

การออกแบบและพัฒนาโครงสร้างและกลไกของชุดสาางใบและชุดตัดโคนต้น
ในเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยชุมชน

DESIGN AND DEVELOPMENT STRUCTURE AND MECHANISM OF
SUGARCANE HARVESTER WITH LEAF PRUNING MACHINE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้เสมอ

DESIGN AND DEVELOPMENT STRUCTURE AND MECHANISM OF
SUGARCANE HARVESTER WITH LEAF PRUNING MACHINE



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฤษฏา ใจปม

การออกแบบและพัฒนาโครงสร้างและกลไกของชุดสางใบและชุดตัดโคนต้นในเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อย
ชุมชน

นางสาวธนิดา แสงมณีธนกุล 59010544

นายธนภัทร กันทา 59010581

นายภากรณ์ กระโจมทอง 59011048

ผศ.ดร.ณัฐฉิ เตไปวา อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ออกแบบและพัฒนา และวิเคราะห์ความเสียหาย โครงสร้างและกลไก ของเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยชุมชน หาววัสดุที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการสางใบอ้อย ให้ ตรงตามความต้องการของเกษตรกร ปัจจุบันรถตัดอ้อยนั้นมีราคาค่อนข้างสูง ทำให้ส่วนใหญ่นิยมเก็บเกี่ยวอ้อยโดยการเผาใบก่อนตัด ก่อให้เกิดมลพิษ จึงเริ่มต้นออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดอ้อยแบบตัด ทั้งต้น สามารถสางใบออกได้ในตัวที่มีต้นกำลังมาจากเพลลาอำนาจกำลังเพียงอย่างเดียว เริ่มต้นจาก ออกแบบโครงสร้างของเครื่องและระบบส่งกำลัง โดยใช้แรงที่ได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจนได้เป็น เครื่องต้นแบบ จากนั้นทำการทดสอบเครื่องแบ่งเป็น 3 แบบคือ ทดสอบเดินเครื่องเปล่า การเก็บเกี่ยว อ้อยจริง และทดสอบเพื่อหาววัสดุสางใบ เลือกว่าวัสดุที่ใช้ในการทดลองสางใบที่หาซื้อได้ง่าย พิจารณา จากวัสดุที่เหมาะสมกับความเร็วรอบ 540 รอบต่อนาที จากการทดสอบวัสดุสางใบ ผู้จัดทำได้ วิเคราะห์คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับผลการทดลอง สรุปได้ว่าการหาวัสดุต่อไปควรพิจารณาคูณสมบัติ ดังนี้ ค่า Tensile มากกว่า 25.51 MPa และ Shear strength 68.94 MPa เพื่อไม่ให้วัสดุขาดขณะ หมุนและสางใบ, ควรมีค่า Hardness ต่ำกว่า Rockwell M110 วัสดุจะไม่ทำให้ต้นอ้อยเสียหาย และ ค่า Flexural Modulus of Elasticity ประมาณ 3,102.63 MPa สามารถเชื่อมต่อได้กับรถแทรกเตอร์ ที่มีกำลัง 49.96 กิโลวัตต์(67แรงม้า) ขึ้นไป โดยโครงสร้างทั้งหมดทำงานได้ทั้งระบบ ไม่มีชิ้นส่วนใดพัง ตลอดการทดลองใช้งาน 48 ชั่วโมง เครื่องทำงานได้เหมาะสมที่สุดที่เพลลาอำนาจกำลัง 540 รอบต่อ นาที ความเร็วรอบที่ใช้ในการตัดโคนตัดโคนเป็น 337.5 รอบต่อนาที โดยใช้ใบมีดแบบสำเร็จ วัสดุที่ใช้ ในการสางใบดีที่สุดที่รอบดังกล่าว คือ สายพานร่องA เนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุมีความเหมาะสม ไม่ แข็งจนเกินไปจนทำให้ต้นอ้อยเกิดความเสียหาย สามารถคืนรูปได้ และไม่พันกันขณะใช้งาน การ

ปรับปรุงเครื่องทั้งหมด ทำให้ได้เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยที่สามารถเก็บเกี่ยวอ้อยได้ถึง 3,200 ต้นต่อชั่วโมง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design and Development Structure and Mechanism of Sugarcane Harvester with Leaf Pruning Machine

Tanida Sangmaneeetanakul 59010544

Thanapat Kanta 59010581

Phakorn Krajomthong 59011048

Asst.Prof.Dr.Nattawoot Depaiwa Advisor

Year 2562

Abstract

Our objective for this project is to study, develop and calculate change of damage of structure and mechanism of sugarcane harvester, find the most suitable material for pruning leaf to fit farmer needs. Due to Thailand agricultural situation, mostly of harvester are imported and costly, farmers solve these problems by burning leaf harvest method which result in air pollution. Accordingly, our project is to research and develop sugarcane harvester that able to remove excess leaves of sugarcane in one machine and one power source, PTO shaft. Starting from design structure in Solidworks program, calculate structure and power transmission system. After analyzing properties and experimental results, conclusion is when looking for materials, the following properties should be considered: Tensile and Shear strength should be more than 25.51 MPa and 68.94 MPa, to prevent material from breaking apart when rotate and pruning. Hardness should be lower than Rockwell M110 to keep product in good condition and Flexural Modulus of Elasticity around 3,102.63 MPa. The harvester can connect to any tractor with more than 49.96 kilowatt and all structure can be use without failing throughout 48-hour trial. The best condition of PTO shaft is 540 rpm and cone cutting shaft is 337.5 rpm using ready-made blade. The best material for pruning is V-belt type A, due to the strength and ductileness of material are in suitable range, does not damage the product, return to its shape, and does not tangle. All the improvement leads to sugarcane harvester that can harvest sugarcane 3,200 sugarcanes per hour.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ก็เพราะด้วยความเอาใจใส่ แนะนำและช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เสมอมาจาก ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ เตไปวา อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่เอื้อเพื่อให้ยืมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการนี้

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นางสาวธนิดา แสงมณีธนกุล

นายธนภัทร กันทา

นายภากรณ์ กระจมทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ii
กิตติกรรมประกาศ.....	iii
สารบัญ.....	iv
สารบัญตาราง.....	vi
สารบัญรูปภาพ.....	vii
รายการคำย่อและสัญลักษณ์.....	x
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
บทที่ 2 ข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.2 สมการที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.3 คุณสมบัติวัสดุ	9
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	12
3.1 บทนำ.....	12
3.2 การออกแบบโครงสร้าง	12
3.3 วิธีการดำเนินการ	44
3.4 การทดสอบเครื่องตัดอ้อย.....	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	50
4.1 การทดสอบ	50
4.2 ผลการทดสอบ	50
4.3 การวิจารณ์และอภิปรายผล	55
บทที่ 5 บทสรุป	56
5.1 สรุปผลการทดลอง	56
5.2 ข้อเสนอแนะ	57
เอกสารอ้างอิง	58
ภาคผนวก	59



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพของการสางใบในอ้อยพันธุ์ขอนแก่น3	4
ตารางที่ 2 ผลของขนาดของลำต้นอ้อยที่เกิดขึ้นกับแรงตัดเชิงกลในค่าระดับความชื้นต่างๆ	5
ตารางที่ 3 ค่า K_f และ K_{fs}	7
ตารางที่ 4 ค่า K_a	7
ตารางที่ 5 ค่า K_d	8
ตารางที่ 6 ค่า K_e	9
ตารางที่ 7 ค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบสางใบ	10
ตารางที่ 8 หลักการเลือกใช้ค่าความปลอดภัย	11
ตารางที่ 9 แรงที่ความสูงต่าง ๆ ของต้นอ้อย	15
ตารางที่ 10 การทดสอบเดินเครื่องเปล่า	50
ตารางที่ 11 การตัดอ้อยที่ไร้ทดลอง	51
ตารางที่ 12 ผลการทดสอบวัสดุสางใบ	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงใบและความสูงของต้นอ้อย	6
รูปที่ 2 ตำแหน่งเฟือง	12
รูปที่ 3 ตำแหน่งเพลาสางใบ	18
รูปที่ 4 แรงในเพลาคัดโคน 1	19
รูปที่ 5 แรงในแนวแกน Vertical	19
รูปที่ 6 แรงในแนวแกน Horizon	20
รูปที่ 7 แรงในส่วนตัดโคน	21
รูปที่ 8 แรงในแนวแกน Vertical	21
รูปที่ 9 แรงในแนวแกน Horizon	22
รูปที่ 10 ค่า T และ M ส่วนตัดโคน	22
รูปที่ 11 แรงในส่วนตัดโคน	23
รูปที่ 12 แรงในแนวแกน X-Y	23
รูปที่ 13 แรงในแนวแกน X-Z	24
รูปที่ 14 ค่า T และ M ส่วนตัดโคน	25
รูปที่ 15 แรงในส่วนตัดโคน	25
รูปที่ 16 แรงในแนวแกน X-Y	26
รูปที่ 17 แรงในแนวแกน X-Z	26
รูปที่ 18 ค่า T และ M ส่วนตัดโคน	27
รูปที่ 19 แรงในเพลาคัด 2	28
รูปที่ 20 แรงในแนวแกน Vertical	28
รูปที่ 21 แรงในแนวแกน Horizon	29
รูปที่ 22 แรง T และ M ในเพลาคัด 2	29
รูปที่ 23 แรงในเพลาคัด 3	30
รูปที่ 24 แรงในแนวแกน Vertical	30
รูปที่ 25 แรงในแนวแกน Horizon	31
รูปที่ 26 แรง T และ M ในเพลาคัด 3	31
รูปที่ 27 แรงในเพลาคัด 4	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 28 แรงในแนวแกน Vertical.....	32
รูปที่ 29 แรงในแนวแกน Horizon.....	33
รูปที่ 30 แรง T และ M ในเพลลา 4.....	33
รูปที่ 31 แรงในเพลลา 5.....	34
รูปที่ 32 แรงในแนวแกน Vertical.....	34
รูปที่ 33 แรงในแนวแกน Horizon.....	35
รูปที่ 34 แรง T และ M ในเพลลา 5.....	35
รูปที่ 35 แรงในเพลลา 6.....	36
รูปที่ 36 แรงในแนวแกน Vertical.....	36
รูปที่ 37 แรงในเพลลา 7.....	37
รูปที่ 38 แรงในแนวแกน Vertical.....	37
รูปที่ 39 การเชื่อมต่อรถแทรกเตอร์กับเครื่องตัดอ้อย.....	45
รูปที่ 40 การทดสอบการเก็บเกี่ยวอ้อยในไร่จริง.....	45
รูปที่ 41 การทดสอบการเก็บเกี่ยวอ้อยในไร่จริงหลังจากปรับปรุงเครื่อง.....	46
รูปที่ 42 ตัวอย่างการติดตั้งวัสดุสางใบ.....	46
รูปที่ 43 เอ็นตัดหญ้าแบบกลม ขนาดหน้าตัด 3 มม.....	47
รูปที่ 44 เอ็นตัดหญ้าแบบเหลี่ยม ขนาดหน้าตัด 3 มม.....	47
รูปที่ 45 สายพานร่อนA.....	47
รูปที่ 46 PCV waterstop.....	48
รูปที่ 47 ชูเปอร์สลินขนาดหน้าตัด 6, 8 และ 10 มม.....	48
รูปที่ 48 ยูรีเทน.....	48
รูปที่ 49 ไฟเบอร์กลาส.....	48
รูปที่ 50 ลวดเหล็ก ขนาดหน้าตัด 6 มม.....	49
รูปที่ 51 การเชื่อมเพลลาPTOกับเครื่องตัดอ้อย.....	51
รูปที่ 52 ผลการตัดโคนต้นอ้อย.....	52
รูปที่ 53 ตัวอย่างต้นอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยว.....	52
รูปที่ 54 ที่ครอบเพื่อป้องกันชิ้นส่วนต่างๆจากใบอ้อย.....	52
รูปที่ 55 ส่วนสางใบที่เพิ่มขึ้นด้านหลัง.....	53
รูปที่ 56 ตัวอย่างต้นอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวหลังจากปรับปรุงเครื่องครั้งที่ 1.....	53
รูปที่ 57 ผลการทดลองสางใบของชูเปอร์สลินขนาด 6 มม.....	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 58 ผลการทดลองสางใบของสายพานรื่องA.....	55
รูปที่ 59 จำลองของเครื่องตัดอ้อยที่ผ่านการพัฒนาแล้ว	56
รูปที่ 60 เครื่องตัดอ้อยจริง	57



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการคำย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ชื่อ (ภาษาไทย)	ชื่อ(ภาษาอังกฤษ)	หน่วย
C_{10}	ความสามารถในการรับโหลด	Catalog load rating	kN
d	เส้นผ่านศูนย์กลางเพลลา	Shaft diameter	m
F	แรง	Force	N
F_a	โหลดในแนวแกน	Axial load	N
F_e	โหลดเทียบเท่า	Equivalent load	N
F_r	โหลดในแนวรัศมี	Radial load	N
F_t	โหลดส่งกำลัง	Transmitted load	N
k_a	แฟกเตอร์แก้พื้นผิว	Surface Factor	-
k_b	แฟกเตอร์แก้ขนาด	Size Factor	-
k_c	แฟกเตอร์แก้โหลด	Loading Factor	-
k_d	แฟกเตอร์แก้อุณหภูมิขณะใช้งาน	temperature modification factor	-
k_e	แฟกเตอร์แก้ระดับความน่าเชื่อถือ	reliability factor	-
k_f	แฟกเตอร์แก้ค่าอิทธิพลอื่น ๆ	Miscellaneous-effects factor	-
L	ความยาว	Length	m
L_{10}, L_R	อายุประเมินที่ 90%	Rating life	rev
L_D	อายุการใช้งานที่ต้องการ	Desired life	hr
M_a	โมเมนต์ตัดสลั๊บ	Midrange moment	N.m
M_m	โมเมนต์ตัดเฉลี่ย	Alternating moment	N.m
N	จำนวนฟันเฟือง	Number of teeth	teeth
n	ความเร็วรอบในการหมุน	Rotational speed	rpm
n_d	ความเร็วที่ต้องการ	Desired speed	rpm
P	กำลัง	Power	watt
p	ระยะพิทช์	Pitch	mm
r	ความยาวรัศมี	Radius	m
R_D	ความน่าเชื่อถือที่ออกแบบ	Bearing reliability	-
S_e	ขีดจำกัดความทนทาน	Endurance Limit	Pa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T	โมเมนต์ตัด	torque	N.m
T_a	โมเมนต์บิดสลั้บ	Midrange torque	N.m
T_m	โมเมนต์บิดเฉลี่ย	Alternating torque	N.m
V	แรงเฉือน	Shear	N.m
X_D	อัตราส่วนอายุการใช้งานที่ ต้องการ	Multiple of rating life	-
ω	ความเร็วเชิงมุม	Angular velocity	rad/s
θ, β, γ	มุม	Angle	Degree, $^{\circ}$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

อ้อยเป็นผลผลิตทางอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก ในปีการผลิต 2560/61 ที่ผ่านมามีผลผลิตสูงถึง 135.89 ล้านตัน ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยนั้นมีทั้งแบบเตี๊ยมที่หลังโดยใช้เครื่องสางใบแบบแยกและการเผาใบก่อนการเก็บเกี่ยว ส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวเพื่อให้สะดวกต่อการกำจัดใบและเป็นวิธีที่ง่าย ในการเก็บเกี่ยวอ้อยนั้นผลผลิตส่วนใหญ่ 66.28% มาจากการเผาใบ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2560/61) และการเผาใบอ้อยนั้นมีข้อเสียคือ มีแนวโน้มก่อให้เกิดมลพิษส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้อ้อยสูญเสียน้ำหนักและคุณภาพความหวานที่ได้อีกด้วย และมีวัชพืชขึ้นเนื่องจากไม่มีเศษซากของใบอ้อยปกคลุมดิน

ในปัจจุบันเกษตรกรในไทยขาดแคลนการเข้าถึงเทคโนโลยีทางการเกษตรเป็นอย่างมาก เนื่องจากรถตัดอ้อยที่มีในปัจจุบันนั้นมีราคาสูงและหาซื้อได้ยาก รวมถึงการที่ผู้ผลิตในไทยยังมีน้อยราย ทำให้เกษตรกรมีตัวเลือกในการใช้งานไม่มากนัก เช่น เป็นเครื่องสางใบแบบแยกไม่รวมอยู่ในเครื่องตัดอ้อย แบบที่ไม่มีกระบะเก็บอ้อยหลังจากเก็บเกี่ยว หรือสามารถทำได้ครบวงจรแต่จำเป็นต้องใส่มอเตอร์เพิ่ม เป็นต้น ทำให้ไม่ตรงต่อจุดประสงค์ในการใช้งานและมีการใช้งานที่ซับซ้อน

ทางผู้จัดทำจึงเล็งเห็นความสำคัญในการวิจัย จึงได้เริ่มต้นปรับปรุงและพัฒนาโครงสร้างและระบบส่งกำลังของเครื่องตัดอ้อยที่สามารถสางใบออกและตัดโคนได้ รวมถึงมีกระบะรวมกองได้ หลังจากการเก็บเกี่ยวครบวงจรในเครื่องเดียว โดยมีต้นกำลังมาจากเพลลาอำนวยการกำลังเพียงอย่างเดียว และใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำ ทำให้เครื่องมีราคาไม่แพงและเข้าใจการทำงานของเครื่องได้ง่าย เพื่อที่จะลดปัญหาที่เกิดขึ้นข้างต้น

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาโครงสร้างการทำงานกลไกต่าง ๆ ของเครื่องตัดอ้อยที่ใช้ติดตั้งกับรถแทรกเตอร์
- 1.2.2 ออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดอ้อยที่ใช้ติดตั้งกับรถแทรกเตอร์
- 1.2.3 วิเคราะห์ความเสียหายของเครื่องตัดอ้อยให้ทำงานได้ราบรื่น
- 1.2.4 พัฒนาส่วนสางใบอ้อย และหัวสตุที่เหมาะสมในการใช้งานสางใบได้ดี สามารถกำจัดใบอ้อยได้มากถึง 80% ขึ้นไป
- 1.2.5 สามารถทำงานได้ตามความต้องการของเกษตรกร สามารถเก็บเกี่ยวต้นอ้อยได้ถึง 3,000 ต้นต่อวัน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ลดมลพิษจากการเผาอ้อย ซึ่งเป็นต้นเหตุในการเกิด PM 2.5
- 1.3.2 เข้าใจในการทำงานของกลไกต่าง ๆ ในรถตัดอ้อยทำให้รถตัดอ้อยทำงานได้อย่างราบรื่น
- 1.3.3 ลดการใช้พลังงานเนื่องจากมีต้นกำลังมาจากเพลลาอำนาจกำลังเพียงอย่างเดียว
- 1.3.4 ได้วัสดุที่ดีที่สุดในการนำไปใช้สางใบ
- 1.3.5 ต้นทุนในการสร้างต่ำ

1.4 ขอบเขตการศึกษา

- 1.4.1 พันธุ์อ้อยขอนแก่น 3 มีอายุ 10 เดือน ความสูงเฉลี่ย 3-4 เมตร ระยะห่างการปลูก 1.2 เมตร ทั้งการปลูกด้วยเครื่องหรือแรงคน
- 1.4.2 อ้อยปลูกที่จังหวัดชัยภูมิ ตำบลหนองบัวระเหว อำเภอหนองบัวระเหว
- 1.4.3 ใช้รถแทรกเตอร์ที่มีกำลัง 64.13 กิโลวัตต์ (86 แรงม้า)
- 1.4.4 ความเร็วรอบเพลลาส่งกำลัง (PTO) 540-1000 รอบต่อนาที
- 1.4.5 อ้อยเข้าโรงงานเพื่อนำไปใช้ในการผลิตน้ำตาล
- 1.4.6 คำนวณในสภาวะสมดุล (static) ไม่คำนวณการสั่นของเครื่อง
- 1.4.7 วัสดุที่ใช้ในการสร้างโครงเป็นเหล็กกล่องขนาด 5x5 เซนติเมตร หนา 5 มิลลิเมตร ความกว้างในการตัดอ้อย 0.8 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ทฤษฎีสางใบ

พบว่าแรงดึงใบเพิ่มขึ้นตามความสูงของต้นอ้อย และ บางช่วงของความสูงจะมีการเปลี่ยนแรงดึงอย่างฉับพลัน เนื่องจากใบอ้อยบริเวณนั้นยังอ่อนกว่า ใบอ้อยบริเวณช่วงที่ต่ำลงมาซึ่งแห้งกว่า

การทดสอบเครื่องสางใบอ้อยกับอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 พบว่าความเสียหายของตาอ้อยและลำอ้อย สัมพันธ์กับค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ความเร็วเชิงเส้นในแนวตั้งของลูกตีใบ และทิศทางการหมุนของลูกตีใบ ดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อใช้ความเร็วแทรกเตอร์ 2.09 กิโลเมตร/ชั่วโมง ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 0.5 เมตร/วินาที ทิศทางการหมุนของลูกตีใบหมุนตีขึ้นลำต้นอ้อยเสียหายน้อยที่สุด 1.45 % และตาอ้อยเสียหายน้อยที่สุด 1.38 % ขณะที่ความเร็วแทรกเตอร์ 1.39 กิโลเมตร/ชั่วโมง ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 0.3 เมตร/วินาที และทิศทางการหมุนของลูกตีใบหมุนตีลงลำต้นอ้อยจะเสียหายมากที่สุดซึ่งในการสางใบอ้อยทำพันธุ์นั้นถ้ามีกาบใบหุ้มตาอ้อยอยู่ส่วนใบแห้งหลุดออกและโคนอ้อยสะอาดถือว่าสามารถใช้ทำพันธุ์ได้ ความสะอาดจากการสางใบความหมายทั่วไปคือโคนอ้อยต้องสะอาด ใบแห้งควรหลุดออกจากลำทั้งหมดแต่ในกรณีสางใบเพื่อตัดอ้อยทำพันธุ์นั้น ถ้ามีกาบใบหุ้มตาอ้อยอยู่โดยที่ตาอ้อยและลำอ้อยไม่เสียหายและใบแห้งหลุดออกหมดถือว่าสะอาดเพียงพอในการตัดทำพันธุ์ได้ แต่ถ้าสางใบก่อนเก็บเกี่ยวประมาณ 1-2 เดือน เพื่อตัดอ้อยเข้าโรงงานจะสางใบออกทั้งหมดเพราะโรงงานน้ำตาลไม่สนใจความเสียหายของตาอ้อยและลำอ้อย ทำให้การใช้แทรกเตอร์ที่มีความเร็วสูงและทิศทางการหมุนของลูกตีใบลงจะเสียหายมากที่สุดและความเสียหายน้อยกว่า การใช้แทรกเตอร์ที่มีความเร็วต่ำ

ตารางที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพของการสางใบในอ้อยพันธุ์ขอนแก่น3

Table 1 Efficiency testing for the primary sugarcane leaf pruning machine with Khon Kaen 3 sugarcane cultivar

Forward speed (km h ⁻¹)	Linear Velocity (m s ⁻¹)	Direction of the Sugarcane Leaf Pruning Roller	Stalk's damage (%)	Seed bud's damage (%)
1.39(low1)	0.3	downward	3.17	2.43
1.39(low1)	0.3	upward	3.02	2.07
1.39(low1)	0.4	downward	2.14	2.13
1.39(low1)	0.4	upward	2.07	1.95
1.39(low1)	0.5	downward	1.93	1.86
1.39(low1)	0.5	upward	1.57	1.78
2.09(low2)	0.3	downward	2.63	2.13
2.09(low2)	0.3	upward	2.24	1.98
2.09(low2)	0.4	downward	2.03	1.82
2.09(low2)	0.4	upward	1.85	1.77
2.09(low2)	0.5	downward	1.93	1.67
2.09(low2)	0.5	upward	1.45	1.38

2.1.2 การเลือกใบมีด

ชุดใบมีดที่มีการจับยึดกึ่งอิสระ มุมของคมใบมีด 30 องศา สามารถตัดแต่งอ้อยได้ดีกว่าชุดใบมีดที่มีมุมของคมใบมีด 45 องศา ในการจับยึดแบบเดียวกัน และดีกว่าชุดใบมีดที่มีการจับยึดแบบอิสระ ทั้งที่มีมุมของคมใบมีด 30 และ 45 องศา คือสามารถตัดต่ออ้อยได้ 93.22% ของความยาวของต่ออ้อยก่อนการตัดแต่ง และมีรอยตัดขาดที่เรียบ โดยที่ต่ออ้อยไม่มีการโยกคลอน และเมื่อพิจารณาจากความสามารถในการทำงานของชุดตัดแต่งต่ออ้อย พบว่า การจับยึดแบบกึ่งอิสระ ที่มีมุมของคมใบมีด 40 องศาสามารถทำงานได้พื้นที่สูงกว่าการจับยึดในแบบเดียวกันมุมของคมใบมีด 30 องศา 0.38 ไร่ต่อชั่วโมง และการจับยึดแบบอิสระ มุมของคมใบมีด 30 องศา 0.47 ไร่ต่อชั่วโมง และมุมของคมใบมีดแบบ 40 องศา 0.49 ไร่ต่อชั่วโมง แต่เมื่อพิจารณาจากรอยตัดขาดแล้วชุดใบมีดที่จับยึดแบบกึ่งอิสระ มุมของคมใบมีด 30 องศา จะทำให้ต่ออ้อยเกิดความบอบช้ำน้อยกว่า ดังนั้น จากการออกแบบและพัฒนาชุดตัดแต่งต่ออ้อย พบว่า ชุดใบมีดที่จับยึดแบบอิสระ มุมของคมใบมีด 30 องศา มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้ตัดแต่งต่ออ้อย

2.1.3 แรงในการตัดต่ออ้อย

การวิเคราะห์การตัดเชิงกลที่ขึ้นกับขนาดของตัวแปร ค่าการตัดเชิงกลได้หาค่าโดยใช้เป็นฟังก์ชันของระดับความชื้นในต้นอ้อยตัวอย่าง เทียบกับขนาดของลำต้น โดยใช้พื้นที่หน้าตัดเพื่อเป็นตัวแปรบอกขนาดของต้นอ้อย ใช้ค่าความแข็งแรงเชิงกลต่าง ๆ เปรียบเทียบเชิงสถิติกับหลายๆขนาด และค่าระดับความชื้น

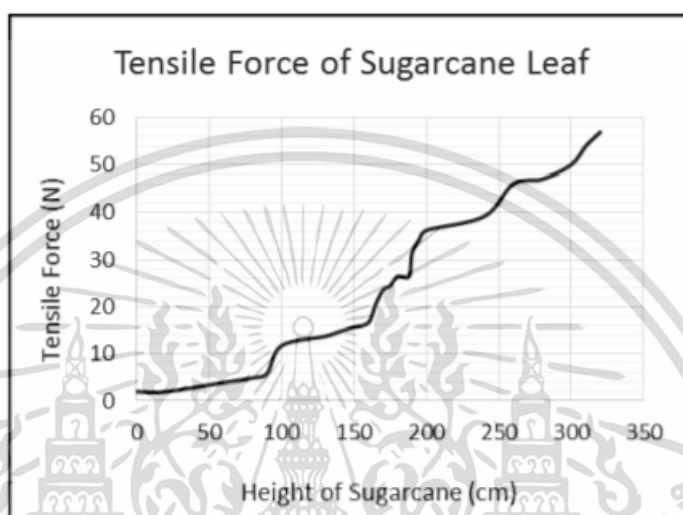
ตารางที่ 2 ผลของขนาดของลำต้นอ้อยที่เกิดขึ้นกับแรงตัดเชิงกลในค่าระดับความชื้นต่างๆ

Level of moisture content	Size	Area	Peak force (N)	Energy (kJ m)	Ultimate stress(MPa)	Specific energy (kJ m ⁻¹)
Low	Small	78.99±10.5Aa	814.05±192.32a A	3427.5±577.1aA	10.226±1.448aA	44.178±0.814aA
	Medium	12.84±19.68bA	969.21±113.44b A	5115.1±1171.4b A	7.785±0.93bA	40.744±7.439bA
	Large	278.38±25.37c A	1054±3421.3cA	5474.7±1430.4c A	3.874±1.565cA	26.226±7.753cA
Medium	Small	146.25±15.24a B	422.73±99.53aB	4705.6±1058.8a B	2.895±0.634aB	32.274±6.879aB
	Medium	214.59±9.22bB	578.03±62.28b B	6419.6±1647.4b B	2.689±0.186bB	29.756±6.627bB
	Large	314.37±13.86c B	698.96±150.59c B	7433±1826cB	2.215±0.402cB	23.554±5.16cB
High	Small	235.62±66.64a C	471.14±63.98aC	4091.7±853.92a C	2.068±0.364aC	17.657±1.553aC
	Medium	372.9±47.26bC	589.17±82.78b C	6137.1±896.86b C	1.615±0.39bC	16.780±3.849bC
	Large	478.39±42.98c C	690.49±225.74c C	7317.1±3316cC	1.4417±0.450cC	15.094±5.885cC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 แรงในการสาางใบอ้อย

จากการวัดแรงดึงใบอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อายุปลูก 8 เดือนโดยใช้เครื่องชั่งสปริงดึงทั้งใบและ กาบใบออกทำให้ทราบว่าแรงดึงใบจะเพิ่มขึ้นตามความสูงของต้นโดยบริเวณโคนต้นจะใช้แรงดึงน้อยกว่าด้านยอดต้นอ้อย เนื่องจากใบอ้อยมีสีเขียวจะเจริญเติบโตที่หลัง ใบอ้อยที่แห้งแล้วที่อยู่ต่ำลงมา ทำให้ความชันของกราฟเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงใบและความสูงของต้นอ้อย

2.2 สมการที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 สมการที่ในการคำนวณเฟืองและโซ่

$$P = F \times r \times \omega \quad (2.1)$$

$$P = \frac{2\pi n T}{60} \quad (2.2)$$

$$v = \frac{N \pi n}{1000} \quad (2.3)$$

$$F_t = \frac{P}{v} \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 สมการที่ใช้ในการคำนวณเพลลา

shaft diameter จากสมการ DE-Soderberg

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} [4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} M_a)^2]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{yt}} [4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} M_a)^2]^{\frac{1}{2}} \right\} \quad (2.5)$$

$$d = \left(\frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} [4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} M_a)^2]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{yt}} [4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} M_a)^2]^{\frac{1}{2}} \right\} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2.6)$$

กำหนดให้ $M_a = T_a = 0$ และ $M_a = T_m$ ได้จาก diagram

ตารางที่ 3 ค่า k_f และ k_{fs}

	Bending	Torsional	Axial
Shoulder fillet—sharp ($r/d = 0.02$)	2.7	2.2	3.0
Shoulder fillet—well rounded ($r/d = 0.1$)	1.7	1.5	1.9
End-mill keyseat ($r/d = 0.02$)	2.2	3.0	—
Sled runner keyseat	1.7	—	—
Retaining ring groove	5.0	3.0	5.0

หา S_e ได้จากสมการ

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S_e \quad (2.7)$$

หา Surface Factor k_a

$$k_a = a S_{ut}^b \quad (2.8)$$

ตารางที่ 4 ค่า k_a

Surface Finish	Factor a		Exponent b
	S_{ut} , kpsi	S_{ut} , MPa	
Ground	1.34	1.58	-0.085
Machined or cold-drawn	2.70	4.51	-0.265
Hotrolled	14.4	57.7	-0.718
As-forged	39.9	272.	-0.995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หา Size Factor k_b เนื่องจากยังไม่รู้ d ต้องเดาก่อน

$$k_b = \begin{cases} \left(\frac{d}{0.3}\right)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ in} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ in} \\ \left(\frac{d}{7.62}\right)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases} \quad (2.9)$$

หา Loading Factor k_c

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{bending} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsion} \end{cases} \quad (2.10)$$

ค่า temperature modification factor k_d

ตารางที่ 5 ค่า k_d

Temperature, °C	S_T / S_{RT}	Temperature, °F	S_T / S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1000	0.698
550	0.672	1100	0.567
600	0.549		

$$k_d = \frac{S_T}{S_{RT}} \quad (2.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า reliability factor k_e

ตารางที่ 6 ค่า k_e

Reliability, %	Transformation Variate z_α	Reliability Factor k_e
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

The Endurance Limit S'_e

$$S'_e = \begin{cases} 0.5S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1400 \text{ MPa} \end{cases} \quad (2.12)$$

2.2.3 สมการที่ใช้ในการคำนวณแบร์ริง

$$X_D = \frac{L}{L_{10}} = \frac{60L_D n_D}{L_R} \quad (2.13)$$

$$\frac{F_e}{V_{F_r}} = X_2 + Y_2 \frac{F_e}{V_{F_r}} \quad (2.14)$$

$$C_{10} = a_r F \left[\frac{X_D}{X_o + (\theta - X_o)(1 - R_D)^b} \right]^{\frac{1}{a}} \quad (2.15)$$

2.3 คุณสมบัติวัสดุ

2.3.1 เอ็นต์ดัทหญ้า ทำมาจากไนลอน (Nylon) หรือพอลิเอไมด์ (polyamide) ในแบบกลม แบบเหลี่ยม แบบแฉก และแบบสลิง ซึ่งมีคุณสมบัติ ทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดี แข็งแรงเหนียว ต้านทานแรงดึง และแรงฉีกขาดได้ดี ทนต่อการกัดกร่อนและการเสียดสี ไม่เสีयरูปร่างง่ายเหมาะสำหรับงานรับแรงมาก ๆ สามารถยืดหยุ่นได้ (flexible) และทนการบิดพับงอได้ดี

2.3.2 สายพานแบบร่อง A ทำมาจากโพลีเอสเตอร์ (Polyester) ตามแนวยาว และ ไนลอน (Nylon) ตามแนวขวาง ผ้าใบชั้นนอก (Canvas) ปกป้องส่วนภายใน เป็นผ้าใบฝ้ายอาบยางที่ทนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียดสีและการล้าสูง ยางรับแรงอัด (Cushion rubber) เป็นยางที่ทนทานต่อความร้อน และรับแรงอัดจากการขับกำลัง ยางยึดแรงเกาะเส้นด้าย (Adhesion rubber) เป็นส่วนที่ยึดเกาะเส้นด้ายรับแรงให้รักษาแนวที่ถูกต้องเสมอ และประสานส่วนของเส้นด้ายรับแรง และยางรับแรงอัดให้ยึดเกาะติดกันแน่น ชุดเส้นด้ายรับแรง (Tensile members) ส่วนใหญ่ทำจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์เป็นส่วนสำคัญในการส่งผ่านกำลัง โดยต้องทนต่อแรงดึงสูง ในขณะที่การยึดตัวต่ำและไม่ล้าตัวขณะขับกำลัง

2.3.3 แผ่นพีวีกันน้ำ (PVC water stop) ทำมาจากโพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride)

2.3.4 ซุปเปอร์ลีน ทำมาจากพอลิเอไมด์ (polyamide) ชนิดมีความหนาแน่นของโมเลกุลสูง ความทนทานต่อการสึกหรอสูงมาก ทนแรงกระแทก แรงเฉือนได้ดี มีความเหนียวหยุ่นตัวเล็กน้อย

2.3.5 ไฟเบอร์กลาส (Fiberglass) คุณสมบัติด้านความแข็งแรง ทนทาน ทนแรงดึงได้สูงมาก เป็นฉนวนความร้อนที่ดี เส้นใยแก้วไม่มีการดูดซึมน้ำ จึงไม่เกิดการหดตัวและไม่มีผลกระทบจากน้ำ

2.3.6 ลวดเหล็ก คุณสมบัติของลวดเหล็ก ที่มีความแข็งแรง ทนทาน

ตารางที่ 7 ค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบสาบใบ

	Mechanical	Tensile Strength (MPa)	Shear Strength (MPa)	Hardness Rockwell/Shore D	Flexural Modulus of Elasticity (MPa)
	ASTM	D638	D732	D785 / D2240	D790
เอ็นติดหญ้า	Extruded Nylon 66	82.74	68.94	M85(R115) / D80	3,102.64
ซุปเปอร์ลีน	Extruded Nylon 66	82.74	68.94	M85(R115) / D80	3,102.64
Fiberglass แท่ง	G10/FR-4 Glass Epoxy	275.79	131.00	M110	18,615.81
Urethane	Ether Polyurethane	31.72	-	A70	-
PVC waterstop	Polyvinyl Chloride plasticized	25.00	-	D70	-
สายพานร่องA	-	2,413.16	-	-	-
ลวดเหล็ก	JIS G3505; SWRM10	6,030.87	2,206.31	Brinell hardness (HBW) = 142	182,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Tensile Strength คือ ค่าความทนต่อแรงดึง หรือ ความเค้นสูงสุดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของวัสดุที่ได้รับจนเกิดการฉีกขาด

2. Shear Strength คือ แรงภายนอกที่มากระทำต่อวัสดุนั้นโดยพยายามทำให้วัสดุเกิดการขาดจากกันตามแนวระนาบที่ ขนานกับทิศทางของแรงนั้น

3. Hardness คือ ความต้านทานต่อแรงกด การขีดสีและการกลึงของวัสดุ ดังนั้นการทดสอบความแข็งจึงสามารถทำได้หลายวิธี แต่ในเชิงโลหะวิทยา การวัดความแข็งจะเป็นการทดสอบความสามารถของโลหะในการต้านทานต่อการแปรรูปถาวร เมื่อถูกแรงกดจากหัวกดกระทำลงบนชิ้นงานทดสอบ

4. ความต้านทานแรงดัด (Flexural strength) เป็นค่าที่บอกความสามารถในการรับแรงดัดสูงสุด หรือระดับความเค้นดัดสูงสุดที่เกิดขึ้นบริเวณผิวของชิ้นทดสอบ

มอดูลัสแรงดัด (Flexural modulus หรือ Modulus of elasticity of bending, EB) เป็นค่าที่ใช้บอกความแกร่ง (Stiffness) ของวัสดุซึ่งได้จากการศึกษาพฤติกรรมช่วงยืดหยุ่นระหว่างความเค้นและความเครียด โดยสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำและระยะยวบตัว

ตารางที่ 8 หลักการเลือกใช้ค่าความปลอดภัย

หลักการใช้งาน	ค่าความปลอดภัย (Safety Factor)
สำหรับวัสดุที่เชื่อถือได้มาก โดยภาระที่รับและสภาพแวดล้อมไม่รุนแรง และน้ำหนักเป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณา	1.3-1.5
สำหรับวัสดุที่เชื่อถือได้ โดยภาระที่รับและสภาพแวดล้อมไม่รุนแรง	1.5-2
สำหรับวัสดุทั่วไป โดยภาระที่รับและสภาพแวดล้อมไม่รุนแรง	2-2.5
สำหรับวัสดุเปราะ ไม่ใช่แรงมาก โดยภาระที่รับและสภาพแวดล้อมไม่รุนแรง	2.5-3
สำหรับวัสดุที่คุณสมบัติเชื่อถือไม่ได้ โดยภาระที่รับและสภาพแวดล้อมไม่รุนแรง หรือวัสดุที่เชื่อถือได้ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ลำบาก	3-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

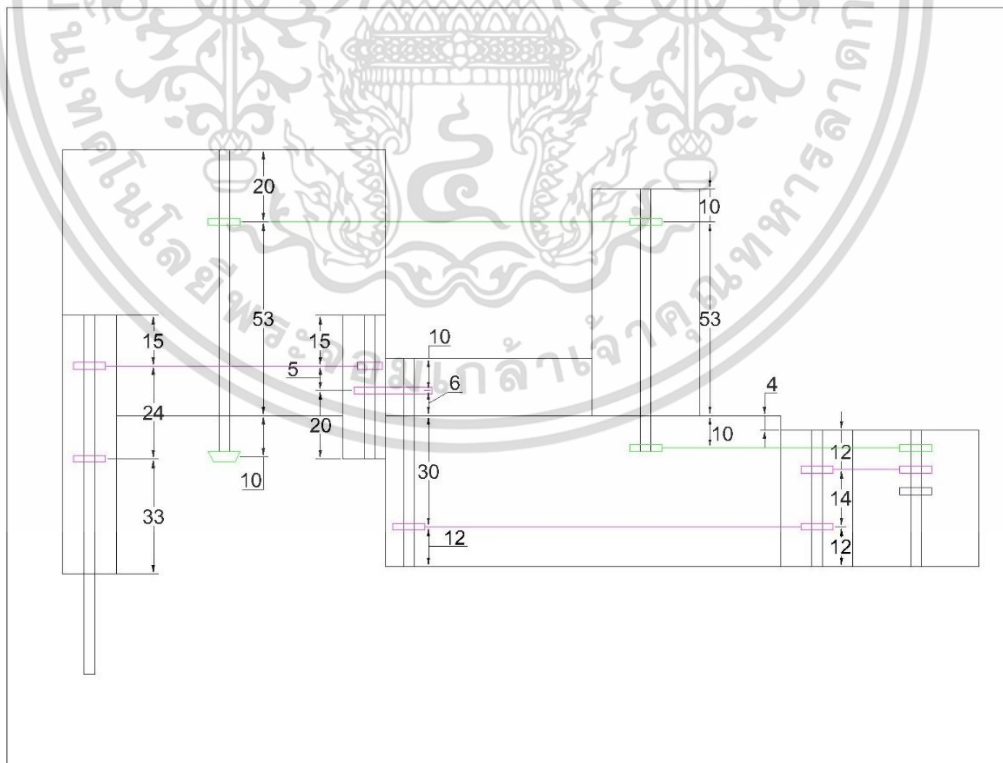
3.1 บทนำ

เป็นการบอกขั้นตอนในการออกแบบและการทดลองส่วนสางใบของรถตัดอ้อยในแต่ละขั้นตอนและการติดตามผลเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ให้ได้วัสดุในการสางใบที่ดี สามารถใช้งานได้นาน และหาซื้อได้ง่าย

3.2 การออกแบบโครงสร้าง

ต้นกำลังจากเพลลา PTO ส่งกำลังไปยังส่วนต่าง ๆ ของการทำงาน จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วนเพื่อหาวัสดุที่สามารถทนรับแรงที่เกิดขึ้นในส่วนต่าง ๆ ได้ และรวมแต่ละส่วนทั้งหมดเป็นโครงสร้างของรถตัดอ้อยที่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามขอบเขตที่วางไว้

3.2.1 การออกแบบเฟืองและโซ่ ตามแคตตาล็อก MISUMI และ Miter Gear ของ KHK



รูปที่ 2 ตำแหน่งเฟือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.1 ส่วนตัดโค่น

จากงานวิจัยแรงในการตัดโค่นสูงสุด = 1,055 N

ระยะห่างระหว่างเพลาลึงใบมีด $r = 0.5$ m

ความเร็วรอบของเพลา PTO = 540 rpm

ความเร็วรอบของใบมีดตัดโค่น = 337.5 rpm

อัตราทดเพลาPTO ใบมีดตัดโค่น 1.6:1

กำลังที่ใช้ในการตัดโค่น $P = F_{xr} \times \omega = 18.78$ kW

สัมประสิทธิ์การใช้งานจริง = 1.3, $P_{\text{คำนวณ}} = P_{\text{เลือกเฟือง}} = 18.78 \times 1.3 = 24.42$ kW

เพลา 1 $n = 540$ rpm

- เฟืองและโซ่ คู่เพลา1-2, $P_{\text{จริง}} = 18.78$ kW, $P_{\text{คำนวณ}} = 24.42$ kW

เลือก $N_{1-2} = 30\text{TCH}E80$, $p = 25.4$

$T = 332.13$ N*m

$v = \frac{Npn}{1000} = 6.86$ m/s

$F_t = \frac{P}{v} = 2.74$ kN

เพลา 2 $n = 337.5$ rpm

- เฟืองและโซ่ คู่เพลา2-1, $P_{\text{จริง}} = 18.78$ kW, $P_{\text{คำนวณ}} = 24.42$ kW

เลือก $N_{2-1} = 48\text{TCH}E80$

$T = 531.41$ N*m, $v = 6.858$ m/s, $F_t = 2.74$ kN

- เฟืองและโซ่ คู่เพลา2-3, $P_{\text{จริง}} = 18.78$ kW, $P_{\text{คำนวณ}} = 24.42$ kW

เลือก $N_{2-3} = 30\text{TCH}E80$

$T = 531.41$ N*m, $v = 4.29$ m/s, $F_t = 4.38$ kN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพลลา 3 $n=337.5$ rpm

- เฟืองและโซ่ คู่เพลลา3-2, $P_{จริง} = 18.78$ kW, $P_{คำนวณ} = 24.42$ kW

เลือก $N_{3-2} = 30TCHE80$

$T = 531.41$ N*m, $v = 4.29$ m/s, $F_t = 4.38$ kN

- เฟืองดอกจอกแบบ Straight 1:1 (Miter Gear) คู่เพลลา3-4, $P_{จริง} = 18.78$ kW

$$W_t = \frac{T}{r_{av}} \text{ หรือ } \frac{60000H}{\pi d n} = 7.09 \text{ kN} \text{ จะได้ } T = 531.41 \text{ N*m}$$

$$\gamma = \tan^{-1} \left(\frac{1}{1} \right) = 45^\circ$$

$$\Gamma = \tan^{-1} \left(\frac{1}{1} \right) = 45^\circ$$

$$W_{r_3} = W_t \tan \phi \cos \gamma = 7.09 \times \tan 20^\circ \cos 45^\circ = 1.82 \text{ kN} = W_{a_4}$$

$$W_{a_3} = W_t \tan \phi \sin \gamma = 7.09 \times \tan 20^\circ \sin 45^\circ = 1.82 \text{ kN} = W_{r_4}$$

เลือก MMS-30 ของ KHK, $d_p = 150$ mm, $T_{allow} = 558$ N

เพลลา 4 $n = 337.5$ rpm

- เฟืองดอกจอกแบบ Straight 1:1 (Miter Gear) คู่เพลลา4-3, $P_{จริง} = 18.78$ kW

$$W_t = 7.09 \text{ kN} \text{ จะได้ } T = 531.41 \text{ N*m}$$

$$W_{r_4} = 1.82 \text{ kN}, W_{r_3} = 1.82 \text{ kN}$$

เลือก MMS-30 ของ KHK, $d_p = 150$ mm, $T_{allow} = 558$ N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 ส่วนสายใบ

จากงานวิจัยใช้แรงโดยประมาณ

ตารางที่ 9 แรงที่ความสูงต่าง ๆ ของต้นอ้อย

ส่วนสายใบ	
ความสูง(cm)	แรง(N)
190	40
130	20
70	20

สำหรับวัสดุที่เชื่อถือได้ โดยภาระที่รับและสภาพแวดล้อมไม่รุนแรง กำหนดค่าความปลอดภัย = 1.5

ความยาววัสดุสายใบ(r)= 0.5 m

ความเร็วรอบของเพลา PTO = 540 rpm

ความเร็วรอบของเพลาสายใบ = 540 rpm

อัตราทดเพลาPTO ไปเพลาสายใบ 1:1

กำลังที่ใช้ในการสายใบ $P=1.5F \times r \times \omega = 3.39 \text{ kW}$ เมื่อสายใบทุกส่วนพร้อมกัน

สัมประสิทธิ์การใช้งานจริง = 1.3, $P_{\text{คำนวณ}} = P_{\text{เลือกเฟือง}} = 4.41 \text{ kW}$

เพลา 1 $n = 540 \text{ rpm}$

- เฟืองและโซ่ คู่เพลา1-2, $P_{\text{จริง}} = 3.39 \text{ kW}$, $P_{\text{คำนวณ}} = 4.41 \text{ kW}$

เลือก $N_{1-2} = 10\text{TCHE60}$, $p = 19.05$, $m = 0.49 \text{ kg}$

$$P = \frac{2\pi n T}{60} \text{ จะได้ } T = 60 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$v = \frac{N p n}{1000} = 1.71 \text{ m/s}$$

$$F = 1.98 \text{ kN}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพลา 2 $n = 540$ rpm

- เฟืองและโซ่ คู่เพลา 2-1, $P_{\text{จริง}} = 3.39$ kW, $P_{\text{คำนวณ}} = 4.41$ kW

เลือก $N_{2-1} = 10\text{TCHE60}$

$T = 60$ N*m, $v = 1.71$ m/s จะได้ $F = 1.98$ kN

- เฟืองและโซ่ คู่เพลา 2-3, $P_{\text{จริง}} = 3.39$ kW, $P_{\text{คำนวณ}} = 4.41$ kW

เลือก $N_{2-3} = 10\text{TCHE60}$

$T = 60$ N*m, $v = 1.71$ m/s จะได้ $F = 1.98$ kN

เพลา 3 $n = 540$ rpm

- เฟืองและโซ่ คู่เพลา 3-2, $P_{\text{จริง}} = 3.39$ kW, $P_{\text{คำนวณ}} = 4.41$ kW

เลือก $N_{3-2} = 10\text{TCHE60}$

$T = 60$ N*m, $v = 1.71$ m/s จะได้ $F = 1.98$ kN

- Spur gear คู่เพลา 3-4, $P_{\text{จริง}} = H = 3.39$ kW

$$F_t = \frac{60000H}{\pi d n} = 3.0 \text{ kN}, F_r = F_t \tan 20^\circ = 109.2 \text{ N}, T = 60 \text{ N*m},$$

จึงเลือกใช้เฟืองตรง 20TGeahb2.5, $d_p = 40$ mm, $T_{\text{allow}} = 61.98$ N*m,

เพลา 4 $n = 540$ rpm

- Spur gear คู่เพลา 4-3 20TGeahb2.5, $P_{\text{จริง}} = H = 3.39$ kW

- เฟืองและโซ่ คู่เพลา 4-5, $P_{\text{จริง}} = 3.39$ kW, $P_{\text{คำนวณ}} = 4.41$ kW

เลือก $N_{4-5} = 10\text{TCHE60}$

$T = 60$ N*m, $v = 1.71$ m/s จะได้ $F = 1.98$ kN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพลลา 5 $n = 540$ rpm

- เฟืองและโซ่ คู่เพลลา5-4, $P_{\text{จริง}} = 3.39$ kW, $P_{\text{คำนวณ}} = 4.41$ kW

เลือก $N_{5-4} = 10\text{TCHE60}$

$T = 60$ N*m, $v = 1.71$ m/s จะได้ $F = 1.98$ kN

- เฟืองและโซ่ คู่เพลลา5-6, $P_{\text{จริง}} = 2.54$ kW, $P_{\text{คำนวณ}} = 3.31$ kW

เลือก $N_{5-6} = 9\text{TCHE60}$

$T = 45$ N*m, $v = 1.54$ m/s จะได้ $F = 1.65$ kN

เพลลา 6 $n = 540$ rpm

- เฟืองและโซ่ คู่เพลลา6-5, $P_{\text{จริง}} = 2.54$ kW, $P_{\text{คำนวณ}} = 3.31$ kW

เลือก $N_{6-5} = 9\text{TCHE60}$

$T = 45$ N*m, $v = 1.54$ m/s จะได้ $F = 1.65$ kN

- เฟืองและโซ่ คู่เพลลา6-7, $P_{\text{จริง}} = 1.7$ kW, $P_{\text{คำนวณ}} = 2.2$ kW

เลือก $N_{6-7} = 9\text{TCHE60}$

$T = 30$ N*m, $v = 1.54$ m/s จะได้ $F = 1.1$ kN

เพลลา 7 $n = 540$ rpm

- เฟืองและโซ่ คู่เพลลา7-6, $P_{\text{จริง}} = 1.7$ kW, $P_{\text{คำนวณ}} = 2.2$ kW

เลือก $N_{7-6} = 9\text{TCHE60}$

$T = 30$ N*m, $v = 1.54$ m/s จะได้ $F = 1.1$ kN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.3 ไฮดรอลิก

ความเร็วรอบของเพลา PTO = 540 rpm

ความเร็วรอบของเพลาไฮดรอลิก = 1,300 rpm

อัตราทดเพลา PTO ไปเพลาสางใบ 1:2.4

กำลังสูงสุดของไฮดรอลิก ที่ความเร็วรอบประมาณ 1,300 rpm $P = 28 \text{ kW}$

สัมประสิทธิ์การใช้งานจริง = 1.3, $P_{\text{คำนวณ}} = P_{\text{เลือกเฟือง}} = 36.4 \text{ kW}$

เพลา 1 (PTO) $n = 540$

- เฟืองและโซ่ คู่เพลา PTO-ไฮดรอลิก, $P_{\text{จริง}} = 28 \text{ kW}$, $P_{\text{คำนวณ}} = 36.4 \text{ kW}$

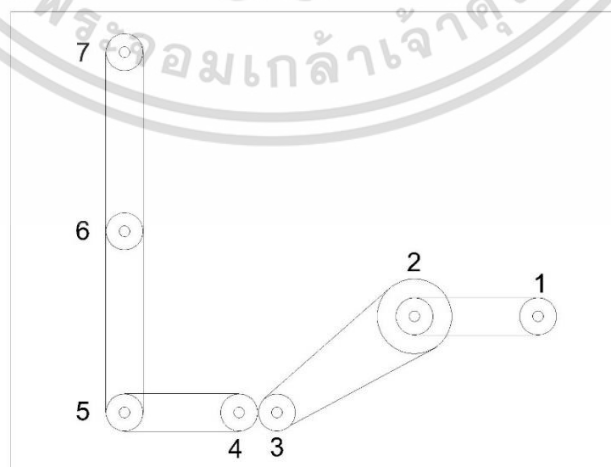
เลือก $N_{\text{PTO}} = 60\text{TCHE}80$

$T = 206.3 \text{ N}\cdot\text{m}$, $v = 13.716 \text{ m/s}$, $F = 2.04 \text{ kN}$

เลือก $N_{\text{HY}} = 25\text{TCHE}80$

3.2.2 การออกแบบเพลา

คำนวณแรงเพื่อเลือกใช้ขนาดเพลา

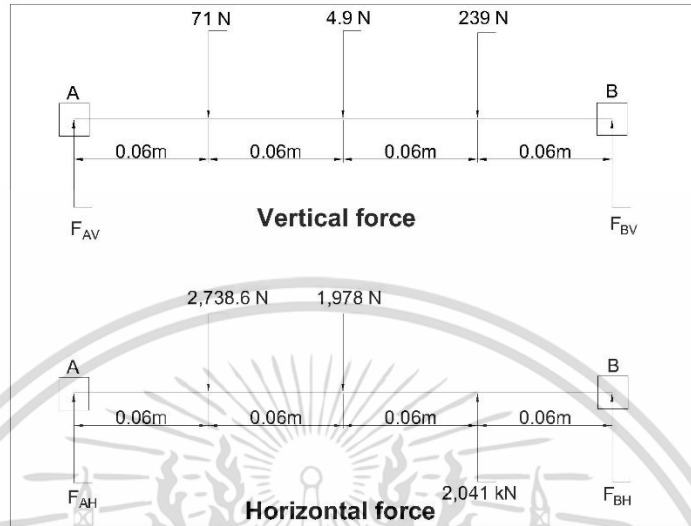


รูปที่ 3 ตำแหน่งเพลาสางใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

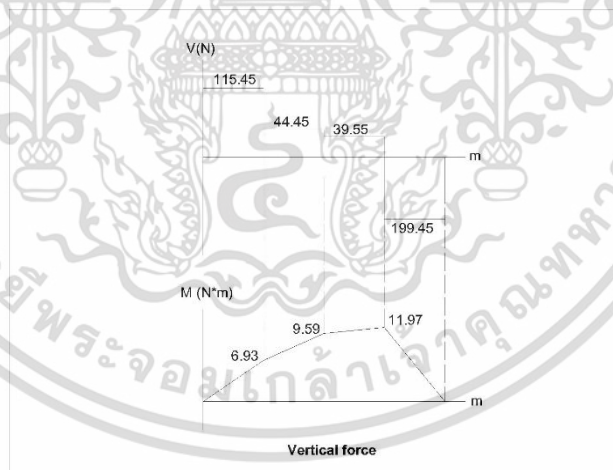
3.2.2.1 เพลاتัดโคน

เพลاتัดโคน 1



รูปที่ 4 แรงในเพลاتัดโคน 1

Vertical



รูปที่ 5 แรงในแนวแกน Vertical

$$M_A=0 ; (71 \times 6) + (4.9 \times 12) + (239 \times 18) = F_B^V \times 24$$

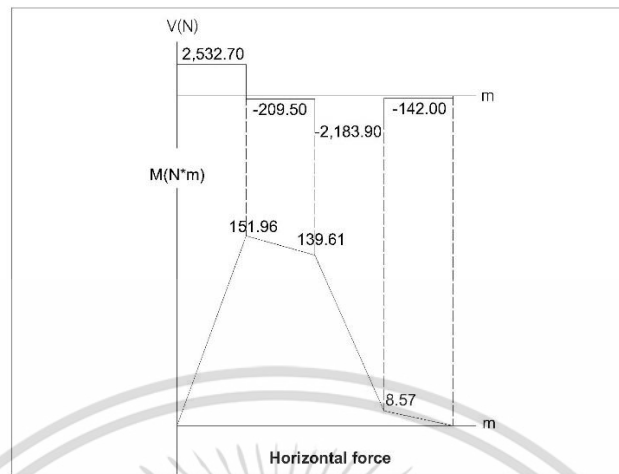
$$F_B^V = 199.45 \text{ N}$$

$$F=0 ; F_A^V + F_B^V = 71 + 55 + 4.9$$

$$F_A^V = 115.45 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Horizon



รูปที่ 6 แรงในแนวแกน Horizon

$$M_A = 0 ; (2,738.60 \times 6) + (1,978 \times 12) - (2,041 \times 18) = F_B^H \times 24$$

$$F_B^H = 142.90 \text{ N}$$

$$F = 0 ; F_A^H + F_B^H = 2,738.6 - 2,041 + 1,978$$

$$F_A^H = 2,532.70 \text{ N}$$

$$M_a = 152.02 \text{ N*m} \quad T_m = 598.43 \text{ N*m} \quad T_a = 0 \quad M_m = 0$$

เหล็ก AISI Type 304 Stainless Steel จะได้ $S_{ut} = 505 \text{ MPa}$, $S_y = 215 \text{ MPa}$

$$k_a = aS_{ut}^b \text{ จากตาราง 2 จะได้ } k_a = 0.09217$$

$$k_b = 0.9$$

$$k_c = 0.59 \text{ (Torsion)}$$

$$k_d = 1 \text{ (250°C)}$$

$$k_e = 0.814 \text{ (99\%)}$$

$$S_e' = 700 \text{ MPa (} S_{ut} > 1400 \text{ MPa)}$$

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S_e' = 27.89 \text{ MPa}$$

$$k_f = 2.7, k_{fs} = 2.2 \text{ (Shoulder fillet—sharp (} r/d = 0.02))$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$d = \left(\frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} M_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{yt}} \left[4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} M_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (9)$$

d = 6.70 cm

เลือกใช้เพลานขนาด 7 cm

เพลาดัดโค่น 2



รูปที่ 8 แรงในแนวแกน Vertical

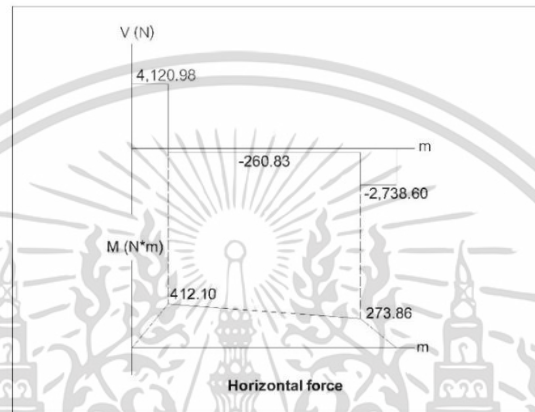
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M_C=0 ; (F_D^V \times 63) = (161 \times 73) + (71 \times 10)$$

$$F_D^V = 197.83 \text{ N}$$

$$F=0 ; F_C^V = 34.18 \text{ N}$$

Horizon



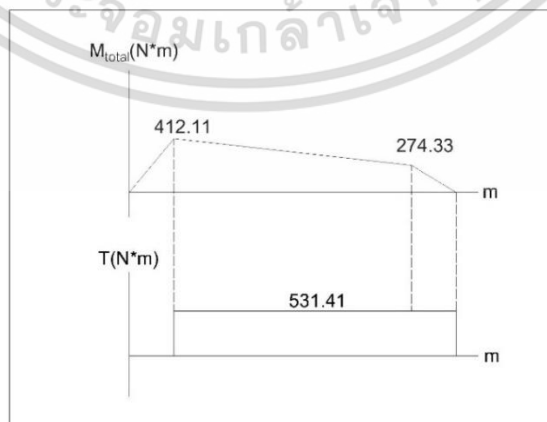
รูปที่ 9 แรงในแนวแกน Horizon

$$M_C=0 ; (4,381.80 \times 10) + (F_D^H \times 63) - (2,738.60 \times 73) = 0$$

$$F_D^H = 2,477.78 \text{ N}$$

$$F=0 ; F_C^H = 4,120.98 \text{ N}$$

เนื่องจากค่า S_{ut} S_y k_a k_b k_c k_d k_e k_f S_e S_e k_f k_{fs} มีค่าเท่ากัน



รูปที่ 10 ค่า T และ M ส่วนตัดโคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

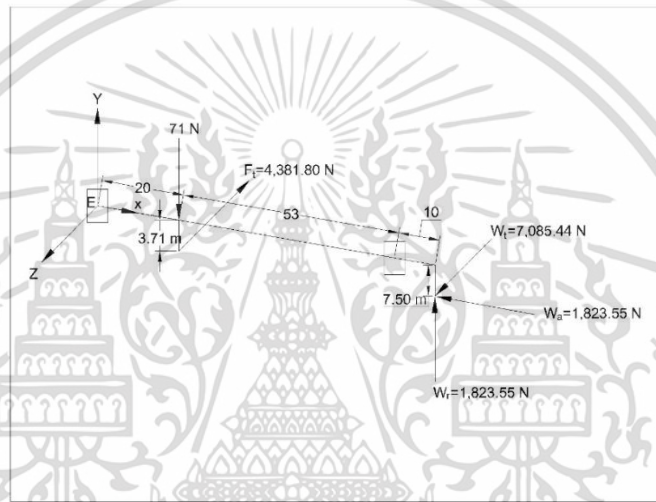
$M_a = 412.11 \text{ N}\cdot\text{m}$ $T_m = 531.41 \text{ N}\cdot\text{m}$ $T_a = 0$ $M_m = 0$

$d = 8.80 \text{ cm}$

เลือกใช้เพลานขนาด 9 cm

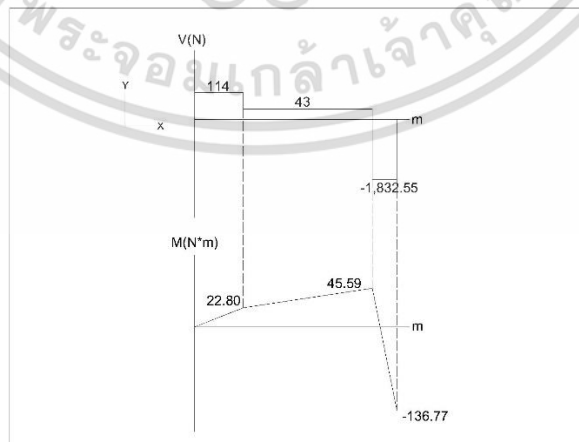
เพลาดัดโค่น 3

สมมติ I แบริ่ง e รับแรงในแนวแกน $F_e^x = W_a = 1,823.55 \text{ N}$



รูปที่ 11 แรงในส่วนตัดโค่น

แกน X-Y



รูปที่ 12 แรงในแนวแกน X-Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M_z=0 ; (F_f^y \times 73) + (W_r \times 83) - (W_a \times 7.5) - (71 \times 20) = 0$$

$$F_f^y = -1,866.55 \text{ N}$$

$$F_y=0 ; F_e^y - 71 + F_f^y + W_r = 0$$

$$F_e^y = 114.00 \text{ N}$$

แกน X-Z



รูปที่ 13 แรงในแนวแกน X-Z

$$M_y=0 ; (F_f^z \times 73) - (F_t \times 20) + (W_t \times 83) = 0$$

$$F_f^z = -6,855.56 \text{ N}$$

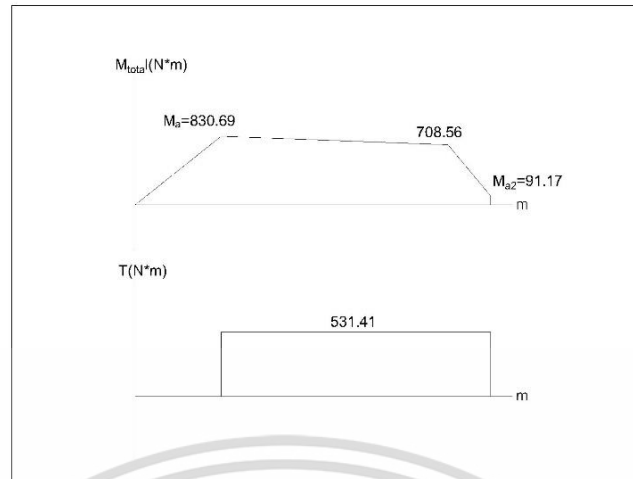
$$F_z=0 ; F_e^z - F_t + F_f^z + W_t = 0$$

$$F_e^z = 4,151.92 \text{ N}$$

สมมติ II แปรง f รับแรงในแนวแกน $F_f^x = W_a = 1,823.55 \text{ N}$

เนื่องจากค่า S_{ut} S_y k_a k_b k_c k_d k_e k_f S_e' S_e k_f k_{fs} มีค่าเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14 ค่า T และ M ส่วนตัดโคน

$$M_{a1} = 834.69 \text{ N*m} \quad T_m = 531.41 \text{ N*m} \quad T_a = 0 \quad M_m = 0$$

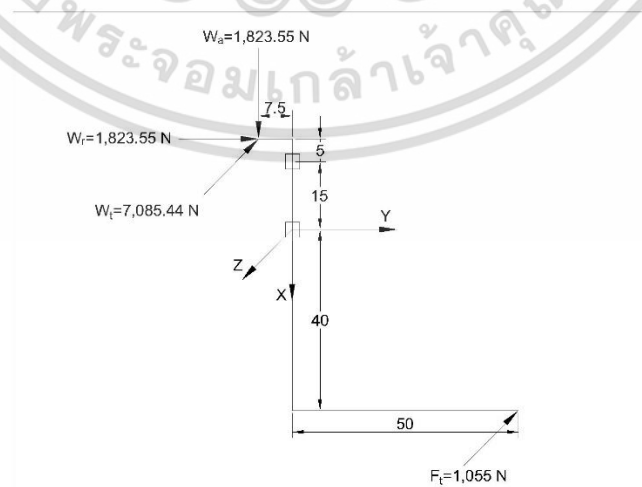
$$d = 10.9 \text{ cm}$$

เลือกใช้เพลขนาด 11 cm

$$M_{a2} = 91.18 \text{ N*m}, d = 5.9 \text{ cm} \quad (M_{a2} \text{ คือที่วางเฟืองดอกจอก})$$

เพลตัดโคน 4

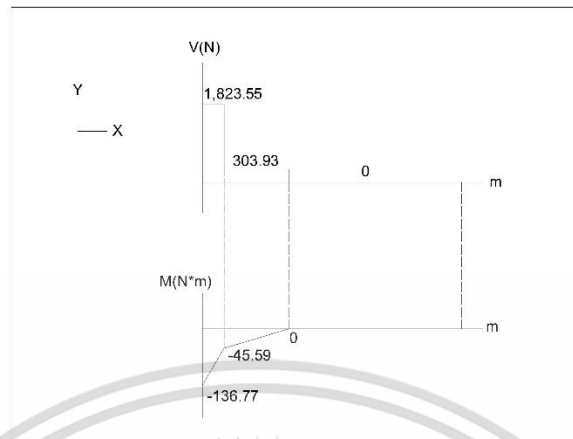
สมมติ I แบริ่ง g รับแรงในแนวแกน $F_g^y = W_a = 1,823.55 \text{ N}$



รูปที่ 15 แรงในส่วนตัดโคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แกน X-Y



รูปที่ 16 แรงในแนวแกน X-Y

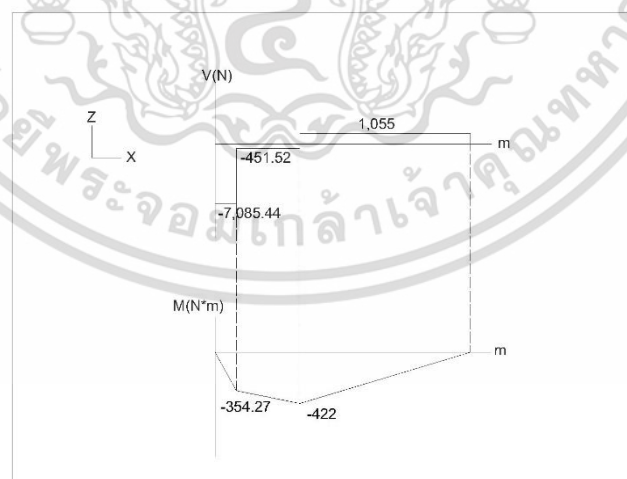
$$M_z = 0 ; (F_g^y \times 15) + (W_r \times 20) - (W_a \times 7.5) = 0$$

$$F_g^y = -1,519.63 \text{ N}$$

$$F_y = 0 ; F_h^y + F_g^y + W_r = 0$$

$$F_h^y = -303.93 \text{ N}$$

แกน X-Z



รูปที่ 17 แรงในแนวแกน X-Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M_y=0 ; (F_g^z \times 15) + (W_t \times 20) - (F_t \times 40) = 0$$

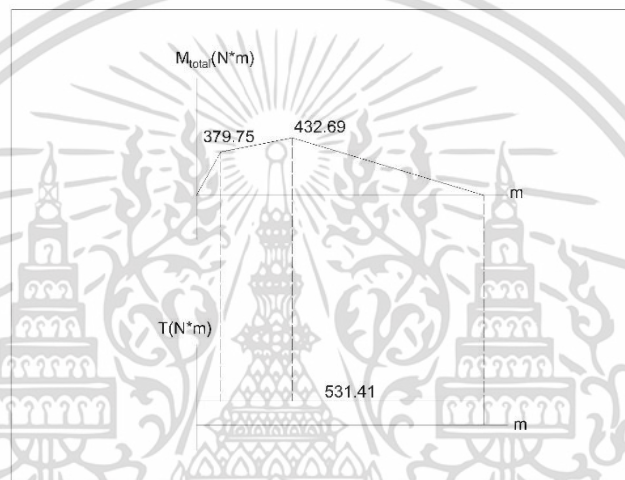
$$F_g^z = 6,633.92 \text{ N}$$

$$F_z=0; F_h^z + F_t + F_g^z + W_t = 0$$

$$F_h^z = 1,506.52 \text{ N}$$

$$\text{สมมติ II แบริ่ง h รับแรงในแนวแกน } F_h^x = W_a = 1,823.55 \text{ N}$$

เนื่องจากค่า S_{ut} S_y k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e S_e k_f k_{fs} มีค่าเท่ากัน



รูปที่ 18 ค่า T และ M ส่วนตัดโคน

$$M_{a1} = 432.69 \text{ N}\cdot\text{m} \quad T_m = 531.41 \text{ N}\cdot\text{m} \quad T_a = 0 \quad M_m = 0$$

$$d = 8.9 \text{ cm}$$

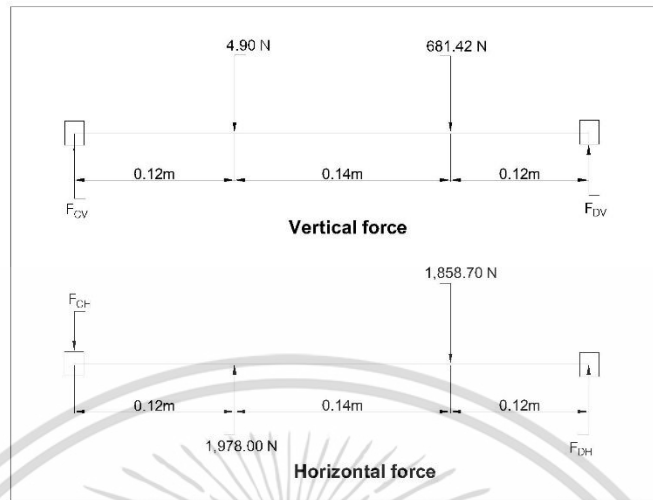
เลือกใช้เพลขนาด 9 cm

3.2.2.2 สางใบ

เพลาสาง 1 คือ เพลตัดโคน 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพลาสาง 2



รูปที่ 19 แรงในเพลาสาง 2

Vertical



รูปที่ 20 แรงในแนวแกน Vertical

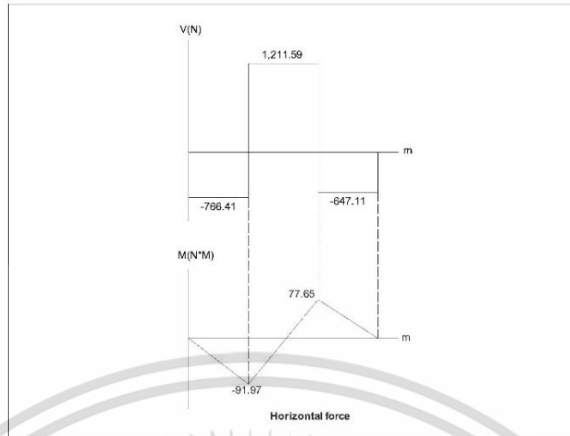
$$M_C = 0 ; (F_D \times 38) = (4.9 \times 12) + (681.42 \times 26)$$

$$F_D = 467.78 \text{ N}$$

$$F = 0 ; F_C = 218.59 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Horizon



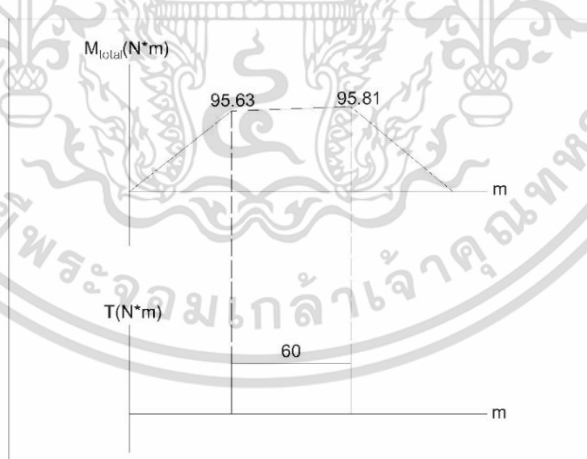
รูปที่ 21 แรงในแนวแกน Horizon

$$M_c = 0 ; (F_D \times 38) = (1,858.7 \times 26) - (1,978 \times 12)$$

$$F_D = 647.11 \text{ N}$$

$$F = 0 ; F_C = 766.41 \text{ N}$$

เนื่องจากค่า S_{ut} S_y k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e S_e k_f k_{fs} มีค่าเท่ากัน



รูปที่ 22 แรง T และ M ในเพลลา 2

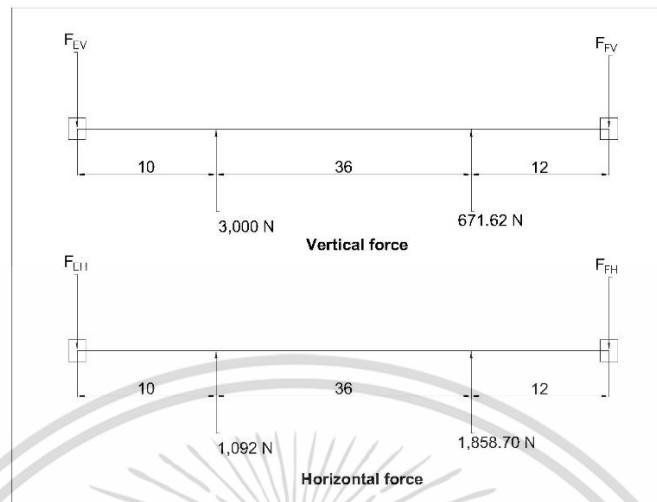
$$M_a = 95.81 \text{ N*m} \quad T_m = 60 \text{ N*m} \quad T_a = 0 \quad M_m = 0$$

$$d = 5.30 \text{ cm}$$

เลือกใช้เพลลาขนาด 6 cm

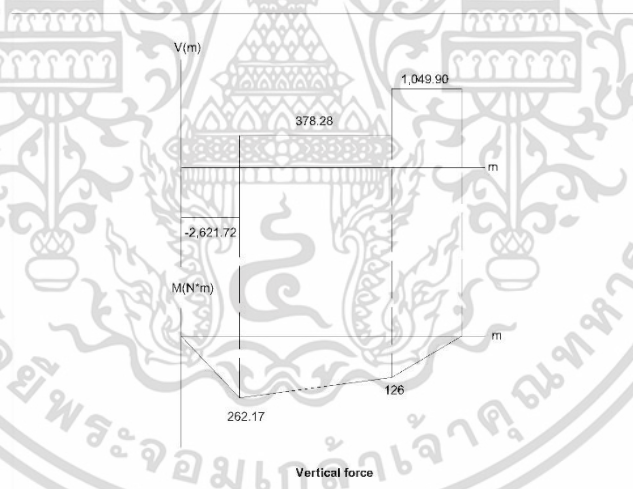
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพลาสาง 3



รูปที่ 23 แรงในเพลาสาง 3

Vertical



รูปที่ 24 แรงในแนวแกน Vertical

$$M_E = 0 ; (F_F \times 58) = (3,000 \times 10) + (671.62 \times 46)$$

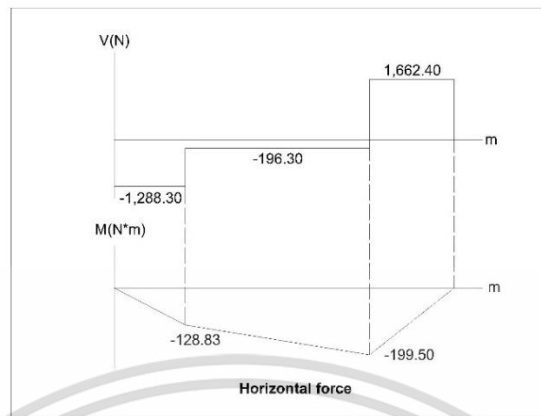
$$F_F = 1,049.90 \text{ N}$$

$$F = 0 ; F_E + F_F = 3,000 + 671.62$$

$$F_E = 2,621.72 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Horizon



รูปที่ 25 แรงในแนวแกน Horizon

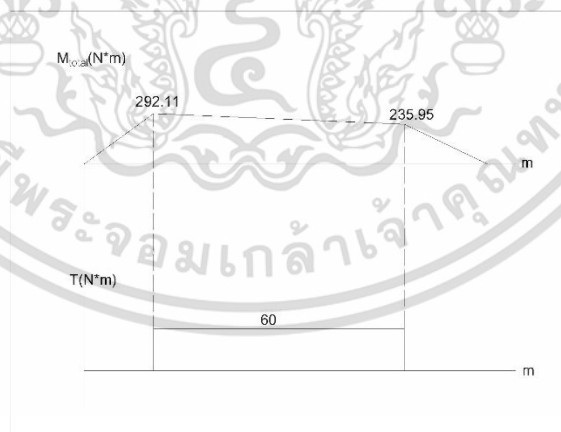
$$M_E = (F_F \times 58) = (1,092 \times 10) + (1,858.70 \times 46)$$

$$F_F = 1,662.40 \text{ N}$$

$$F = 0 ; F_E + F_F = 1,092 + 1,858.7$$

$$F_F = 1,288.30 \text{ N}$$

เนื่องจากค่า S_{ut} S_y k_a k_b k_c k_d k_e k_f S_e S_e k_f k_{fs} มีค่าเท่ากัน



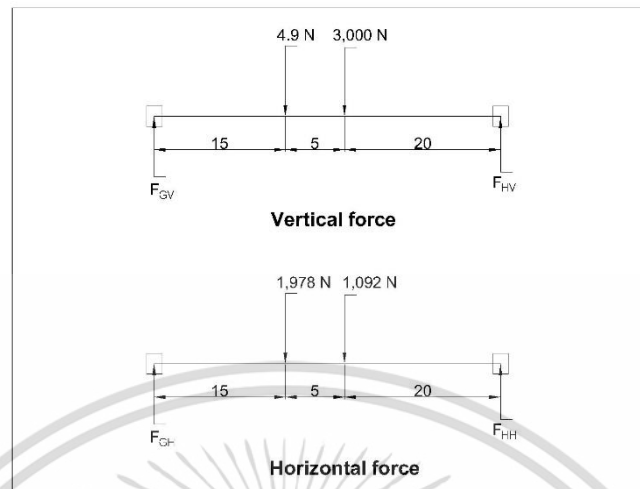
รูปที่ 26 แรง T และ M ในเพลลา 3

$$M_a = 292.11 \text{ N*m} \quad T_m = 60 \text{ N*m} \quad T_a = 0 \quad M_m = 0$$

$$d = 7.6 \text{ cm}$$

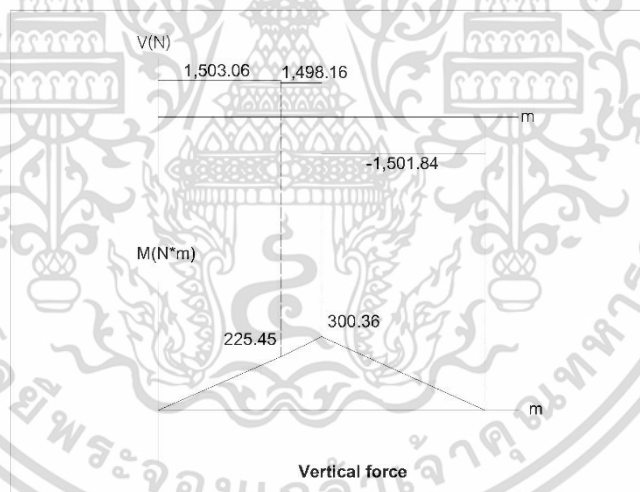
เลือกใช้เพลลาขนาด 8 cm
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพลาสาง 4



รูปที่ 27 แรงในเพลาสาง 4

Vertical



รูปที่ 28 แรงในแนวแกน Vertical

$$M_G = 0 ; (F_H \times 40) = (3,000 \times 20) + (4.9 \times 15)$$

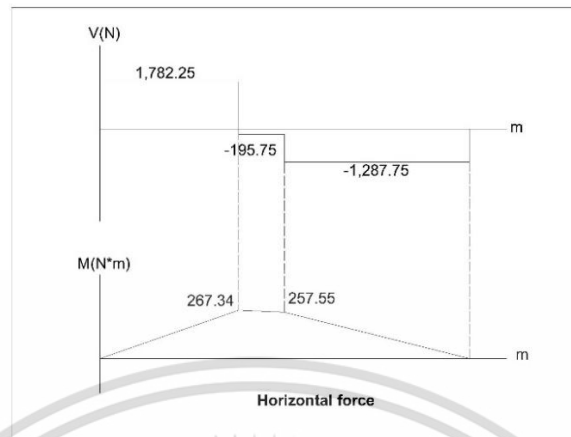
$$F_H = 1,501.84 \text{ N}$$

$$F = 0 ; F_G = 3,000 + 4.9 - 1,501.84$$

$$F_G = 1,503.06 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Horizon



รูปที่ 29 แรงในแนวแกน Horizon

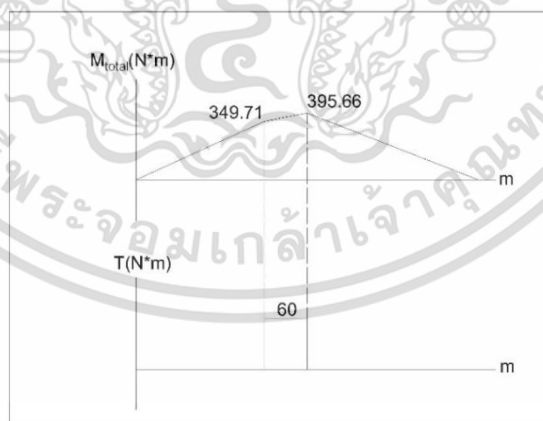
$$M_G=0 ; (F_H \times 40) = (1,978 \times 15) + (1,092 \times 20)$$

$$F_H = 1,287.75 \text{ N}$$

$$F=0 ; F_G = 1978 + 1092 - 1287.75$$

$$F_G = 1,782.25 \text{ N}$$

เนื่องจากค่า S_{ut} S_y k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e S_e k_f k_{fs} มีค่าเท่ากัน



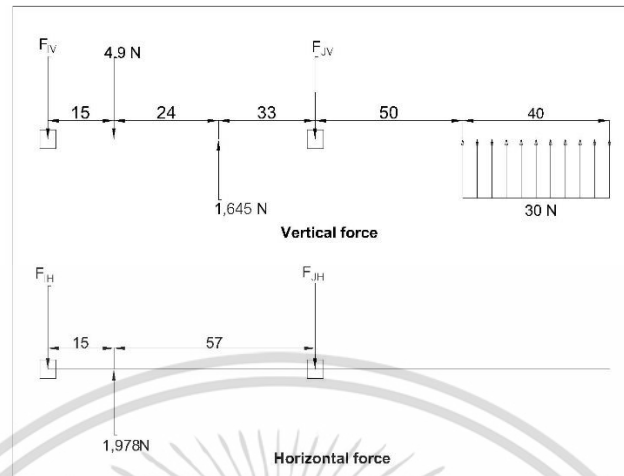
รูปที่ 30 แรง T และ M ในเพลลา 4

$$M_a = 395.66 \text{ N*m} \quad T_m = 60 \text{ N*m} \quad T_a = 0 \quad M_m = 0$$

$$d = 8.40 \text{ cm}$$

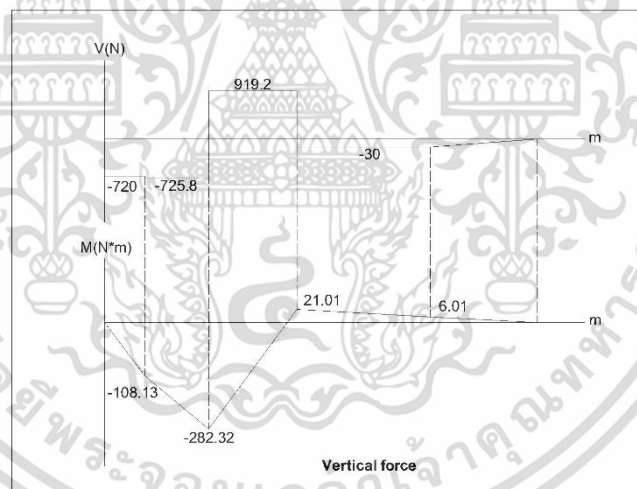
เลือกใช้เพลลาขนาด 8.5 cm
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพลาสาง 5



รูปที่ 31 แรงในเพลาสาง 5

Vertical



รูปที่ 32 แรงในแนวแกน Vertical

$$M_1 = 0 ; (F_j \times 72) = (1,645 \times 39) + (142 \times 30) - (4.9 \times 15)$$

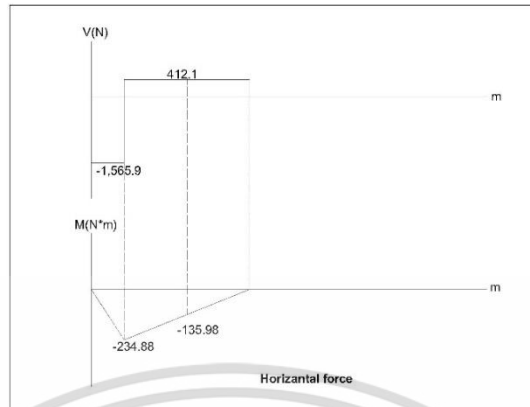
$$F_j = 949.2 \text{ N}$$

$$F = 0 ; F_1 + F_j = 1645 + 30 - 4.9$$

$$F_1 = 720.90 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Horizon



รูปที่ 33 แรงในแนวแกน Horizon

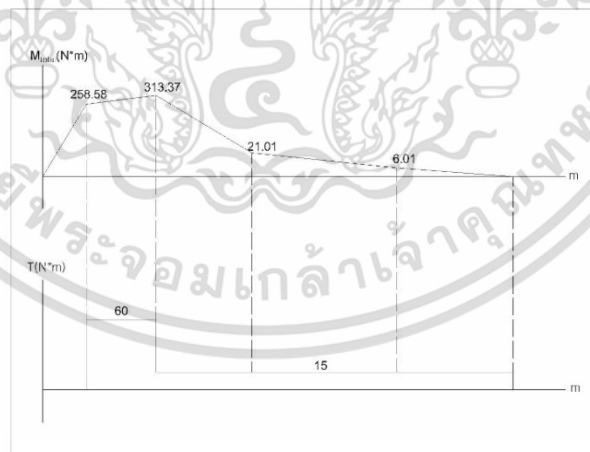
$$M_l = 0 ; (F_j \times 72) = (1,978 \times 15)$$

$$F_j = 412.10 \text{ N}$$

$$F = 0 ; F_l + F_j = 1,978$$

$$F_l = 1,565.90 \text{ N}$$

เนื่องจากค่า S_{ut} S_y k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e S_e k_f k_{fs} มีค่าเท่ากัน



รูปที่ 34 แรง T และ M ในเพลลา 5

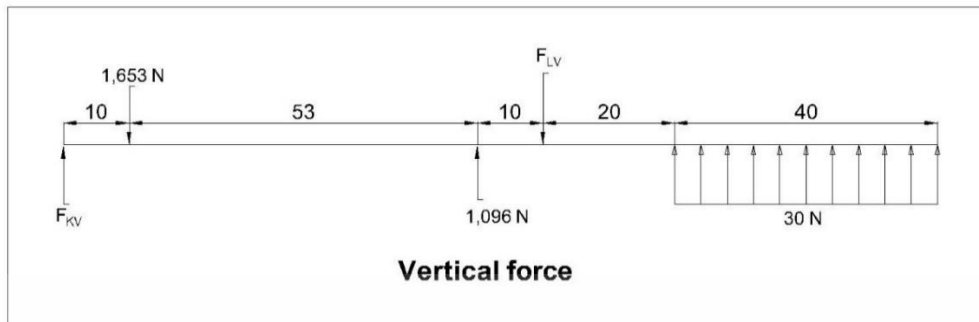
$$M_a = 313.37 \text{ N*m} \quad T_m = 60 \text{ N*m} \quad T_a = 0 \quad M_m = 0$$

$$d = 7.78 \text{ cm}$$

เลือกใช้เพลลาขนาด 8 cm

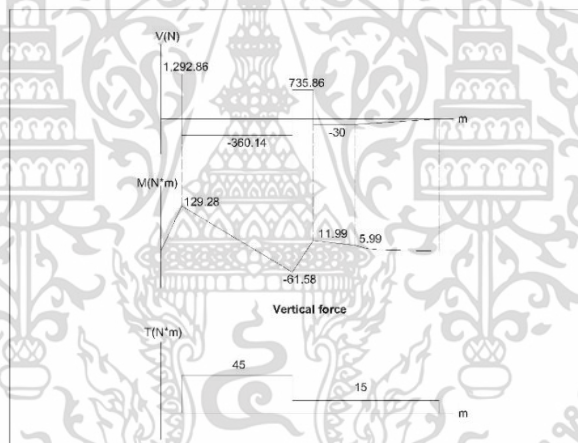
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพลลา 6



รูปที่ 35 แรงในเพลลา 6

Vertical



รูปที่ 36 แรงในแนวแกน Vertical

$$M_K = 0 ; (F_L \times 73) = (1,096 \times 63) + (113 \times 30) - (1,653 \times 10)$$

$$F_L = 765.86 \text{ N}$$

$$F = 0 ; F_K - F_L = 1,653 - 1,096 - 30$$

$$F_K = 1,292.86 \text{ N}$$

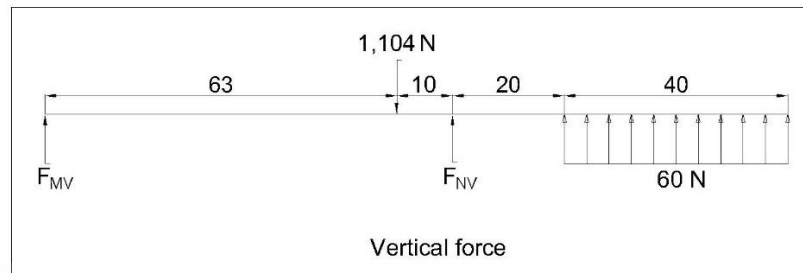
เนื่องจากค่า S_{ut} S_y k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e S_e k_f k_{fs} มีค่าเท่ากัน

$$M_a = 129.28 \text{ N*m} \quad T_m = 45 \text{ N*m} \quad T_a = 0 \quad M_m = 0$$

$d = 5.8 \text{ cm}$ จึงเลือกใช้เพลลาขนาด 6 cm

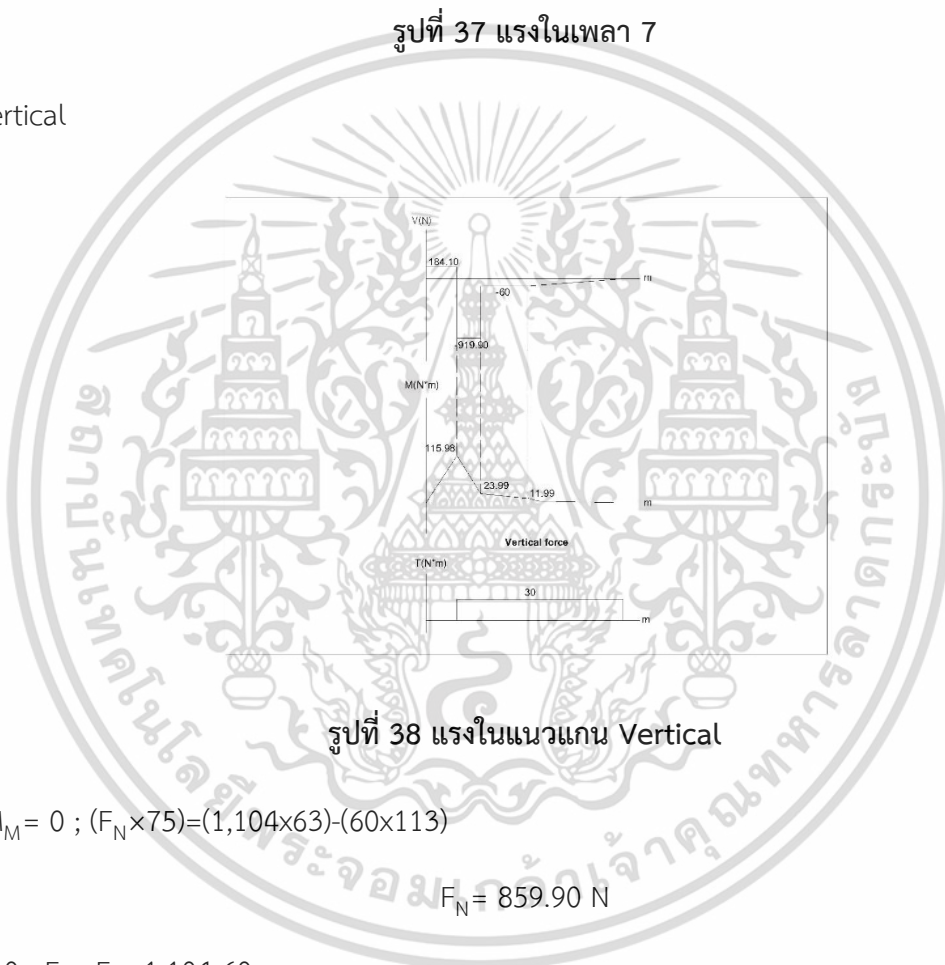
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพลลา 7



รูปที่ 37 แรงในเพลลา 7

Vertical



รูปที่ 38 แรงในแนวแกน Vertical

$$M_M = 0 ; (F_N \times 75) = (1,104 \times 63) - (60 \times 113)$$

$$F_N = 859.90 \text{ N}$$

$$F = 0 ; F_M + F_N = 1,104 - 60$$

$$F_M = 184.1 \text{ N}$$

เนื่องจากค่า S_{ut} S_y k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e S_e k_f k_{fs} มีค่าเท่ากัน

$$M_a = 115.98 \text{ N*m} \quad T_m = 30 \text{ N*m} \quad T_a = 0 \quad M_m = 0$$

$$d = 5.6 \text{ cm}$$

เลือกใช้เพลลาขนาด 6 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การออกแบบแบริ่ง จาก Catalog SKF

3.2.3.1 ตัดโค่น

เพลาคัดโค่น 1 $n = 540$ rpm มีแบริ่ง 2 ตัว กำหนดให้ $R = 0.9$

- แบริ่ง A

จากแรงที่มี load ในแนวรัศมี $F = \sqrt{69.45^2 + 2,532.70^2} = 2,533.65$ N

ค่าความน่าเชื่อถือ $R_D = \sqrt{0.9} = 0.95$

อายุการใช้งานแบริ่ง $X_D = \frac{L}{L_{10}} = \frac{60L_D n_d}{L_R}$ (10)

$L_D = 20$ kh เลือกจากตาราง

$L_R = 10^6$ (SKF)

$X_D = 648$

$$C_{10} = a_r F L \left[\frac{X_D}{X_o + (\theta - X_o)(1 - R_D)^b} \right]^a \quad (11)$$

จากการเลือกใช้ SKF

จะได้ $X_D = 0.02$, $(\theta - X_o) = 4.44$, $b = 1.48$ กำหนดแฟกเตอร์โหลด (a_r) = 1.5, แบริ่งเม็ดกลม $a = 3$

$C_{10} = 38.80$ kN

จึงเลือกใช้แบริ่ง 6014-2RS1 (SKF) 70 mm, $D = 110$, $C_r = 39.70$, $C_{or} = 31$

- แบริ่ง B

$F = 155.50$ N, $R_D = 0.95$, $X_D = 648$

$C_{10} = 2.38$ kN

จึงเลือกใช้แบริ่ง 61814-2RS1 (SKF) 70 mm, $D = 90$, $C_r = 12.4$, $C_{or} = 13.2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพลาดัดโค่น 2 $n = 337.5$ rpm มีแบริ่ง 2 ตัว กำหนดให้ $R = 0.9$

- แบริ่ง C

$$F = 4,121.12 \text{ N}, R_D = 0.95, X_D = 405$$

$$C_{10} = 53.96 \text{ kN}$$

จึงเลือกใช้แบริ่ง 6018-2RS1 (SKF) 90 mm, $D = 140$, $C_r = 60.50$, $C_{or} = 50$

- แบริ่ง D

$$F = 2.49 \text{ kN}, R_D = 0.95, X_D = 405$$

$$C_{10} = 32.55 \text{ kN}$$

จึงเลือกใช้แบริ่ง 6018-2RS1 (SKF) 90 mm, $D = 140$, $C_r = 60.50$, $C_{or} = 50$

เพลาดัดโค่น 3 $n = 337.5$ rpm มีแบริ่ง 2 ตัว กำหนดให้ $R = 0.9$

- แบริ่ง E

$$F_a = 1.82 \text{ kN}, F_r = 4.15 \text{ kN}, R_D = 0.95, X_D = 405$$

$$\text{กำหนด } X_2 = 0.56, Y_2 = 1.63$$

$$\frac{F_e}{V_{F_r}} = X_2 + Y_2 \frac{F_a}{V_{F_r}} = 1.276, F_e = 5.30 \text{ kN}$$

$$C_{10} = 69.4 \text{ kN}$$

จึงเลือกใช้แบริ่ง 6022-2RS1 (SKF) 110 mm, $D = 170$, $C_r = 87.20$, $C_{or} = 73.5$

เมื่อลองคำนวณอีกรอบจะได้ $C_{10} = 79.71 \text{ kN}$ สามารถใช้แบริ่งตัวเดิมได้

- แบริ่ง F

$$F_a = 1.82 \text{ kN}, F_r = 7.11 \text{ kN}, R_D = 0.95, X_D = 405$$

$$F_e = 6.95 \text{ kN}$$

$$C_{10} = 91.02 \text{ kN}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงเลือกใช้แบริ่ง 6222-2RS1 (SKF) 110 mm, $D = 220$, $C_r = 151$, $C_{or} = 118$

เมื่อลองคำนวณอีกรอบจะได้ $C_{10} = 104.05$ kN สามารถใช้แบริ่งตัวเดิมได้

เพลาดัดโคน 4 $n = 337.5$ rpm มีแบริ่ง 2 ตัว กำหนดให้ $R = 0.9$

- แบริ่ง E

$$F_a = 1.82 \text{ kN}, F_r = 6.81 \text{ kN}, R_D = 0.95, X_D = 405$$

$$\text{กำหนด } X_2 = 0.56, Y_2 = 1.63$$

$$\frac{F_e}{V_{F_r}} = X_2 + Y_2 \frac{F_a}{V_{F_r}} = 1.276, F_e = 6.78 \text{ kN}$$

$$C_{10} = 88.83 \text{ kN}$$

จึงเลือกใช้แบริ่ง 6218-2RS1 (SKF) 90 mm, $D = 160$, $C_r = 101$, $C_{or} = 73.5$

เมื่อลองคำนวณอีกรอบจะได้ $C_{10} = 99.18$ kN สามารถใช้แบริ่งตัวเดิมได้

- แบริ่ง F

$$F_a = 1.82 \text{ kN}, F_r = 1.54 \text{ kN}, R_D = 0.95, X_D = 405$$

$$F_e = 3.83 \text{ kN}$$

$$C_{10} = 50.19 \text{ kN}$$

จึงเลือกใช้แบริ่ง 6018-2RS1 (SKF) 90 mm, $D = 140$, $C_r = 60.5$, $C_{or} = 50$

เมื่อลองคำนวณอีกรอบจะได้ $C_{10} = 56.76$ kN สามารถใช้แบริ่งตัวเดิมได้

3.2.3.2 สางใบ

เพลาสาง 1 = เพลาดัดโคน 1

เพลาสาง 2 $n = 540$ rpm มีแบริ่ง 2 ตัว กำหนดให้ $R = 0.9$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบริ่ง C

$$F = 797 \text{ N}, R_D = 0.95, X_D = 648$$

$$C_{10} = 12.20 \text{ kN}$$

จึงเลือกใช้แบริ่ง 61911-2RS1 (SKF) 55 mm, $D = 80$, $C_r = 16.50$, $C_{or} = 14$

- แบริ่ง D

$$F = 798.5 \text{ N}, R_D = 0.95, X_D = 648$$

$$C_{10} = 12.23 \text{ kN}$$

จึงเลือกใช้แบริ่ง 61911-2RS1 (SKF) 55 mm, $D = 80$, $C_r = 16.50$, $C_{or} = 14$

เพลาสาง 3 $n = 540 \text{ rpm}$ มีแบริ่ง 2 ตัว กำหนดให้ $R = 0.9$

- แบริ่ง C

$$F = 2.92 \text{ kN}, R_D = 0.95, X_D = 648$$

$$C_{10} = 44.74 \text{ kN}$$

จึงเลือกใช้แบริ่ง 6016-2RS1 (SKF) 80 mm, $D = 125$, $C_r = 49.40$, $C_{or} = 40$

- แบริ่ง F

$$F = 1.97 \text{ kN}, R_D = 0.95, X_D = 648$$

$$C_{10} = 30.11 \text{ kN}$$

จึงเลือกใช้แบริ่ง 6016-2RS1 (SKF) 80 mm, $D = 125$, $C_r = 49.40$, $C_{or} = 40$

เพลาสาง 4 $n = 540 \text{ rpm}$ มีแบริ่ง 2 ตัว กำหนดให้ $R = 0.9$

- แบริ่ง G

$$F = 2.33 \text{ kN}, R_D = 0.95, X_D = 648$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C_{10} = 35.71 \text{ kN}$$

จึงเลือกใช้แบริ่ง 6017-2RS1 (SKF) 85 mm, $D = 130$, $C_r = 52$, $C_{or} = 43$

- แบริ่ง H

$$F = 1.98 \text{ kN}, R_D = 0.95, X_D = 648$$

$$C_{10} = 30.30 \text{ kN}$$

จึงเลือกใช้แบริ่ง 6017-2RS1 (SKF) 85 mm, $D = 130$, $C_r = 52$, $C_{or} = 43$

เพลาสาง 5 $n = 540 \text{ rpm}$ มีแบริ่ง 2 ตัว กำหนดให้ $R = 0.9$

- แบริ่ง I

$$F = 1.72 \text{ kN}, R_D = 0.95, X_D = 648$$

$$C_{10} = 26.40 \text{ kN}$$

จึงเลือกใช้แบริ่ง 6016-2RS1 (SKF) 80 mm, $D = 125$, $C_r = 49.40$, $C_{or} = 40$

- แบริ่ง J

$$F = 1.03 \text{ kN}, R_D = 0.95, X_D = 648$$

$$C_{10} = 15.85 \text{ kN}$$

จึงเลือกใช้แบริ่ง 61916-2RS1 (SKF) 80 mm, $D = 110$, $C_r = 251$, $C_{or} = 20.4$

เพลาสาง 6 $n = 540 \text{ rpm}$ มีแบริ่ง 2 ตัว กำหนดให้ $R = 0.9$

- แบริ่ง K

$$F = 1.29 \text{ kN}, R_D = 0.95, X_D = 648$$

$$C_{10} = 19.80 \text{ kN}$$

จึงเลือกใช้แบริ่ง 6012-2RS1 (SKF) 60 mm, $D = 95$, $C_r = 30.40$, $C_{or} = 23.2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบริ่ง L

$$F = 765.86 \text{ N}, R_D = 0.95, X_D = 648$$

$$C_{10} = 11.73 \text{ kN}$$

จึงเลือกใช้แบริ่ง 61812-2RS1 (SKF) 60 mm, $D = 78$, $C_r = 11.9$, $C_{or} = 11.4$

เพลาสาง 7 $n = 540 \text{ rpm}$ มีแบริ่ง 2 ตัว กำหนดให้ $R = 0.9$

- แบริ่ง M

$$F = 184.1 \text{ kN}, R_D = 0.95, X_D = 648$$

$$C_{10} = 2.82 \text{ kN}$$

จึงเลือกใช้แบริ่ง 61812-2RS1 (SKF) 60 mm, $D = 78$, $C_r = 11.9$, $C_{or} = 11.4$

- แบริ่ง N

$$F = 859.90 \text{ N}, R_D = 0.95, X_D = 648$$

$$C_{10} = 13.17 \text{ kN}$$

จึงเลือกใช้แบริ่ง 61912-2RS1 (SKF) 60 mm, $D = 85$, $C_r = 16.5$, $C_{or} = 12$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการดำเนินการ

3.3.1 ศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของอ้อย รถแทรกเตอร์ และการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยวิธีการต่างๆ ในประเทศไทยและจุดประสงค์ในการนำไปใช้งาน

3.3.2 ออกแบบโครงสร้างของรถตัดอ้อยโดยพัฒนามาจากรถต้นแบบที่มีต้นทุนในการสร้างต่ำโดยมีกลไก ดังนี้

3.3.2.1 ส่วนสางใบอ้อย ใช้ในการสางใบให้อ้อยสะอาดเพื่อเข้าโรงงาน

3.3.2.2 ส่วนตัดโคนอ้อย

3.3.2.3 ส่วนไฮดรอลิก ในส่วนลำเลียงและตัดยอด

3.3.3 คำนวณแรงที่เกิดขึ้นในการทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ เพื่อเลือกเฟือง โช้ เพลา และแบร็งให้สามารถทนรับแรงได้

3.3.4 ทำการทดสอบเดินเครื่องเปล่า จากนั้นลงไร่จริง และทดสอบวัสดุที่ใช้ในการสางใบและเครื่องตัดอ้อยในการใช้งานจริง โดยใช้เกณฑ์ในการทดสอบในหัวข้อ 3.4

3.3.5 บันทึกสอบข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในการทำงาน และนำไปปรับปรุงแก้ไขเครื่องตัดอ้อยจากการทดสอบ

3.3.6 เลือกวัสดุสางใบให้ดีขึ้น สามารถใช้งานได้นาน และหาซื้อได้ง่าย โดยพิจารณาจากคุณสมบัติวัสดุ

3.3.7 สรุปผลการทำงานของเครื่องตัดอ้อย

3.4 การทดสอบเครื่องตัดอ้อย

การตัดใช้ต้นกำลังเป็นรถแทรกเตอร์ที่มีกำลัง 64.13 กิโลวัตต์ (86 แรงม้า) ทดสอบที่ความเร็วรอบ 2 แบบ คือรอบต่ำ 540 รอบต่อนาที และรอบสูง 1,000 รอบต่อนาที แบ่งเป็น 3 หัวข้อ ดังนี้

3.4.1 การทดสอบเดินเครื่องเปล่า

- อัตราทดความเร็วรอบของเพลา PTO ต่อเพลาที่ใช้ในการสางใบเป็น 1:10
- เกณฑ์การทดสอบคือ สังเกตการทำงานโดยรวมของเครื่อง ความต่อเนื่องของกลไก และวัดความเร็วรอบของแต่ละเพลา เพื่อนำมาแก้ไขข้อบกพร่องก่อนนำไปใช้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 39 การเชื่อมต่อรถแทรกเตอร์กับเครื่องตัดอ้อย

3.4.2 การทดสอบโดยการเก็บเกี่ยวที่ไร่จริง

- ทดสอบการเก็บเกี่ยวกับต้นอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ในพื้นที่จังหวัดชัยภูมิ โดยปรับลดอัตราทดความเร็วรอบของเพลา PTO ต่อเพลาที่ใช้ในการสางใบเป็น 1:2 และ 1:1 ตามลำดับ
- เกณฑ์การทดสอบคือ การทำงานโดยรวมของเครื่อง และคุณภาพการเก็บเกี่ยว



รูปที่ 40 การทดสอบการเก็บเกี่ยวอ้อยในไร่จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 41 การทดสอบการเก็บเกี่ยวอ้อยในไร่จริงหลังจากปรับปรุงเครื่อง

3.4.3 การทดสอบวัสดุสางใบ




- ใช้วัสดุที่สามารถซื้อได้ทั่วไปนำมาทดลอง ใช้ความยาวของวัสดุสางใบ 0.5 เมตร
- เกณฑ์การทดสอบคือ ประสิทธิภาพการสางใบ และความคงทนของระยะเวลาในการทำงาน




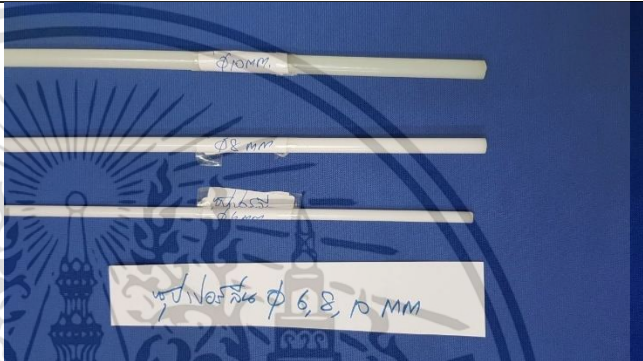


รูปที่ 42 ตัวอย่างการติดตั้งวัสดุสางใบ

- รายชื่อวัสดุที่ใช้ในการทดลองสางใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุ	รูปภาพ
เอ็นตัดหญ้าแบบกลม ขนาดหน้าตัด 3 มม.	 <p>รูปที่ 43 เอ็นตัดหญ้าแบบกลม ขนาดหน้าตัด 3 มม.</p>
เอ็นตัดหญ้าแบบเหลี่ยม ขนาดหน้าตัด 3 มม.	 <p>รูปที่ 44 เอ็นตัดหญ้าแบบเหลี่ยม ขนาดหน้าตัด 3 มม.</p>
สายพานร่องA	 <p>รูปที่ 45 สายพานร่องA</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<p>PCV waterstop</p>	 <p>รูปที่ 46 PCV waterstop</p>
<p>ซูปเปอร์ลีน ขนาดหน้าตัด 6, 8 และ 10 มม.</p>	 <p>รูปที่ 47 ซูปเปอร์ลีนขนาดหน้าตัด 6, 8 และ 10 มม.</p>
<p>ยูรีเทน</p>	 <p>รูปที่ 48 ยูรีเทน</p>
<p>ไฟเบอร์กลาส</p>	 <p>รูปที่ 49 ไฟเบอร์กลาส</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลวดเหล็ก ขนาดหน้าตัด 6 มม.



รูปที่ 50 ลวดเหล็ก ขนาดหน้าตัด 6 มม.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 การทดสอบ

การทดสอบเครื่องตัดอ้อย ทางผู้จัดทำได้ทำการแยกผลของการทดสอบออกเป็น 3 ส่วน คือ การทดสอบเดินเครื่องเปล่า การทดสอบโดยนำไปตัดอ้อยจริงในไร่ และการทดสอบเพื่อหาวัสดุสางใบ โดยเฉพาะ โดยใช้งานในรอบของความเร็วเพลลาอำนวยการกำลังต่ำ(540 รอบต่อนาที) และที่ความเร็วรอบสูง(1,000 รอบต่อนาที)

4.2 ผลการทดสอบ

4.2.1 การทดสอบเดินเครื่องเปล่า

ใช้อัตราทดความเร็วรอบของเพลลา PTO ต่อเพลลาที่ใช้ในการสางใบเป็น 1:10 โดยใช้งานในรอบของความเร็วเพลลาอำนวยการกำลังต่ำ(540 รอบต่อนาที) และที่ความเร็วรอบสูง(1,000 รอบต่อนาที)

ตารางที่ 10 การทดสอบเดินเครื่องเปล่า

ปัญหา	การแก้ไข
1. อัตราทดเฟืองสางใบเป็น 1:10 ทำให้เครื่องมีการสั่นอย่างรุนแรง	ปรับลดอัตราทดเฟืองลง เป็น 1:2 และ 1:1 ตามลำดับ รอททดสอบผลกับการตัดอ้อยจริง
2. โช้ห้อยเล็กน้อย ทำให้หลุดออกจากเฟืองส่งกำลังง่าย	ติดตั้งล้อดึงโช้ให้โช้ตึง
3. ตัวเครื่องเอียงเมื่อทำการยกเพื่อเคลื่อนย้าย	ย้ายฐานล้อใหม่เพื่อปรับสมดุล
4. วัสดุที่ใช้ในการสางใบพันกัน	หาวัสดุสางใบเพื่อนำมาทดลองเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 51 การเชื่อมเพลาPTOกับเครื่องตัดอ้อย

4.2.2 การตัดอ้อยที่ไร้ทดลอง

ตารางที่ 11 การตัดอ้อยที่ไร้ทดลอง

ปัญหา	การแก้ไข
1. ใบอ้อยที่เหลือจากการสางใบเข้าไปพันกับเพลลาที่ใช้หมุนในการสางใบ	ใส่ที่กั้นให้เพลลาที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ใบพันกับเพลลาได้ยาก
2. ใบอ้อยที่เหลือจากการสางหล่นลงไปติดในโซ่ เฟือง และแบร์ริง	สร้างที่ครอบเพื่อป้องกันส่วนต่างๆ
3. เพลลาสางใบที่ฝั่งซ้ายอยู่ใกล้คนขับมาก อาจทำให้คนขับเกิดอันตรายได้	ปรับให้เหลือที่เพลลาสางใบไว้ด้านขวาเพียงด้านเดียว
4. บริเวณโคนต้นอ้อยมีเศษใบหลงเหลืออยู่เล็กน้อย	เพิ่มที่สางใบด้านล่างก่อนเข้ากระบะ
5. อ้อยบางต้นล้มไปด้านหน้า ไม่เข้าสู่สายพานลำเลียง	เลื่อนจานตัดโคนอ้อยไปด้านหลังเพื่อให้สายพานลำเลียงหนีบต้นอ้อยก่อนทำการตัดโคน
6. การขับเคลื่อนระยะให้แนวต้นอ้อยเข้าสู่สายพานลำเลียงทำได้ยาก	สร้างแนวกันที่ด้านหน้าเพื่อให้อ้อยเข้าสู่เครื่องง่ายขึ้นและง่ายต่อคนขับ
7. ไม่สามารถตัดยอดของต้นอ้อยได้ เพราะต้นอ้อยมีขนาดเตี้ยเกินไป	ปรับตำแหน่งการตัดยอดให้ต่ำลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 52 ผลการตัดโค่นต้นอ้อย



รูปที่ 53 ตัวอย่างต้นอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยว



รูปที่ 54 ที่ครอบเพื่อป้องกันชิ้นส่วนต่างๆจากใบอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เช่าเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 55 ส่วนสางใบที่เพิ่มขึ้นด้านหลัง



รูปที่ 56 ตัวอย่างต้นอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวหลังจากปรับปรุงเครื่องครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลการทดสอบวัสดุการวางใบ

ตารางที่ 12 ผลการทดสอบวัสดุวางใบ

วัสดุ	ชนิดของวัสดุ	ผลการทดสอบ		ลักษณะเพิ่มเติม
		ประสิทธิภาพในการวางใบออก(%)	ความคงทนของวัสดุ(นาทีก)	
เอ็นต์ดหญ้า -แบบกลม -แบบเหลี่ยม	ไนลอน	50	15	ทุกชนิดมีการพันกันขณะใช้งาน ทำให้ขาดได้เร็ว
		70	5	
สายพานแบบร่อง A	โพลีเอสเตอร์ไนลอน ผ้าใบและยาง	90	90	สายพานเริ่มขาดบริเวณปลายหลัง
ยูริเทนแท่ง	ยูริเทน	-	0	ขาดก่อนที่จะเริ่มใช้งานจริง
PVC water stop	โพลีไวนิลคลอไรด์	-	0	ขาดก่อนที่จะเริ่มใช้งานจริง
ซูปเปอร์ลีน	พอลิเอไมด์	90	50	ขนาด Φ 10 มิลลิเมตร เมื่อใช้ไป 50 นาทีเกิดการงอ
ไฟเบอร์กราสแท่ง	ไฟเบอร์กราส	95	15	วัสดุแข็งเกินไปทำให้ต้นอ้อยเสียหาย
ลวด	เหล็ก	95	30	เมื่อใช้งานสักพักเกิดการเสียสภาพ และไม่คืนตัว

*ความคงทนของวัสดุ หมายถึง ระยะเวลาก่อนที่วัสดุจะเสียหายจนประสิทธิภาพในการวางใบลดลง

*ประสิทธิภาพในการวางใบที่เหมาะสมสำหรับส่งโรงงานคือ 90% ขึ้นไป



รูปที่ 57 ผลการทดลองวางใบของซูปเปอร์ลีนขนาด 6 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 58 ผลการทดลองสาบใบของสายพานรื่องA

4.3 การวิจารณ์และอภิปรายผล

จากการศึกษาและออกแบบเครื่องตัดอ้อยต้นแบบ โดยเริ่มต้นสร้างจากโปรแกรม Solidworks ได้โครงสร้างรถต้นแบบออกมา ได้นำไปสร้างเป็นรถตัดอ้อยของจริง พบปัญหาหลายอย่าง เช่น ไม่สามารถหาสินค้าในยี่ห้อที่ได้ออกแบบไว้จึงทำการปรับเปลี่ยนโดยใช้สิ่งเทียบเคียงมาทดแทน หลังจากนั้นได้เริ่มต้นการทดสอบโดยการดูการทำงานของเครื่องในขณะที่อยู่นิ่ง จากผลการทดสอบข้างต้น ได้ทำการแก้ไขตามสถานการณ์ เนื่องจากยังเป็นเครื่องต้นแบบอยู่จึงได้ทำการปรับเปลี่ยนให้ใช้งานได้เพียงเบื้องต้น แต่ยังสามารถส่งกำลังและทำได้ต่อเนื่องตามทฤษฎีการคำนวณ

การทดสอบในสถานที่จริงในไร่รวมประมาณ 48 ชั่วโมง เครื่องตัดอ้อยต้นแบบสามารถทำงานได้ดี ไม่มีชิ้นที่พังหรือเสียหายตลอดการทดสอบ สามารถตัดอ้อยได้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจ และทำงานได้ต่อเนื่อง

จากการทดสอบเพื่อหาวัสดุในการสาบใบที่เหมาะสม ได้มีการนำวัสดุต่างๆที่สามารถหาซื้อได้ง่าย เพื่อให้ตอบสนองต่อจุดประสงค์ที่ต้องการให้เครื่องตัดอ้อยราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย ผู้จัดทำได้วิเคราะห์และเปรียบเทียบคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องของแต่ละวัสดุกับผลการทดลอง โดยสรุปได้ดังนี้ ในการหาวัสดุต่อไปควรพิจารณาคุณสมบัติดังนี้ ควรมี Tensile strength มากกว่า 25.51 MPa และสามารถรองรับค่า Shear strength ได้ไม่ต่ำกว่า 68.94 MPa เพื่อไม่ให้วัสดุขาดขณะหมุนและสาบใบ ,ควรมีค่า Hardness ต่ำกว่า Rockwell M110 วัสดุจะไม่แข็งเกินไปจนทำให้ต้นอ้อยเสียหาย และค่า Flexural Modulus of Elasticity ประมาณ 3,102.63 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

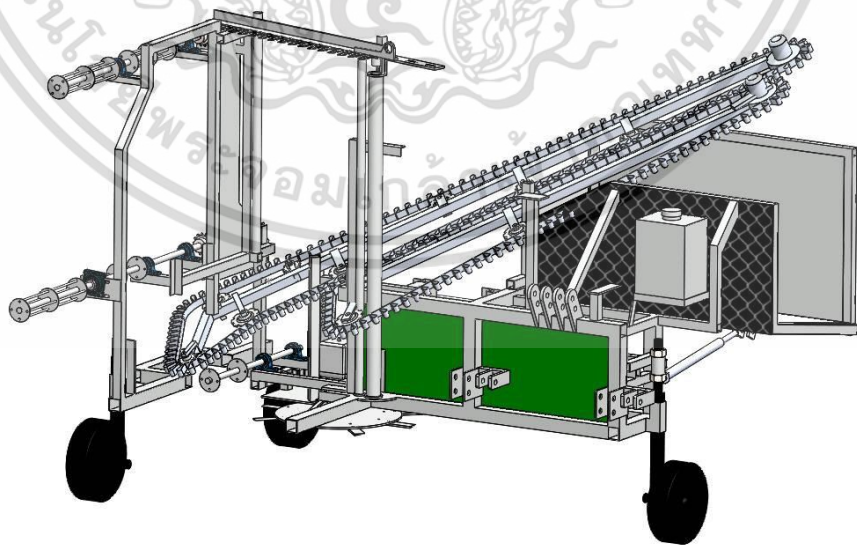
บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

เครื่องตัดอ้อยที่ได้ออกแบบมานั้นมีโครงสร้างอย่างง่าย มีความแข็งแรง ต้นทุนต่ำและสามารถดูแลได้ง่าย หลังจากการทดสอบเครื่องตัดอ้อยที่ไร่ทดสอบพบว่า เครื่องตัดอ้อยที่ได้ สามารถเชื่อมต่อและใช้กำลังจากรถแทรกเตอร์ที่มีกำลัง 49.96 กิโลวัตต์ (67 แรงม้า) ขึ้นไป โดยโครงสร้างทั้งหมดทำงานได้สิ้นไหลทั้งระบบ ไม่มีชิ้นส่วนใดพังตลอดการทดลองใช้งาน 48 ชั่วโมง และการทำงานที่เหมาะสมที่สุดในอยู่ที่ช่องเพลลาอำนาจกำลัง 540 รอบต่อนาที อัตราทดรอบของเพลลาอำนาจกำลังและเพลลาที่ใช้ในการตัดโคนเป็น 1:1 โดยให้อ้อยเข้าสู่สายพานลำเลียงก่อนแล้วจึงทำการตัดโคนเพื่อให้อ้อยจะได้ไม่ล้มก่อนเข้าสู่สายพานลำเลียง และที่อัตราทดรอบของเพลลาอำนาจกำลังและเพลลาที่ใช้ในการสางใบ 1:1 เนื่องจากหากรอบของเพลลาสางใบมีมาก จะทำให้เครื่องเกิดการสั่นมากเกินไป

การพัฒนาตัวโครงสร้างพบว่า การสางใบด้านขวาเพียงด้านเดียวเพียงพอต่อการสางใบ เพื่อความปลอดภัยของคนขับรถแทรกเตอร์ขณะเก็บเกี่ยว วัสดุที่ใช้ในการสางใบดีที่สุดที่เพลลาอำนาจกำลัง 540 รอบต่อนาที คือ สายพานร่อง A เนื่องจากมีทั้งความแข็งแรงและความเหนียวของวัสดุซึ่งไม่แข็งจนเกินไปที่จะทำให้ต้นอ้อยเกิดความเสียหาย สามารถคืนรูปได้ และ ไม่มีการพันกันขณะใช้งาน ทำให้รถตัดอ้อยสามารถมีอัตราการเก็บเกี่ยวได้ 1 ชั่วโมงต่อ 1 ไร่ หรือ 1 ชั่วโมงต่อ 3,200 ต้น



รูปที่ 59 จำลองของเครื่องตัดอ้อยที่ผ่านการพัฒนาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 60 เครื่องตัดอ้อยจริง

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบควรทำให้มีการปรับอัตราทดของการสางใบได้ เนื่องจากแต่ละวัสดุอาจจะมีรอบในการทำงานที่เหมาะสม และควรทำให้มีตัวช่วยในการเล็งเพื่อที่จะได้ง่ายต่อการเข้าไปตัด อาจเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างให้มากเพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ได้ในพื้นที่นอกจากไร่ทดสอบในขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ เนื่องจากแต่ละพื้นที่มีสภาพภูมิศาสตร์แตกต่างกัน

การทดลองเพื่อหาวัสดุสางใบเพิ่มเติม หากสามารถพัฒนาเพิ่มความทนทานของสายพานรื่อง A ได้จะได้วัสดุที่ดีขึ้น ควรทดลองเพิ่มที่ขนาดและความเร็วรอบที่แตกต่างกัน วัสดุที่ใช้สางใบต้องมีลักษณะยืดหยุ่น คั้นตัวได้ มีความเหนียวและความทนทาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] วิชัย โภพานุกูล (2558). วิจัยและพัฒนาเครื่องผลิตและเก็บใบอ้อย สำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก, *กรมวิชาการเกษตร*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2081>, เข้าดูเมื่อวันที่ 1/9/2562
- [2] ชัยวัฒน์ โพธิ์ทองและปาจริย ทองสนิท (2555). ผลของการเผาอ้อยต่อคุณภาพอากาศและสมบัติอ้อย, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <https://www.tci-thaijo.org/index.php/nuej/article/view/26178>, เข้าดูเมื่อวันที่ 2/9/2562
- [3] ตฤณสิทธิ์ ไกรสินบุรศักดิ์, วิชัย โภพานุกูล, อานนท์ สายคำฟู, วีระ สุขประเสริฐ, มานพ คันทามาจรัตน์ และ มงคล ตุ่นเฮ้า (2559). ออกแบบและพัฒนากลไกของเครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์, *วารสารวิชาการเกษตร* ปีที่ 34, มกราคม - เมษายน 2559, หน้า85-89
- [4] Prof. A.O. Aki Ibhadode, A.I. Igbafe and B.U. Anyata (2009). *Advances in Materials and Systems Technologies II*, Determination of Cutting Resistance of Sugar Cane (*Saccharum officinarum*) Using a New-Type Test Machine, pages 208-212
- [5] John Mitchell(2018). Yield Strength of Plastics – basic principles, the tensile test and material property table, EngineeringClicks, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <https://www.engineeringclicks.com/yield-strength-of-plastics/>, เข้าดูเมื่อวันที่ 29/4/2563
- [6] MiSUMI, Properties and Characteristics, Mechanical Components, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <https://th.misumi-ec.com/maker/misumi/mech/product/ur/detail.html>, เข้าดูเมื่อวันที่ 25/4/2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

รูปที่ 1.ก การเลือกเฟื่องและโซ่กำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHE80 (โซเดี่ยว)
 ตารางความสามารถการส่งถ่ายกำลัง (kW)

จำนวนฟัน โซ่เล็ก	ความเร็วรอบของงานโซ่เล็ก (rpm)																																	
	10	25	50	100	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2700	3000	3400									
9	0.25	0.58	1.08	2.02	2.91	3.77	5.43	7.03	8.58	10.1	11.6	13.1	12.7	10.8	9.40	8.21	6.53	5.35	4.48	3.83	3.32	2.91	2.44	2.08	1.73									
10	0.28	0.65	1.22	2.26	3.26	4.22	6.09	7.91	9.62	11.3	13.1	14.7	14.8	12.7	11.0	9.62	7.68	6.27	5.25	4.48	3.89	3.41	2.86	2.44	2.02									
11	0.31	0.72	1.34	2.51	3.61	4.68	6.74	8.73	10.7	12.6	14.5	16.3	17.2	14.6	12.7	11.1	8.80	7.23	6.06	5.17	4.48	3.93	3.30	2.81	1.27									
12	0.35	0.79	1.48	2.75	3.97	5.14	7.41	9.62	11.7	13.8	15.9	17.9	19.5	16.6	14.5	12.7	10.1	8.21	6.90	5.89	5.11	4.48	3.76	3.21	0									
13	0.38	0.87	1.61	3.01	4.33	5.61	8.06	10.4	12.8	15.1	17.3	19.5	21.7	18.8	16.3	14.3	11.3	9.33	7.76	6.65	5.76	5.06	4.24	3.62	0									
14	0.41	0.93	1.75	3.25	4.69	6.07	8.73	11.3	13.9	16.3	18.7	21.2	23.5	21.0	18.2	16.0	12.7	10.4	8.73	7.43	6.44	5.65	4.74	4.04	0									
15	0.44	1.01	1.88	3.51	5.05	6.54	9.40	12.2	14.9	17.6	20.2	22.8	25.4	23.3	20.2	17.8	14.1	11.5	9.62	8.21	7.14	6.27	5.25	4.48	0									
16	0.47	1.08	2.01	3.76	5.42	7.02	10.1	13.1	16.0	18.9	21.6	24.5	27.2	25.7	22.2	19.5	15.5	12.7	10.6	9.10	7.83	6.90	5.79	4.94	0									
17	0.51	1.16	2.15	4.01	5.78	7.46	10.8	14.0	17.1	20.1	23.1	26.1	29.0	28.1	24.4	21.4	16.9	13.9	11.6	9.92	8.58	7.53	6.33	5.41	0									
18	0.54	1.22	2.29	4.27	6.15	7.98	11.5	14.8	18.2	21.4	24.6	27.8	30.9	30.7	26.6	23.3	18.5	15.1	12.7	10.8	9.40	8.21	6.90	5.89	0									
19	0.57	1.30	2.42	4.53	6.52	8.43	12.2	15.7	19.2	22.7	26.1	29.4	32.7	33.2	28.8	25.3	20.1	16.4	13.7	11.7	10.1	8.95	7.46	6.39	0									
20	0.60	1.37	2.57	4.78	6.89	8.95	12.8	16.6	20.4	24.0	27.6	31.1	34.5	35.9	31.1	27.3	21.6	17.8	14.8	12.7	11.0	9.62	8.06	0										
21	0.63	1.45	2.70	5.04	7.27	9.40	13.6	17.5	21.5	25.3	29.1	32.7	36.5	38.6	33.4	29.4	23.3	19.1	16.0	13.7	11.9	10.4	8.73	0										
22	0.67	1.52	2.84	5.30	7.61	9.92	14.2	18.5	22.6	26.6	30.6	34.5	38.3	41.4	35.9	31.5	25.0	20.4	17.2	14.6	12.7	11.1	9.33	0										
23	0.70	1.60	2.98	5.57	7.98	10.4	15.0	19.4	23.7	27.9	32.1	36.2	40.2	44.2	38.3	33.6	26.7	21.9	18.4	15.7	13.6	11.9	10.0	0										
24	0.73	1.67	3.13	5.83	8.43	10.9	15.7	20.3	24.8	29.2	33.6	37.9	42.1	46.3	40.9	35.9	28.5	23.3	19.5	16.6	14.5	12.7	10.6	0										
25	0.77	1.75	3.26	6.09	8.80	11.3	16.3	21.2	25.9	30.9	35.1	39.5	44.0	48.4	43.4	38.1	30.3	24.6	20.7	17.8	15.4	13.5	11.3	0										
26	0.80	1.83	3.40	6.36	9.18	11.9	17.1	22.2	27.0	31.9	36.6	41.3	45.9	50.4	46.1	40.4	32.1	26.3	22.0	18.8	16.3	14.3	12.0	0										
28	0.87	1.98	3.69	6.89	9.92	12.8	18.5	23.9	29.3	34.5	39.7	44.7	49.8	54.7	51.5	45.2	35.9	29.4	24.6	21.0	18.2	16.0	0											
30	0.93	2.13	3.98	7.42	10.7	13.8	19.9	25.8	31.6	37.2	42.7	48.2	53.6	58.0	57.1	50.1	39.8	32.5	27.3	23.3	20.2	17.8	0											
32	1.00	2.28	4.26	7.98	11.4	14.8	21.3	27.7	33.9	39.9	45.8	51.6	57.4	63.1	62.9	55.2	43.8	35.9	30.1	25.7	22.2	19.5	0											
35	1.10	2.51	4.69	8.73	12.6	16.3	23.6	30.5	37.3	43.9	50.4	56.9	63.3	69.6	72.0	63.2	50.1	41.0	34.4	29.4	25.4	0												
40	1.28	2.90	5.42	10.1	14.5	18.9	27.2	35.2	43.0	50.7	58.3	65.7	73.9	80.6	87.3	76.8	61.3	50.1	42.0	35.9	14.9	0												
45	1.45	3.30	6.15	11.5	16.6	21.4	30.9	40.0	48.9	57.6	66.2	74.6	82.8	91.0	99.2	91.8	73.1	59.8	50.1	40.3	0													

ใช้หน่วย: A B C
 A: การหล่อลิ้นโดยทแยง B: การหล่อลิ้นโดยขนาน C: การหล่อลิ้นโดยวางทับให้หนาขึ้นตามด้วย

อ้างอิง: <https://th.misumi-ec.com/pdf/tech/mech/p2819.pdf>

รูปที่ 4.ก การเลือกเฟืองขนาด 60B

Standard Sprockets 60B Series

Type: SP60B BSP60B SSP60B
 Material: S50C Equivalent (Individual Hackles Tooth Tool) SUS304 Equivalent
 Surface Treatment: Black Oxide

Accessories: Set Screw (Only for shaft bore specifications [N])

Shaft Bore Specs: Pilot Bore New JIS Key + Tap

Offset between tooth tip and keyway is ±0.5mm. For the 11 or less teeth, sprockets have grooves on hub O.D.

Part Number	Type	Number of Teeth	Shaft Bore Specs.	Shaft Bore Dia.		Dp	Do	H	GD	L	z	Mass (g)	Unit Price									
				N Specification (D _{H7})	Products with the shaft bore dia. marked with * are in Stock.								\$	N Spec. (In Stock)								
9	SP60B	12	S	12	19	22*	55.7	63	43	32	6	400	-	-								
10		14		19	22	24	25*	61.65	68	49	37	6	490	-	-							
11		14		19	22	24	25	28	30	67.62	76	51	45	600	-	-						
12		14		19	22	24	25	28	30*	32*	35	73.6	83	51	690	-	-					
13		14		19*	22	24	25	25*	30*	32	35	38	79.6	89	57	810	-	-				
14		16		19	22	24	25*	28	30*	32	35	38	40	85.61	95	62	960	-	-			
15		16		19	22	24	25*	28*	30*	32	35*	38	40*	42	45	91.62	101	68	1100	-	-	
16		16		19	22	24	25*	28	30	32	35*	38*	40	42	45	97.65	107	73	1300	-	-	
17		16		19	22	24	25	28	30*	32*	35	38	40	42	45	50	103.67	113	73	1400	-	-
18		16		19	22	24	25*	28	30	32	35*	38	40	42	45	50	109.71	119	73	2000	-	-
19		16		19	22	24	25	28	30	32	35	38	40	42	45	50	115.74	126	73	2100	-	-
20		16		19	22	24	25*	28	30*	32	35*	38	40*	42	45	50	121.78	132	73	2200	-	-
21		16	19	22	24	25	28	30*	32	35	38	40	42	45	50	127.82	138	73	2300	-	-	
22		16	19	22	24	25	28	30	32	35	38	40	42	45	50	133.86	144	73	2500	-	-	
23		16	19	22	24	25	28	30	32	35	38	40	42	45	50	139.9	150	73	2500	-	-	
24		18	22	24	25	28	30*	32	35*	38	40	42	45	50	145.95	156	83	2600	-	-		
25		18	22	24	25	28	30	32	35	38	40	42	45	50	151.99	162	83	2700	-	-		
26		18	22	24	25	28	30	32	35	38	40	42	45	50	158.04	168	83	2900	-	-		
27		18	22	24	25	28	30	32	35	38	40	42	45	50	164.09	174	83	3000	-	-		
28		18	22	24	25	28	30	32	35	38	40	42	45	50	170.14	180	83	3100	-	-		
30		18	22	24	25	28	30	32	35	38	40*	42	45	50	182.25	193	83	3400	-	-		

อ้างอิง: <https://th.misumi-ec.com/vona2/detail/110300431930/>

รูปที่ 5.ก การเลือกเฟืองขนาด 80B (MISUMI)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MM Carburized & Hardened Miter Gears Module 2 ~ 5

Specifications:
 Precision grade: JIS B 1704, 1/4 grade 4
 Gear tooth: Gleason
 Pressure angle: 20°
 Material: SCM415
 Heat treatment: Carburizing
 Tooth hardness: 25 ~ 60HRC
 Surface treatment: Black oxide coating

Catalog No.	Gear ratio	Module	No. of teeth	Shape	Bore	Hub dia.	Pin dia.	Outside dia.	Mounting distance	Total length	Shaft to back length	Hub width
MM2-20	1	m2	20	B1	12	34	40	42.83	35	22.24	16.41	12
MM2.5-20		m2.5	20	B3	15	42	50	53.54	45	28.89	21.77	16
MM3-20		m3	20	B3	16	52	60	64.34	50	31.19	22.12	16
MM4-20		m4	20	B3	20	65	80	85.66	65	39.69	27.83	17.5
MM5-20		m5	20	B3	25	80	100	107.07	90	60.38	43.54	20

① The allowable torques shown in the table are the calculated values according to the assumed usage conditions. Please see page 172 for more details.
 ② Dimensions of the outside diameter, the overall length and crown to back length are all theoretical values, and some differences will occur due to the corner chamfering of the gear tips.
 ③ In the illustration, the area surrounded with --- --- line is marked during the carburization process and can be modified. However, care should be exercised since the hardness is high (approx. HRc40, maximum).

อ้างอิง: <https://khkgears.net/pdf/3015/miter-gears.pdf>

รูปที่ 7.ก การเลือกเฟืองตรง

Spur Gear
 Pressure Angle 20°, Module 2.5, Shaft Bore Configurable Type

Types: Straight Bore, Straight Bore + Tap, Keyway, Keyway + Tap

Material: S45C, S45C Equivalent, Black Oxide

Surface Treatment: S45C, S45C Equivalent, Black Oxide

Accessory: Set Screw (SCM415, Black Oxide)

Shaft Specification (Shaft Bore Type): Straight Bore, Straight Bore + Tap, Keyway (Shape A), Keyway + Tap (Shape B)

When designing to fit the gear hub onto the shaft through MatchLock, see Keyways Type on LHM P1557. For configuring the bore width / hub dimensions, see LHM P1551.

Part Number	Type	Module	Number of Teeth	Bore	Gear Shape	Shaft Bore Dia. (mm Increment)	d Reference Dia.	D Tip Dia.	G Root Dia.	H	L	z1	z2	M (Course)	Ball Bearing Equivalent
12	Straight Bore Shape A, Shape B GEAHS GEAHSB	2.5	12	25	A	8-10	30	32	29.75	23	37	12	6	MS	33.56
14			8-13			33	40	29.75	25	49.96					
15			8-20			37.5	45	31.25	30	55.96					
16			8-26			42	49	33.75	32	61.96					
17			8-24			42.5	49.5	36.25	35	68.13					
18			8-30			45	50	38.75	38	74.56					
19			8-27			47.5	52.5	41.25	39	80.6					
20			8-28			48	55	43.75	40	87.09					
21			8-30			49.5	57.5	46.25	42	93.85					
22			8-32			51	60	48.75	44	100.13					
23			8-34			52.5	62.5	51.25	46	106.59					
24			8-36			54	65	53.75	48	113.19					
25			8-38			55.5	67.5	56.25	50	119.98					
26			8-43			60.5	70	58.75	55	126.94					
27			8-40			61.5	72.5	61.25	57	133.57					
28			8-48			72	75	63.75	60	140.89					
29			8-49			72.5	77.5	66.25	62	147.18					
30			8-51			73.5	80	68.75	65	153.19					
32			8-55			80	85	73.75	69	167.17					
34			Straight Bore + Tap Shape B GEAB GEABB			2.5	34	25	B	10-55	85	90	78.75		70
35	10-57	87.5		92.5	81.25		75			188.46					
36	10-59	90		95	83.75		78			194.26					
38	10-60	95		100	88.75		80			210.35					
40	10-60	100		105	93.75		85			222.66					
42	10-60	105		110	98.75		88			236.12					
44	10-60	110		115	103.75		90			250.85					
45	10-60	112.5		117.5	106.25		92			256.32					
46	10-60	115		120	108.75		95			261.94					
48	10-60	120		125	113.75		100			278.17					
50	12-60	125	130	118.75	105	295.04									
52	Keyway (Shape A) Keyway + Tap (Shape B) GEAKB GEAKBB	2.5	52	25	A	15-60	135	140	128.75	110	312.57				
54			15-60			140	145	133.75	115	329.89					
55			15-60			145	150	138.75	120	347.84					
56			15-60			148	153	141.25	122	354.5					
60			15-60			155	160	148.75	125	388.44					
62			15-60			160	165	153.75	130	406.61					
65			162.5			167.5	156.25	135	424.75						
68			170			175	163.75	140	442.41						
70			175			180	168.75	145	459.84						
72			180			185	173.75	150	476.65						
74	187.5	192.5	181.25	155	492.98										
80	200	205	192.75	165	554.5										

อ้างอิง: <https://th.misumi-ec.com/vona2/detail/110300428610/>

รูปที่ 8.ก เลือกแบริ่งเส้นผ่านศูนย์กลาง 55mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 Single row deep groove ball bearings
d 50 - 55 mm

Principal dimensions		Basic load ratings		Fatigue	Speed ratings		Mass	Designations		
d	D	B	C	C ₀	P ₀	Reference speed	Limiting speed ¹⁾	Bearing open or capped on both sides		
mm		mm	mm	kN	kN	rpm	kg	Capped on one side ²⁾		
50	90	20	37.1	23.2	0.98	15 000	8 000	0.47	• 6250-2Z	6250-2
	90	20	37.1	23.2	0.98	15 000	8 000	0.48	• 6250-2RS1	6250-2RS1
	110	27	65	38	1.6	13 000	8 500	1.3	• 6310 M	-
	110	27	65	38	1.6	13 000	8 500	1.1	• 6310-2RS1H	• 6310-2RS1H
	110	27	65	38	1.6	13 000	6 700	1.1	• 6310-2Z	• 6310-2
	110	40	65.8	38	1.6	12 000	7 500	1.95	• 6210-2RS1	-
	130	31	87.1	52	2.2	12 000	7 500	1.95	• 6410	-
	72	9	9.04	8.8	0.375	19 000	5 300	0.083	• 61811-2RS1	-
	72	9	9.04	8.8	0.375	19 000	5 300	0.083	• 61811-2RZ	-
	72	9	9.04	8.8	0.375	19 000	5 300	0.083	• 61811	-
80	13	16.5	14	0.6	17 000	5 000	0.19	• 61911-2RS1	-	
80	13	16.5	14	0.6	17 000	5 000	0.19	• 61911-2RZ	-	
80	13	16.5	14	0.6	17 000	5 000	0.19	• 61911	-	
90	11	20.3	14	0.695	16 000	10 000	0.26	• 6801	-	
90	18	29.6	21.2	0.9	16 000	10 000	0.44	• 6011 M	-	
90	18	29.6	21.2	0.9	16 000	10 000	0.38	• 6011	-	
90	18	29.6	21.2	0.9	16 000	4 500	0.4	• 6011-2RS1	6011-2RS1	
100	21	46.2	29	1.25	14 000	9 000	0.61	• 6011-2Z	6011-2	
100	21	46.2	29	1.25	14 000	9 000	0.61	• 6211 M	-	
100	21	46.2	29	1.25	14 000	13 000	0.72	• 6211 M	-	
100	21	46.2	29	1.25	14 000	7 000	0.64	• 6211-2RS1H	• 6211-2RS1H	
100	21	46.2	29	1.25	14 000	7 000	0.64	• 6211-2Z	• 6211-2	
100	25	43.6	29	1.25	14 000	4 300	0.75	• 6221-2RS1	-	
120	29	74.1	45	1.9	12 000	8 500	1.25	• 6311	-	
120	29	74.1	45	1.9	12 000	11 000	1.65	• 6311 M	-	
120	29	74.1	45	1.9	12 000	3 800	1.4	• 6311-2RS1H	• 6311-2RS1H	
120	43	71.5	45	1.9	12 000	3 800	2.05	• 6311-2Z	• 6311-2	
140	33	99.5	62	2.6	11 000	7 000	2.35	• 6411	-	

อ้างอิง: <https://www.skf.com/binary/77-121486/SKF-rolling-bearings-catalogue.pdf>

รูปที่ 9.ก เลือกรับเรียงเส้นผ่านศูนย์กลาง 60mm

1.1 Single row deep groove ball bearings
d 60 - 55 mm

Principal dimensions		Basic load ratings		Fatigue	Speed ratings		Mass	Designations		
d	D	B	C	C ₀	P ₀	Reference speed	Limiting speed ¹⁾	Bearing open or capped on both sides		
mm		mm	mm	kN	kN	rpm	kg	Capped on one side ²⁾		
60	78	10	11.9	11.4	0.49	17 000	4 800	0.11	• 61812-2RS1	-
	78	10	11.9	11.4	0.49	17 000	4 800	0.11	• 61812-2RZ	-
	78	10	11.9	11.4	0.49	17 000	31 000	0.11	• 61812	-
	85	13	16.5	12	0.6	16 000	4 500	0.21	• 61912-2RS1	-
	85	13	16.5	12	0.6	16 000	4 500	0.21	• 61912-2RZ	-
	85	13	16.5	12	0.6	16 000	8 000	0.2	• 61912	-
	95	11	20.8	14.1	0.725	15 000	9 500	0.29	• 3102Z	-
	95	18	30.2	21.2	0.98	15 000	4 300	0.41	• 6012	-
	95	18	30.2	21.2	0.98	15 000	4 300	0.41	• 6012-2RS1	6012-2RS1
	95	18	30.2	21.2	0.98	15 000	7 400	0.47	• 6012-2RZ	6012-2
110	22	55.3	36	1.53	13 000	8 000	0.81	• 6212	-	
110	22	55.3	36	1.53	13 000	8 000	0.93	• 6212 M	-	
110	22	55.3	36	1.53	13 000	4 000	0.79	• 6212-2RS1H	• 6212-2RS1H	
110	22	55.3	36	1.53	13 000	6 300	0.81	• 6212-2Z	• 6212-2	
110	28	52.7	36	1.53	11 000	4 000	1.1	• 6212-2RS1	-	
130	21	85.2	52	2.2	11 000	7 400	1.75	• 6312 M	-	
130	21	85.2	52	2.2	11 000	9 000	1.8	• 6312-2RS1H	• 6312-2RS1H	
130	21	85.2	52	2.2	11 000	5 000	1.7	• 6312	-	
130	44	81.5	52	2.2	11 000	7 000	2.58	• 6312-2RS1	-	
150	35	108	68.5	2.9	10 000	4 300	2.85	• 6412	-	
65	85	10	12.4	12.7	0.54	16 000	4 500	0.13	• 61813-2RS1	-
	85	10	12.4	12.7	0.54	16 000	4 500	0.13	• 61813-2RZ	-
	85	10	12.4	12.7	0.54	16 000	31 000	0.13	• 61813	-
	90	13	17.4	16	0.68	15 000	4 300	0.22	• 61913-2RS1	-
	90	13	17.4	16	0.68	15 000	4 300	0.22	• 61913-2RZ	-
	90	13	17.4	16	0.68	15 000	9 000	0.22	• 61913	-
	100	11	22.5	19.6	0.83	14 000	9 000	0.3	• 3103	-
	100	18	31.9	25	1.06	14 000	4 000	0.44	• 6013	-
	100	18	31.9	25	1.06	14 000	4 000	0.44	• 6013 M	-
	100	18	31.9	25	1.06	14 000	7 500	0.44	• 6013	-
120	23	58.5	40.5	1.73	12 000	10 000	1.2	• 6213 M	-	
120	23	58.5	40.5	1.73	12 000	10 000	1.2	• 6213	-	

อ้างอิง: <https://www.skf.com/binary/77-121486/SKF-rolling-bearings-catalogue.pdf>

รูปที่ 10.ก เลือกรับเรียงเส้นผ่านศูนย์กลาง 70mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 Single row deep groove ball bearings
d 80 – 90 mm

Principal dimensions		Basic load ratings		Fatigue	Speed ratings	Mass	Designations			
d	D	B	C ₀	P ₀	Reference speed	Limiting speed ¹⁾	bearing open/capped on both sides/capped on one side ²⁾			
mm			kN	kN	r/min	kg				
80	140	26	72,8	95	2,2	9 000	4 800	1,55	• 6216-2Z	6216-Z
cont.	170	39	130	86,5	3,25	8 500	7 500	4,1	• 6316 M	-
	170	39	130	86,5	3,25	8 500	5 000	3,65	• 6316	-
	170	39	130	86,5	3,25	8 500	4 000	3,75	• 6316-2RS1	6316-RS1
	170	39	130	86,5	3,25	8 500	4 000	3,75	• 6316-2Z	6316-Z
	200	48	163,1	125	4,5	7 500	4 000	6,85	• 6416	-
85	110	13	19,5	16,4	0,88	12 000	6 000	0,28	• 6817-2RS1	-
	110	13	19,5	16,4	0,88	12 000	6 000	0,28	• 6817-2RZ	-
	110	13	19,5	16,4	0,88	12 000	7 500	0,28	• 6817	-
	120	18	31,9	30	1,25	11 000	7 000	0,55	• 6917	-
	130	14	35,8	33,5	1,37	11 000	6 700	0,64	• 6917-2RZ	-
	130	22	52	43	1,76	11 000	6 700	0,9	• 6917	-
	130	22	52	43	1,76	11 000	5 300	0,94	• 6017-2RS1	6017-RS1
	130	22	52	43	1,76	11 000	5 300	0,94	• 6017-2Z	6017-Z
	150	28	87,1	64	2,5	9 000	6 000	2	• 6017 M	-
	150	28	87,1	64	2,5	9 000	5 600	1,8	• 6217	-
	150	28	87,1	64	2,5	9 000	4 500	1,9	• 6217-2RS1	6217-RS1
	150	28	87,1	64	2,5	9 000	4 500	1,9	• 6217-2Z	6217-Z
	180	41	140	96,5	3,55	8 000	5 000	4,25	• 6317	-
	180	41	140	96,5	3,55	8 000	2 600	4,3	• 6317 M	-
	180	41	140	96,5	3,55	8 000	2 600	4,35	• 6317-2RS1	6317-RS1
	180	41	140	96,5	3,55	8 000	4 000	4,4	• 6317-2Z	6317-Z
	200	52	174	137	4,79	7 000	4 500	6,05	• 6417	-
90	115	13	19,5	17	0,915	-	3 200	0,29	• 6818-2RS1	-
	115	13	19,5	17	0,915	11 000	5 600	0,29	• 6818-2RZ	-
	115	13	19,5	17	0,915	11 000	6 000	0,28	• 6818	-
	125	18	33,2	31,5	1,29	11 000	6 700	0,59	• 6918	-
	140	16	43,6	39	1,56	10 000	6 300	0,65	• 6918	-
	140	24	60,5	50	1,96	10 000	6 300	1,3	• 6918 M	-
	140	24	60,5	50	1,96	10 000	6 300	1,15	• 6018	-
	140	24	60,5	50	1,96	10 000	5 000	1,2	• 6018-2RS1	6018-RS1
	140	24	60,5	50	1,96	10 000	5 000	1,2	• 6018-2Z	6018-Z
	160	30	107	73,5	2,8	8 500	5 900	2,2	• 6218	-
	160	30	107	73,5	2,8	8 500	5 200	2,65	• 6218 M	-
	160	30	107	73,5	2,8	8 500	2 600	2,3	• 6218-2RS1	6218-RS1

SKF Explorer bearing
1) For bearings with only one shield or one seal, contact us at (L) for the limiting speeds of the open bearings. See table.

อ้างอิง: <https://www.skf.com/binary/77-121486/SKF-rolling-bearings-catalogue.pdf>

รูปที่ 13.ก เลือกแบริ่งเส้นผ่านศูนย์กลาง 110mm

1.1 Single row deep groove ball bearings
d 100 – 110 mm

Principal dimensions		Basic load ratings		Fatigue	Speed ratings	Mass	Designations			
d	D	B	C ₀	P ₀	Reference speed	Limiting speed ¹⁾	bearing open/capped on both sides/capped on one side ²⁾			
mm			kN	kN	r/min	kg				
100	180	34	127	93	3,35	7 500	3 800	3,3	• 6220-2Z	6220-Z
cont.	215	47	174	140	4,75	6 700	4 300	7,1	• 6320	-
	215	47	174	140	4,75	6 700	4 000	6,7	• 6320 M	-
	215	47	174	140	4,75	7 000	2 200	7,2	• 6320-2RS1	6320-RS1
	215	47	174	140	4,75	6 700	3 400	7,3	• 6320-2Z	6320-Z
105	130	13	20,8	19,6	1	10 000	7 800	0,31	• 6821-2RS1	-
	130	13	20,8	19,6	1	10 000	6 300	0,31	• 6821-2RZ	-
	130	13	20,8	19,6	1	10 000	6 300	0,31	• 6821	-
	145	20	44,2	44	1,79	9 500	5 600	0,87	• 6921	-
	160	18	51	51	1,86	9 500	4 300	1,2	• 6921	-
	160	26	76,1	65,5	2,4	8 500	5 300	1,6	• 6021	-
	160	26	76,1	65,5	2,4	8 500	7 500	1,85	• 6021 M	-
	160	26	76,1	65,5	2,4	8 500	4 300	1,65	• 6021-2RS1	6021-RS1
	160	26	76,1	65,5	2,4	8 500	4 300	1,65	• 6021-2Z	6021-Z
	190	36	140	104	3,65	7 000	4 500	3,8	• 6221	-
	190	36	140	104	3,65	7 000	1 600	3,9	• 6221-2RZ	6221-Z
	225	49	182	153	5,3	6 300	3 200	8,25	• 6321-2Z	6321-Z
	225	49	182	153	5,3	6 300	4 000	8,2	• 6321	-
110	140	16	28,1	26	1,25	9 500	7 600	0,6	• 6822-2RS1	-
	140	16	28,1	26	1,25	9 500	4 900	0,6	• 6822-2RZ	-
	140	16	28,1	26	1,25	9 500	5 600	0,47	• 6822	-
	150	20	43,6	45	1,66	9 000	5 600	0,9	• 6922	-
	170	19	60,5	57	2,04	8 000	5 000	1,45	• 6922 M	-
	170	28	85,2	73,5	2,6	8 000	5 000	1,95	• 6022	-
	170	28	85,2	73,5	2,6	8 000	7 000	2,3	• 6022 M	-
	170	28	85,2	73,5	2,6	8 000	2 400	2	• 6022-2RS1	6022-RS1
	170	28	85,2	73,5	2,6	8 000	4 000	2,05	• 6022-2Z	6022-Z
	200	38	151	118	4	6 700	3 300	4,55	• 6222	-
	200	38	151	118	4	6 700	2 000	4,6	• 6222-2RS1	6222-RS1
	200	38	151	118	4	6 700	3 400	4,6	• 6222-2Z	6222-Z
	240	60	203	180	5,7	6 000	1 800	9,65	• 6322	-
	240	60	203	180	5,7	6 000	5 300	11,5	• 6322 M	-

SKF Explorer bearing
1) For bearings with only one shield or one seal, contact us at (L) for the limiting speeds of the open bearings. See table.

อ้างอิง: <https://www.skf.com/binary/77-121486/SKF-rolling-bearings-catalogue.pdf>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1. ข คุณสมบัติ Extruded Nylon 66
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Extruded Nylon 66		Metric		English		Comments	
Physical Properties							
Specific Gravity	1.15 g/cc			0.0415 lb/in ³		ASTM D792	
Water Absorption	0.30%			0.30%			Immersion, 24hr;
Water Absorption at Saturation	7%			7%			Immersion; ASTM D570(2)
Mechanical Properties							D570(2)
Hardness, Rockwell M		85			85		ASTM D785
Hardness, Rockwell R		115			115		ASTM D785
Hardness, Shore D		80			80		ASTM D2240
Tensile Strength, Ultimate	82.7 MPa		12000 psi			ASTM D638	
Elongation at Break		50%			50%		ASTM D638
Tensile Modulus	2.93 GPa			425 ksi		ASTM D638	
Flexural Modulus	3.1 GPa			450 ksi		ASTM D790	
Flexural Yield Strength	103 MPa		15000 psi			ASTM D790	
Compressive Strength	86.2 MPa			12500 psi			10% Def.; ASTM D695
Compressive Modulus	2.9 GPa			420 ksi		ASTM D695	
Shear Strength		68.9 MPa			10000 psi		ASTM D732
Coefficient of Friction	0.25			0.25			Dry vs. Steel; QTM55007
K (wear) Factor		161 x 10 ⁻⁸ mm ³ /in ² -min/ft ² -lb-hr QTM 55010					
Limiting Pressure Velocity	0.0946 MPa-m/sec		2700 psi-ft/min 4:1 safety factor;				QTM 55007
Izod Impact, Notched	0.32 J/cm			0.6 ft-lb/in		ASTM D256 Type A	
Electrical Properties							
Surface Resistivity per Square	Min 1e+013 ohm		Min 1e+013 ohm		EOS/ESD S11:11		
Dielectric Constant	3.6				3.6		1MHz; ASTM D150
Dielectric Strength	15.7 kV/mm		400 V/mil			Short Term; ASTM	

อ้างอิง: <http://www.gplastics.com/pdf/extruded-nylon-66.pdf>

รูปที่ 2. ข คุณสมบัติ G10/FR4

Mechanical	ASTM Test Method	Value	Units
Strength to Weight Ratio			ksi
Specific Gravity @73 F	D792	1.82	-
Tensile Strength @73 F (ult)/(yld)	D638	40,000	psi
Tensile Modulus of Elasticity @73 F	D638		psi
Tensile Elongation at Break @73 F	D638		%
Flexural Strength @73 F	D790	55,000	psi
Flexural Modulus of Elasticity @73 F	D790	2,700,000	psi
Shear Strength @73 F	D732	19,000	psi
Comprehensive Strength, (% Deformation) @73 F	D665	60,000 (10)	psi
Comprehensive Modulus of Elasticity @73 F	D695		psi
Hardness, Rockwell, Scale as noted @73 F	D785	M110	-
Hardness, Durometer, Shore D @73 F	D2240		-
Izod Impact, (Notched) @73 F	D256 Type A	7.0	ft-lb/in of notch
Coefficient of Friction, (Dry vs Steel) Dynamic			-

อ้างอิง: <https://www.cctprecision.com/materials/g10fr4-machining/>

รูปที่ 3. ข คุณสมบัติ Urethane

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Urethane

Material	Features					
Ether Polyurethane	Excels in mechanical strength, has low heat resistance and chemical resistance. Superior water resistance compared to Ester Polyurethane. Has high impact resilience.					
Ester Polyurethane	Excels in mechanical strength but has low heat resistance and chemical resistance. Has 30~100% more mechanical strength to Ether Polyurethane. Superior in oil resistance to Ether type. Has low impact resilience.					
Item	Unit	Urethane Rubber				
Hardness	Shore A	95	90	70	50	30
Specific Gravity	-	1.13	1.13	1.2	1.15	1.2
Tensile Strength	MPa	44.1	44.6	31.3	27.4	18.5
Elongation	%	400	530	650	690	600
Heat Resistance	°C	70	70	70	70	70
Low Temperature Resistance	°C	-40	-20	-20	-20	-20

Chart

อ้างอิง: <https://th.misumi-ec.com/maker/misumi/mech/product/ur/detail/detail.html>

รูปที่ 4. ข คุณสมบัติ PVC, Plasticized

Strength at Break (Tensile) Values of Several Plastics

Click to find polymer you are looking for:
 A-C | E-M | PA-PC | PE-PL | PM-PP | PS-X

Polymer Name	Min Value (MPa)	Max Value (MPa)
PVC (Polyvinyl Chloride), 20% Glass Fiber-reinforced	60.0	90.0
PVC, Plasticized	7.0	25.0
PVC, Plasticized Filled	10.0	25.0
PVC Rigid	35.0	60.0

อ้างอิง: <https://omnexus.specialchem.com/polymer-properties/properties/strength-at-break-tensile>

รูปที่ 5. ข คุณสมบัติ สายพานร่อน A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ความต้านแรงดึงและความยืด

ขนาดร่อน	ความต้านแรงดึง ไม่น้อยกว่า (N)	ความยืด ไม่นเกิน (%)
M	1,200	7
A	2,400	7
B	3,500	7
C	5,900	8
D	10,800	8

อ้างอิง: <http://www.mahidolrubber.org/files/technicalsheet/belts.pdf>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้