโมง สามารถสไลด์ขิงและตัดซอยเป็นเส้นได้ 246.88 กิโลกรัมต่อวัน โดยมีค่าจ้างกิโลกรัมละ 6 บาท

คิดเป็นจำนวนเงิน = 246.88 × 6

= 1,481.28 บาทต่อวัน

คิดค่าไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ 2 ตัว จำนวน 836 วัตต์ คิดค่าไฟฟ้าเป็น 6.63 บาทต่อวัน ค่าโสหุ้ย น้ำมันหล่อลื่น จาระบี ฯลฯ ประมาณ 5 บาทต่อวัน อัตราค่าจ้างแรงงานคนขั้นต่ำประมาณ 176 บาทต่อวัน และค่าเสื่อมราคาของเครื่องซึ่งมีระยะเวลาการใช้งานประมาณ 5 ปี และค่าเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติเท่ากับ 80,000 บาท

ดังนั้นค่าเสื่อมราคาของเครื่องคิดเป็นจำนวนเงิน

$$= \frac{80,000}{5}$$

= 16,000 บาทต่อปี

= 43.84 บาทต่อวัน

จากรายได้จากการทำงานของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติหลังหักค่าไฟฟ้า ค่าโสหุ้ย ค่าแรงงานคน และค่าเสื่อมราคาของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ จะได้

= 1,481.28 - (6.63 +5+176+43.84)

= 1,249.81 บาทต่อวัน

คิดระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติราคาเครื่อง 80,000 บาท

ดังนั้นระยะเวลาในการคืนทุน คือ

$$\text{ระยะคืนทุน} = \frac{80,000}{1,246.81}$$

$$= 64 \text{ วัน}$$

จากการวิเคราะห์ผลการดำเนินงานข้างต้นจึงสรุปได้ว่าแรงงานคน 1 คน ทำงานได้วันละ 8 ชั่วโมงต่อวัน สามารถสไลด์ขิงและตัดซอยเป็นเส้นได้ 36.8 กิโลกรัมต่อวัน คิดเป็นจำนวนเงินทั้งหมด 220.8 บาทต่อวัน และเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติใช้แรงงานคน 1 คน ทำงานได้วันละ 8 ชั่วโมงต่อวัน ในการควบคุมเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติได้ 246.88 กิโลกรัมต่อวัน คิดเป็นจำนวนเงิน 1,481.28 บาทต่อวัน หักค่าไฟฟ้า ค่าโสหุ้ย ค่าจ้างแรงงานคน และค่าเสื่อมราคาของเครื่องเรียบร้อยแล้ว ซึ่งมีระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ 64 วัน และเมื่อเปรียบเทียบรายได้ในการสไลด์ขิงและตัดซอยเป็นเส้นระหว่างคนกับเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติคิดเป็น 6 เท่า ของการทำงานด้วยคน หรือการทำงานด้วยแรงงานคน 6 คน

นอกจากนี้เครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ ยังสามารถลดเวลาในการสไลด์ขิงเป็นแผ่นและตัดซอยเป็นเส้น ลดค่าใช้จ่าย ลดแรงงานคน ลดปัญหาความเมื่อยล้า และการเจ็บป่วยจากการทำงานโดยวิธีการทำงานด้วยแรงงานคน

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการออกแบบและสร้างเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยมีรายละเอียดดังกล่าวมาข้างต้นแล้ว สามารถสรุปผลการสร้างเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ และข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงพัฒนาให้เครื่องมีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มมากยิ่งขึ้นได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

การทดลองสไลด์ขิงและตัดซอยเป็นเส้นด้วยเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ จะนำขิงที่มีอายุประมาณ 4 ถึง 6 เดือน เริ่มจากการนำขิงเป็นแง่งมาตัดให้เป็นหัวแล้วทำการขูดเปลือกขิงออก โดยขิงที่นำมาทดลองจะมีขนาดความยาวประมาณ 70 ถึง 110 มิลลิเมตร จำนวน 5 หัว โดยมีน้ำหนัก 300 กรัม จากนั้นนำขิงที่เตรียมไว้ใส่ลงในช่องใส่ขิงแล้วทำการสไลด์ขิง แล้วขิงจะถูกลำเลียงด้วยสายพานลำเลียงไปยังชุดตัดซอยเป็นเส้นด้วยเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.1 จากการทดลองเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติจะมีความสามารถในการสไลด์ประมาณ 81.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และตัดซอยได้ประมาณ 17.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สไลด์ขิงแผ่นคิดเป็น 6.2 เท่า และตัดซอยเป็นเส้น คิดเป็น 2.5 เท่า ของแรงงานคนที่มีความสามารถในการสไลด์ได้เพียง ประมาณ 13.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และตัดซอยได้เพียง ประมาณ 7.1 กิโลกรัมต่อชั่วโมงเท่านั้น และเมื่อคิดเวลารวมของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติกับแรงงานคนคิดเป็น 6.7 เท่า แต่เรื่องคุณภาพความสวยงามของขิงอาจจะสู้แรงงานคนไม่ได้ แต่เมื่อคนปฏิบัติงานเป็นระยะเวลาหนึ่งผู้ปฏิบัติงานจะมีความเมื่อยล้าเกิดขึ้นในขณะที่เครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติจะสามารถทำการผลิตได้เรื่อย ๆ

5.1.2 เครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติสามารถสไลด์และตัดซอยเป็นเส้นพืชผลชนิดอื่นที่มีรูปร่างใกล้เคียงกับขิง เช่น มันฝรั่ง แครอท กล้วย เป็นต้น ได้อีกด้วย

5.1.3 ลดความเมื่อยล้าและความเครียดจากการปฏิบัติงานที่ต้องใช้ทักษะความชำนาญสูง

5.1.4 เครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติที่สร้างขึ้นมีวิธีการทำงานที่สะดวกและง่ายต่อการใช้งานและการบำรุงรักษา

5.1.5 เครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติสามารถคืนทุนภายในระยะเวลา 64 วัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

การออกแบบสร้างเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อให้เครื่องมีประสิทธิภาพสูงสุดที่จะนำไปสู่การทำงานจริง พบว่าควรมีการศึกษาเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

5.2.1 ชุดใบมีดที่ใช้ในการสไลด์มีความหนาอยู่ จึงควรมีการออกแบบชุดใบมีดในการสไลด์ให้บางและคม แต่ยังคงความแข็งแรงอยู่เหมือนเดิม และสามารถปรับใบมีดได้เพื่อให้สามารถปรับระดับความหนาบางของขิงได้ เพื่อสะดวกต่อความต้องการของตลาด

5.2.2 ชุดใบมีดตัดซอยควรมีการออกแบบลูกกลิ้งให้มีคมตัดมากกว่านี้และควรมีลูกกลิ้งหลายตัวเพื่อไว้เปลี่ยนชุดตัดซอย และร่องฟันควรมีหลายขนาดด้วยกัน รวมทั้งมีการกลึงลายของลูกกลิ้งให้สามารถดึงวัตถุดิบลงมายังคมตัดซอยได้เร็วขึ้น

5.2.3 ช่องใส่ขิงมีขนาดเล็กจึงควรปรับขนาดของช่องใส่ขิงให้ใหญ่กว่าเดิม และใบมีดควรจะให้ยาวกว่าเดิมด้วย เพื่อจะให้ขิงมีขนาดความยาวมากขึ้น และควรปรับรูปทรงของช่องใส่ให้เหมาะกับวัตถุดิบชนิดอื่นด้วยหรืออาจปรับเปลี่ยนช่องใส่ขิงได้ด้วย

5.2.4 รูปทรงของเครื่องควรปรังปรุงให้ดูทันสมัยและลดเวลาในการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพให้มากยิ่งขึ้น

5.2.5 จากการที่ได้ประเมินพ่อค้าแม่ค้าจะเห็นได้ว่าเส้นขิงไม่สมบูรณ์เนื่องจากขนาดของเส้นใหญ่เกินไป และเรื่องความสวยงามของขิง และนอกจากขิงแล้วหน้าจะทำพืชผลชนิดอื่นได้อีกด้วย แต่ถ้าเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติสามารถผลิตได้ตามความต้องการของพ่อค้าแม่ค้า พ่อค้าแม่ค้าสนใจในเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติที่ราคา 70,000 ถึง 80,000 บาท

บรรณานุกรม

[1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและกรมวิชาการเกษตร. (2551). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://fic.nfi.or.th/th/thaifood/product52-condiment.asp. (วันที่ค้นข้อมูล : 13 พฤศจิกายน 2553).

[2] กลุ่มพ่อค้าแม่ค้าตลาดคอมแพล็กซ์. (2553, 9 ตุลาคม). สัมภาษณ์.

[3] ธีรพงศ์ ผลโพธิ์. (2546). ***ออกแบบและสร้างหั่นตะไคร้แบบสไลด์.*** กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.

[4] ณัฐพล กล้าไพรี, ภาณุพงศ์ พรมสาร, ธนศิษฎ์ วงศ์ศิริอำนวย, และสุเนตร โม่งประณีต. (2547). ***วิจัยใบมีดตัดที่เหมาะสมในเครื่องหั่นแว่นสับปะรดแบบใบมีดหมุนในแนวนอน.*** เชียงใหม่ : ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

[5] เมธี ศรีประเสริฐทรัพย์ และธนา ชั่งจีน. (2547). ***การพัฒนาเครื่องซอยหมาก.*** กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[6] อเนก สมเคราะห์. (2548). ***สร้างเครื่องหั่นต้นกล้วย.*** เชียงใหม่ : สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตพายัพ.

[7] นงลักษณ์ ปานเกิดดี และสัมพันธ์ ศรีสุริยวงศ์. (2549). ***การวิจัยและพัฒนาเครื่องหั่นผักใบไฮเทค.*** สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว).

[8] วัชรวัชช์ สายควรเกย และสราวุฒิ สีดำ. (2550). ***สร้างเครื่องหั่นกล้วยดิบ.*** : ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[9] มอนเดียขิงผงสำเร็จรูปรายแรกของไทย [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.mondiathailand.com/RieungKhing.htm. (วันที่ค้นข้อมูล : 29 ตุลาคม 2553).

[10] สถิต วิมล. ฝ่ายส่งเสริมการเกษตร สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร. เชียงใหม่. : มหาวิทยาแม่โจ้. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.it.mju.ac.th/dbresearch/organize/extention/book-veget/book05.html. (วันที่ค้นข้อมูล : 10 พฤศจิกายน 2553).

[11] อนันต์ วงศ์กระจ่าง. (2533). ***ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล.*** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โอ เอส พริ้นติ้งเฮ้าส์.

[12] วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน. (2549). ***การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1.*** พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

บรรณานุกรม(ต่อ)

[13] ชนะ กสิภาร์ (2536). ***ความแข็งแรงของวัสดุ.*** พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : ชวนพิมพ์.

[14] Webb, S.L. (2010). **Machine Extrusion.** [Online]. Abstract from : www.allproducts.com/machine/yei/ine.html.

[15] อำพล ซื่อตรง. (2536). ***ชิ้นส่วนเครื่องกล.*** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมทางวิชาการ.

[16] นพรัตน์ มโนรา. (2553) **ชนิดของเฟือง.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://nopparat.fve.ac.th/index.php?name=knowledge&file=readknowledge&id=17. (วันที่ค้นข้อมูล : 29 เมษายน 2554).

[17] บรรเลง ศรนิล และปรเสริฐ ก๊วยสมบูรณ์. (2524) ***ตารางโลหะ.*** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[18] **สายพานลำเลียง.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.rubbercenter.org/files/conveyor.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล : 24 พฤศจิกายน 2553).

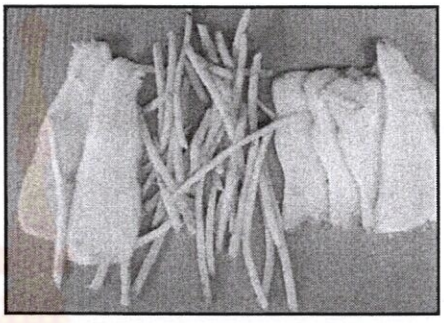
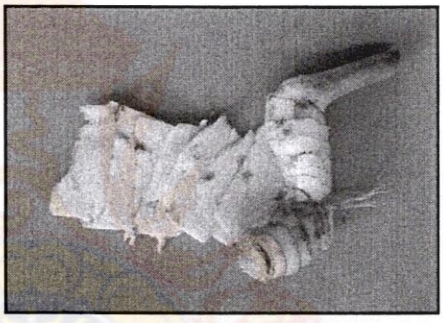
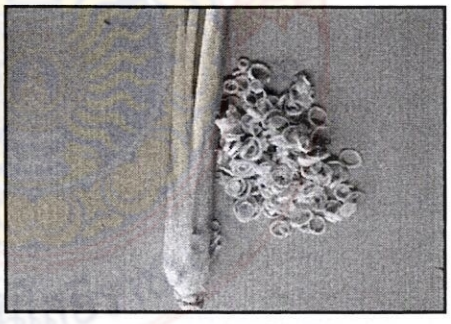
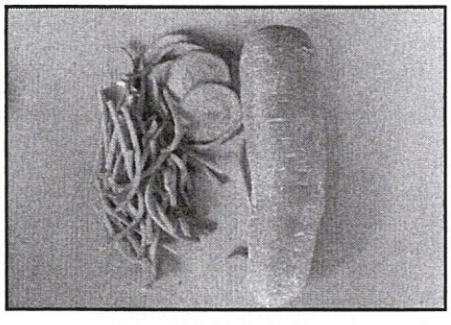
[19] **อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากเครื่องจักร.** (2553). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.thaieditorial.com/tag. (วันที่ค้นข้อมูล : 20 ธันวาคม 2553).

[20] **อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.** (2543). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.eppo.go.th/power/pw-Rate-PEA.html. (วันที่ค้นข้อมูล : 15 พฤษภาคม2553).

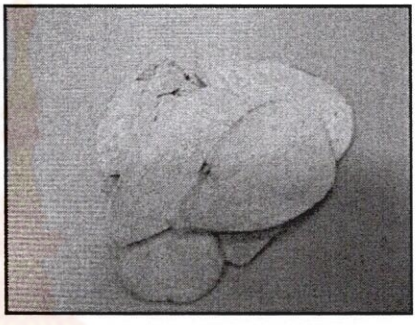
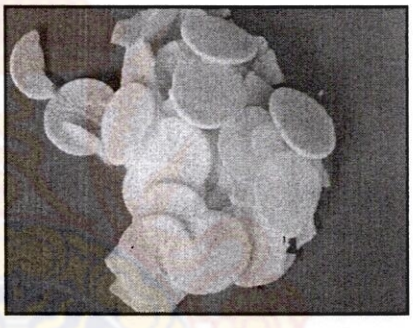
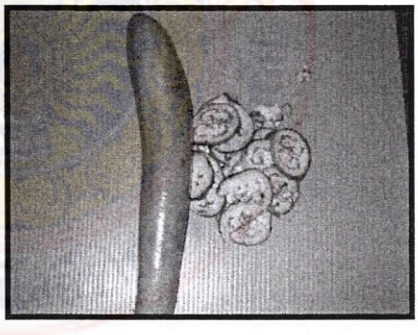
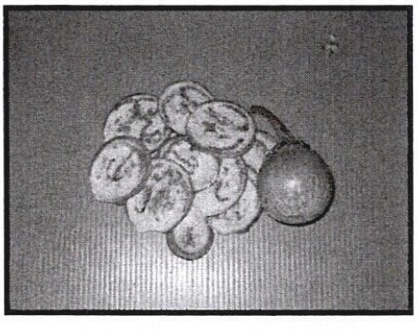
ภาคผนวก ก

พืชผลที่ได้จากการทดลองของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ

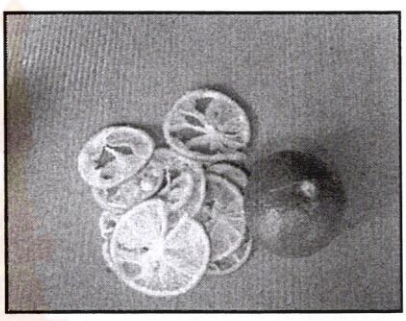
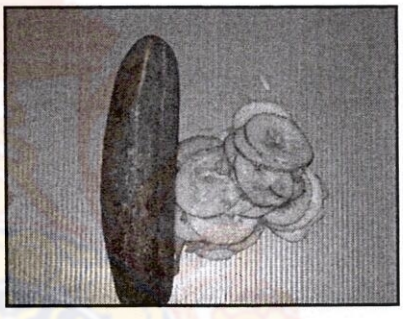
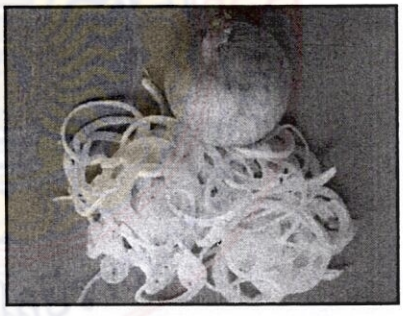
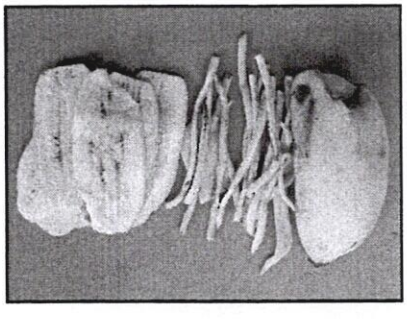
ตาราง ก.1 พืชผลที่ได้จากการทดลองของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ

รูปผลการทดลองพืชผลด้วยเครื่องซอยขิงกึ่งอัตโนมัติ	
ชื่อ	**ลักษณะของพืชผล**
ขิง	
ข่า	
ตะไคร้	
แครอท	

ตาราง ก.2 พืชผลที่ได้จากการทดลองของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ (ต่อ)

รูปผลการทดลองพืชผลด้วยเครื่องซอยขิงกึ่งอัตโนมัติ	
ชื่อ	**ลักษณะของพืชผล**
มันฝรั่ง	
หัวไชเท้า	
มะเขือยาว	
มะเขือเปราะ	

ตาราง ก.3 พืชผลที่ได้จากการทดลองของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ (ต่อ)

รูปผลการทดลองพืชผลด้วยเครื่องซอยขิงกึ่งอัตโนมัติ	
ชื่อ	**ลักษณะของพืชผล**
มะนาว	
แตงกวา	
หัวหอมใหญ่	
กล้วย	

ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้และการบำรุงรักษาเบื้องต้นของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ

วิธีการใช้เครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ

เครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ สร้างขึ้นเพื่อใช้ในกระบวนการสไลด์และตัดซอยเป็นเส้น เพื่อลดเวลาในการทำงานและลดแรงงานคนในการปฏิบัติ ซึ่งมีรายละเอียดของเครื่องดังนี้

1. ส่วนประกอบหลักของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ
2. ข้อกำหนดของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ
3. วิธีการใช้และการทำงาน
4. ข้อควรระวัง
5. การบำรุงรักษา

1. ส่วนประกอบหลักของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ

1.1 ชุดสไลด์

1.2 ชุดส่งกำลัง

1.3 สายพานลำเลียง

1.4 ชุดตัดซอยเส้น

1.5 การ์ดฝาครอบป้องกันอันตราย

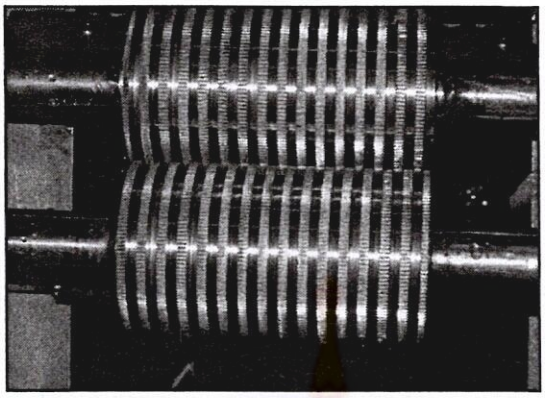
2. ข้อกำหนดของเครื่องซอยขิงแบบกึ่งอัตโนมัติ

2.1 ชุดสไลด์ จะมีชุดครอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 350 × 4 มิลลิเมตร และจะมีจานสไลด์ด้านใน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 300 × 4 มิลลิเมตร และมีใบมีดจำนวน 2 ใบ

2.2 ชุดส่งกำลัง ใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 แรงม้า 380 โวลต์ 1450 รอบต่อนาที และมอเตอร์เกียร์ จะใช้ขนาด 90 วัตต์ ด้วยความเร็วรอบ 1350 รอบต่อนาที เป็นต้นกำลัง และใช้เกียร์ทดรอบ 1:5 รอบต่อนาที

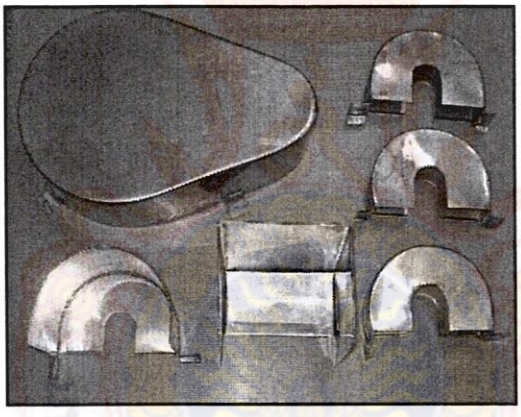
2.3 สายพานลำเลียง จะใช้สายพาน รุ่น 2TG50/EW ขนาด 2 × 140 × 1000 มิลลิเมตร จะใช้ลำเลียงขิงแผ่นเพื่อนำไปตัดซอยเป็นเส้น

2.4 ชุดตัดซอยเส้น จะเป็นลักษณะของลูกกลิ้ง ความโตนอก 63 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางโตในเท่ากับ 56.5 มิลลิเมตร ร่องลึก 6.5 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร โดยจะมีเพลาขนาด 25.4 มิลลิเมตร มาเชื่อมต่อหัวและท้าย และจะมีตัวแบริ่งเป็นตัวรองรับเพลา



รูปที่ ค.1 ลักษณะของลูกกลิ้ง

2.5 การ์ด เป็นอุปกรณ์ป้องกัน เพื่อป้องกันอันตรายจากเครื่องจักรขณะปฏิบัติงาน



รูปที่ ค.2 ลักษณะของการ์ดป้องกัน

3. วิธีการใช้และการทำงาน

3.1 ทดสอบความเรียบร้อยของเครื่องให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะใช้งาน เช่น

1) สังเกตความตึงของสายพานและโซ่ ควรจะมีลักษณะที่พอดี

2) ตรวจสอบดูว่าจานสไลด์ลูกกลิ้งตัดซอยพร้อมทำงานหรือไม่ เช่น มีเศษตกค้างอยู่หรือมีวัสดุอื่นมาอยู่

3.2 นำขิงที่เตรียมไว้มาใส่ในถาดใส่ขิง

3.3 เสียบปลั๊กทิ้งไว้แล้วก็ทำการเปิดสวิตช์มอเตอร์ทั้งสองตัว และตั้งความเร็วมอเตอร์สายพานลำเลียงไว้ที่ประมาณ 5 - 10 รอบต่อนาที

3.4 นำขิงที่เตรียมไว้ในถาดมาใส่ในช่องป้อนขิง โดยจะดึงขันโยกเข้าออกเป็นตัวดันขิงเพื่อให้อยู่ในตำแหน่งของการสไลด์

3.5 ปล่อยให้ขิงสไลด์และตัดซอยเป็นเส้นเรียบร้อยแล้วตกลงมาในที่ใส่ขิง

4. ข้อควรระวัง

4.1 ในการปฏิบัติงานควรแต่งกายให้รัดกุม เพราะชิ้นส่วนของเครื่องหมุนด้วยความเร็ว

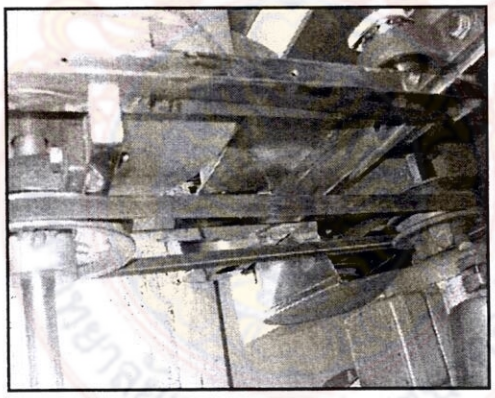
4.2 อย่าสัมผัสเพลาในขณะที่เครื่องกำลังทำงาน

4.3 อย่ายื่นมือลงไปมากและดูที่ความเหมาะสมด้วย เวลาใส่ขิงสไลด์แผ่นและระหว่างช่องตัดซอยขิงเส้นในระหว่างเครื่องทำงาน

4.4 ถ้าเกิดผิดปกติในขณะทำงาน ให้กดปุ่มสวิตช์ เพื่อหยุดการทำงานของเครื่อง

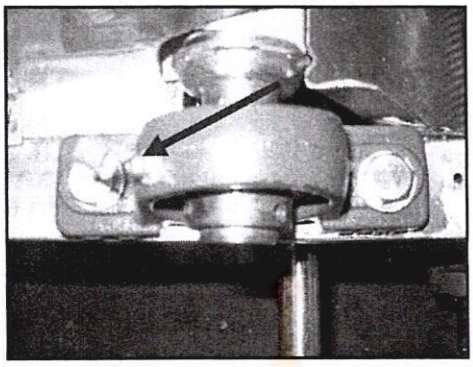
5. การบำรุงรักษา

5.1 ตรวจเช็คความตึง หย่อนของสายพานและโซ่ สายพานและโซ่ควรจะมีความพอดีไม่ตึงและหย่อนจนเกินไป



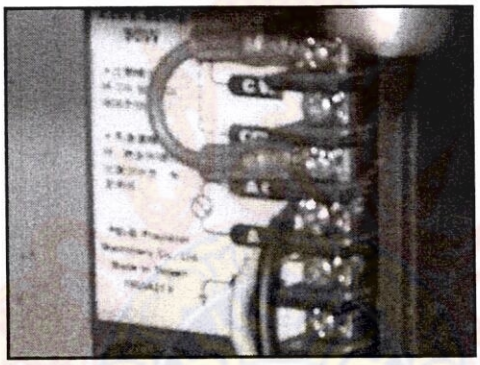
รูปที่ ค.3 ลักษณะความตึงที่เหมาะสมของสายพาน

5.2 ใช้น้ำมันหล่อลื่นที่ชิ้นส่วนต่าง ๆ เช่น แบริ่ง เฟือง



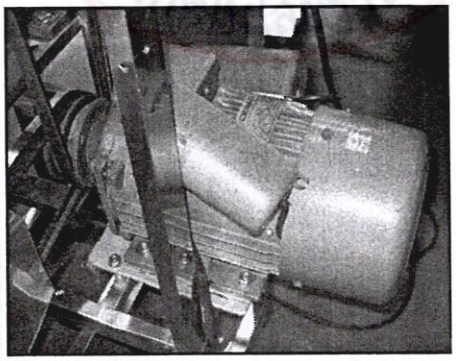
รูปที่ ค.4 ลักษณะจุดหล่อลื่นของแบริ่ง

5.3 เช็คระบบไฟฟ้าว่ามีการชำรุดหรือไม่ เพื่อความปลอดภัยในการทำงาน

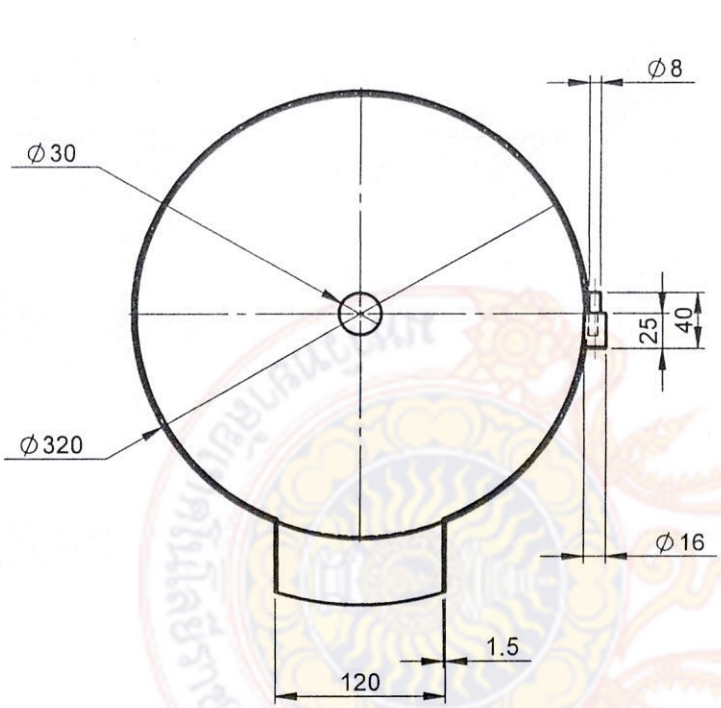


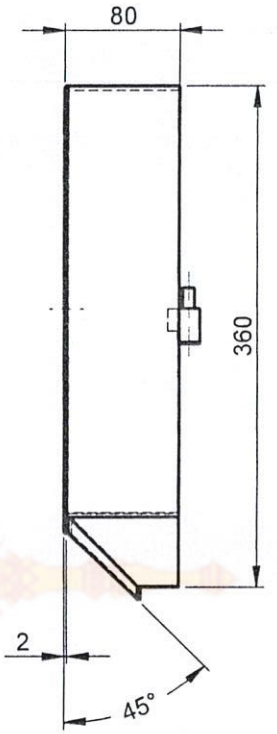
รูปที่ ค.5 ลักษณะของระบบไฟ

5.4 เช็คการทำงานของมอเตอร์ว่าอยู่ในสภาพที่พร้อมจะใช้งานหรือไม่



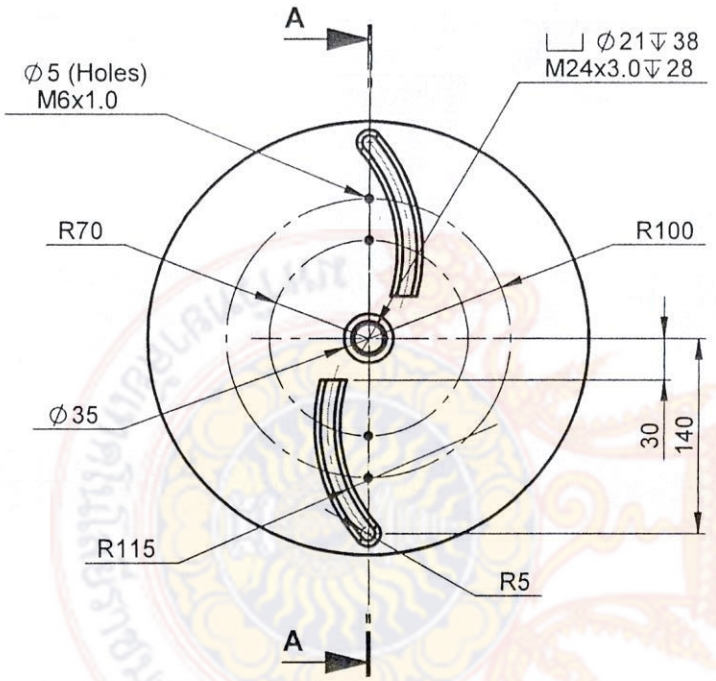
รูปที่ ค.6 ลักษณะของมอเตอร์

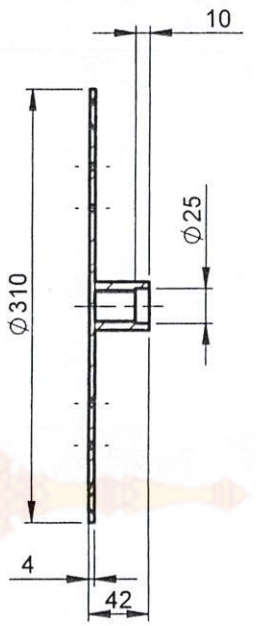




2	Cover Plate	80x336X360	Stainless Steel	1	SAS-02
POS.	Part Name and Remark	Dimension	Material	Rep.	Drawing

Scale 1:5	Drawn	K. Kamron		Rajamangala University of Technology Srivijaya
	Checked	C. Jaknarin		
Gen. Tolerances	Checked			
ISO 2768:	Title : **Semi Automatic Sliced Ginger Machine**			Drawing No. SAS-02

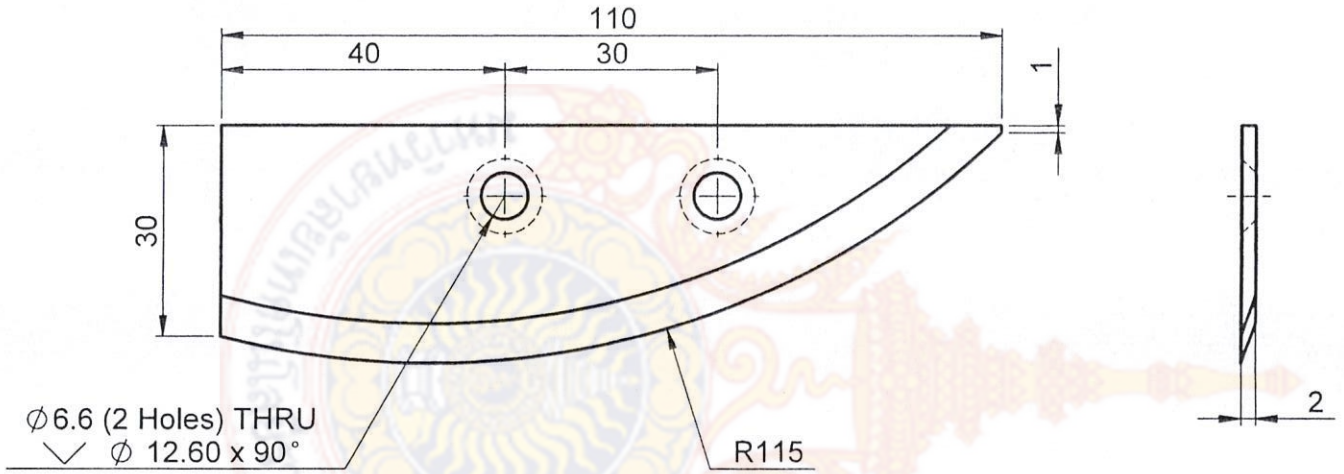




SECTION A-A

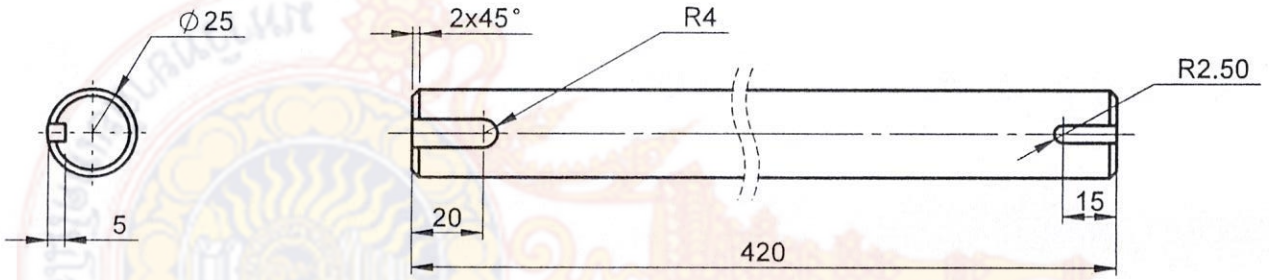
3	Slicing Plate	∅310x42	Stainless Steel	1	SAS-03
POS.	Part Name and Remark	Dimension	Material	Rep.	Drawing

Scale 1:5	Drawn	K. Kamron		Rajamangala University of Technology Srivijaya
	Checked	C. Jaknarin		
Gen.Tolerances	Checked			
ISO 2768:	Title : **Semi Automatic Sliced Ginger Machine**			Drawing No. SAS-03



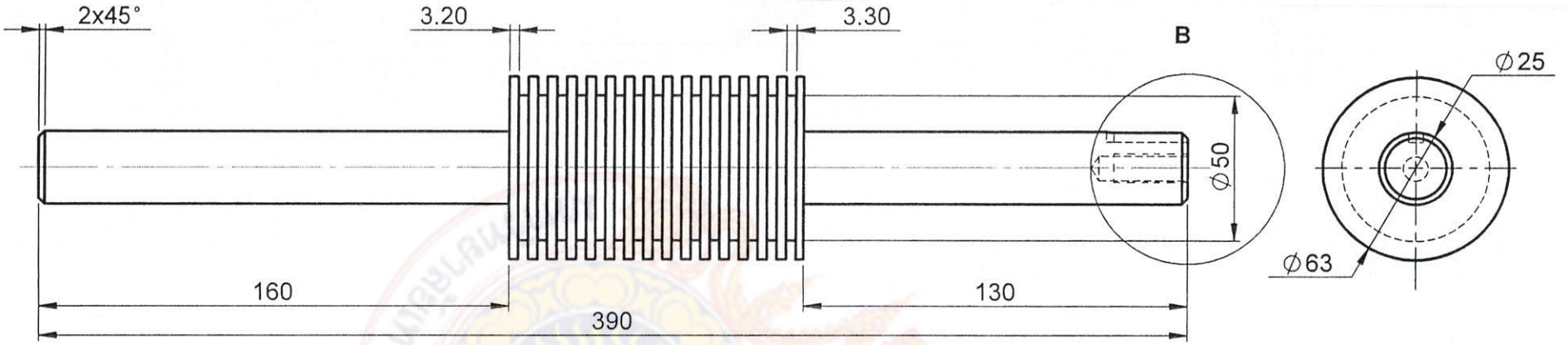
6	Cutter	30x110x2	Stainless Steel	2	SAS-06
POS.	Part Name and Remark	Dimension	Material	Req.	Drawing

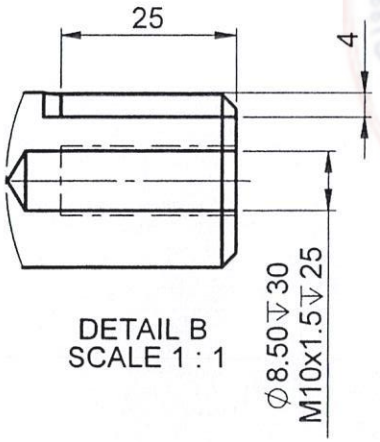
Scale: 1:1	Drawn	K. Kamron		Rajamangala University of Technology Srivijaya
	Checked	C. Jaknarin		
Gen.Tolerances	Checked			
ISO 2768:	Title : **Semi Automatic Sliced Ginger Machine**			Drawing No. SAS-06



9	Shaft	∅25x420	Stainless Steel	1	SAS-09
POS.	Part Name and Remark	Dimension	Material	Req.	Drawing

Scale: 1:2	Drawn	K. Kamron		Rajamangala University of Technology Srivijaya
	Checked	C. Jaknarin		
Gen.Tolerances	Checked			
ISO 2768:	Title : **Semi Automatic Sliced Ginger Machine**			Drawing No. SAS-09

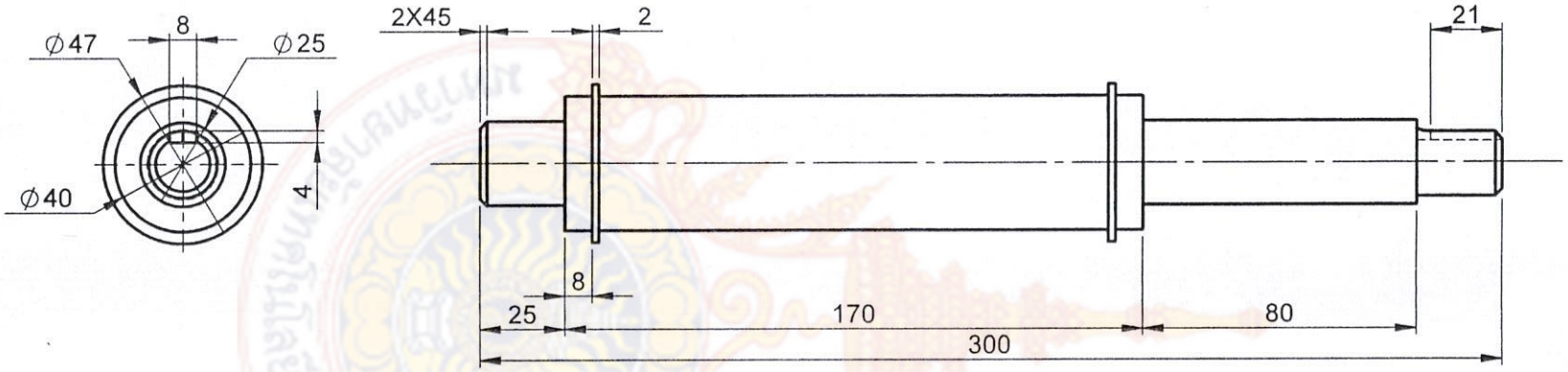




DETAIL B
SCALE 1 : 1

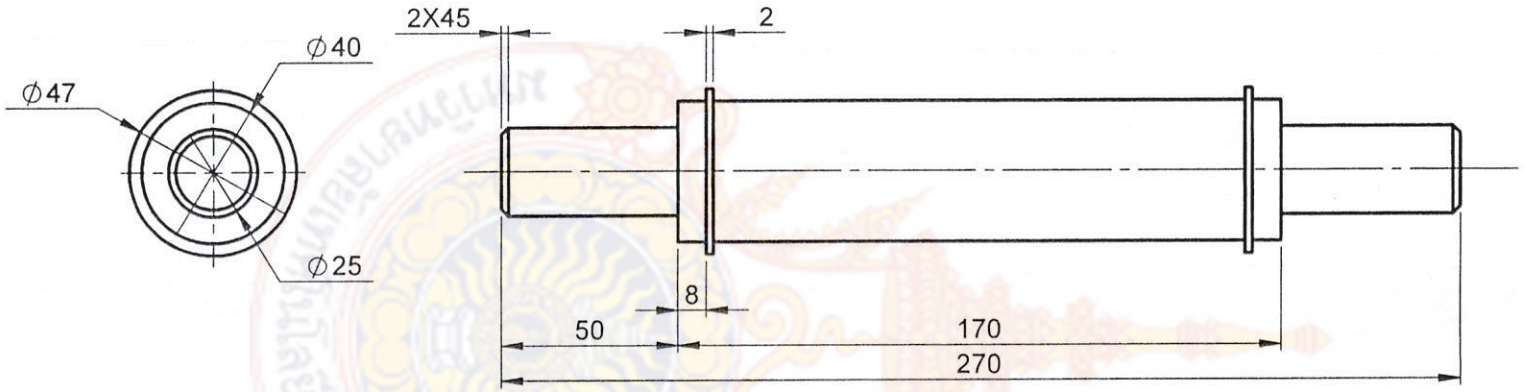
11	Roller Cutter	Ø63x390	Stainless Steel	1	SAS-11
POS.	Part Name and Remark	Dimension	Material	Req.	Drawing

Scale: 1:2	Drawn	K. Kamron		Rajamangala University of Technology Srivijaya
	Checked	C. Jaknarin		
Gen.Tolerances	Checked			
ISO 2768:	Title : Semi Automatic Sliced Ginger Machine			Drawing No. SAS-11



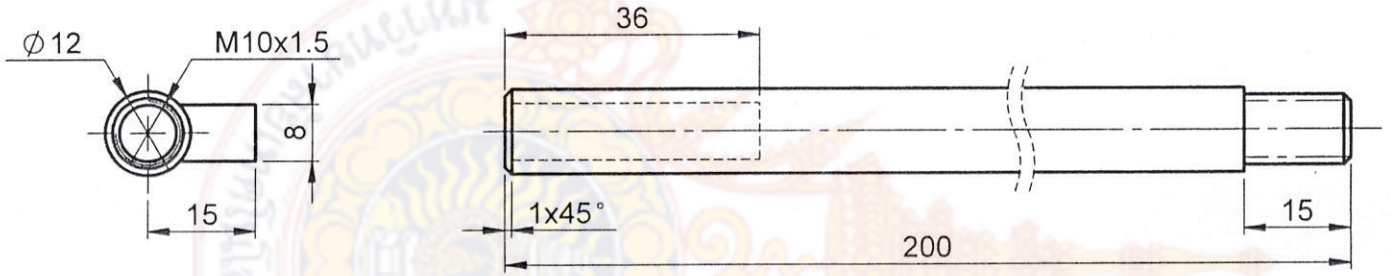
14	Shaft	Ø47x300	Stainless Steel	1	SAS-14
POS.	Part Name and Remark	Dimension	Material	Req.	Drawing

Scale: 1:2	Drawn	K. Kamron	Rajamangala University of Technology Srivijaya
	Checked	C. Jaknarin	
Gen.Tolerances ISO 2768:	Checked		
	Title : **Semi Automatic Sliced Ginger Machine**		Drawing No. SAS-14



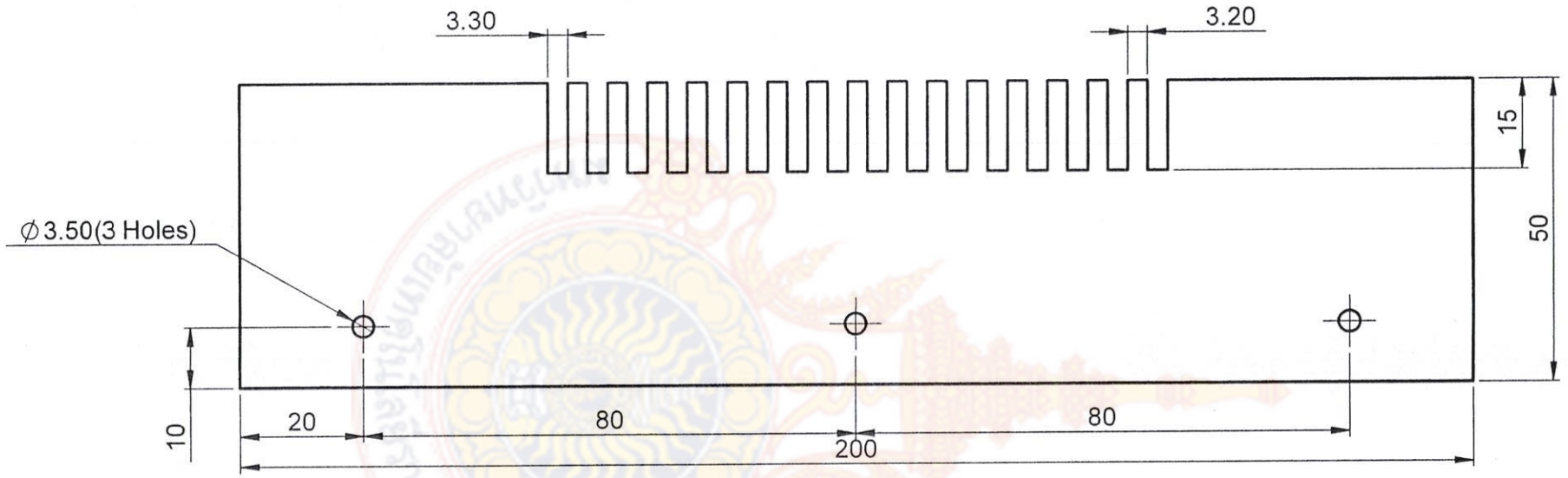
15	Shaft	Ø47x270	Stainless Steel	1	SAS-15
POS.	Part Name and Remark	Dimension	Material	Req.	Drawing

Scale: 1:2	Drawn	K. Kamron		Rajamangala University of Technology Srivijaya
	Checked	C. Jaknarin		
Gen.Tolerances	Checked			
ISO 2768:	Title : **Semi Automatic Sliced Ginger Machine**			Drawing No. SAS-15



25	Pull Shaft	∅12x200	Stainless Steel	2	SAS-25
POS.	Part Name and Remark	Dimension	Material	Req.	Drawing

Scale: 1:1	Drawn	K. Kamron		Rajamangala University of Technology Srivijaya
	Checked	C. Jaknarin		
Gen.Tolerances	Checked			
ISO 2768:	Title : Semi Automatic Sliced Ginger Machine			Drawing No. SAS-25



40	Comb		50x200x2	Superience	2	SAS-40
POS.	Part Name and Remark		Dimension	Material	Req.	Drawing
Scale: 1:1	Drawn	K. Kamron		Rajamangala University of Technology Srivijaya		
	Checked	C. Jaknarin				
Gen.Tolerances ISO 2768:	Checked					
	Title : **Semi Automatic Sliced Ginger Machine**			Drawing No. SAS-40		