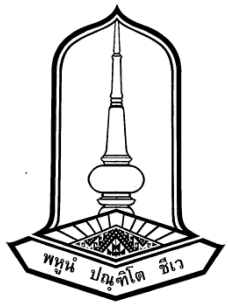


การพัฒนาเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหมสำหรับไหมอีรี่

ภูริพงศ์ อักษรพิมพ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
ธันวาคม 2556
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหมสำหรับไหมอีรี่

ภูริพงศ์ อักษรพิมพ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
ธันวาคม 2556
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายภูริพงศ์ อักษรพิมพ์ แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....	ประธานกรรมการ
(ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป)	(อาจารย์บัณฑิตศึกษาประจำคณะ)
.....	กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เกียรติสิน กาญจนวนิชกุล)	(ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์)
.....	กรรมการ
(ผศ.ดร.จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์)	(กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์)
.....	กรรมการ
(ผศ.ดร.สังคม ศรีสมพร)	(ผู้ทรงคุณวุฒิ)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....	.....
(รศ.ดร.สัมพันธ์ ฤทธิเดช)	(รศ.เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	ผู้รักษาการคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
	วันที่ 25 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 2556

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก อาจารย์ ดร.เกียรติสิน กาญจนวนิชกุล ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์ กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ ศิริลักษณ์ วงศ์เกษม ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำอย่างเอาใจใส่ในทุกๆขั้นตอนของการทำปริญญานิพนธ์ทั้งในการทดลอง การเขียนวิทยานิพนธ์ ตลอดจนการแก้ไขปัญหาต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ ศรีประธีป ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สังคม ศรีสมพร ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ให้ความกรุณาตรวจสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนการสอนวิชาการความรู้ต่างๆ แนะนำการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ และประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ในด้านต่าง ๆ ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์หม่อนไหม คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ได้ให้ความรู้ และอำนวยความสะดวกด้านอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี นอกจากนี้ยังมี พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ นิสิตปริญญาตรีทุกท่าน และเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยที่อำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณถวิลการฟาร์ม ที่ให้การสนับสนุน รังไหมอีรี่เพื่อใช้ในการทดลอง และข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นต่องานวิจัย

ขอขอบพระคุณ เจ้าของร้านโตการช่าง ที่ให้การสนับสนุน เครื่องมือ อุปกรณ์การทำงาน และความรู้และข้อมูลที่จำเป็น สำหรับประกอบเครื่อง

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และน้องสาว ที่คอยให้กำลังใจ เอาใจใส่ดูแลและสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่างด้วยดี โดยเฉพาะการให้กำลังใจ และคำแนะนำในการดำเนินชีวิตแก่ผู้จัดทำตลอดมา

หากเนื้อหาหรือข้อมูลต่าง ๆ ในวิทยานิพนธ์นี้ เป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจศึกษาและผู้ทำการวิจัยท่านอื่น ๆ ผู้จัดทำก็ขอยกคุณความดีทั้งหลายนี้ให้แก่บุคคลทุกท่านที่กล่าวมา ท้ายที่สุดหากวิทยานิพนธ์เล่มนี้มีข้อบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำต้องกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ภูริพงศ์ อักษรพิมพ์

ชื่อเรื่อง การพัฒนาเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหมสำหรับไหมอีรี่
ผู้วิจัย นายภูริพงศ์ อักษรพิมพ์
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมเครื่องกล
กรรมการควบคุม อาจารย์ ดร.เกียรติสิน กาญจนวนิชกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2556

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือออกแบบและสร้างเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวสำหรับไหมอีรี่ โดยเครื่องสางไหมทำหน้าที่สางรังไหมที่ลอกกาวแล้วให้แตกตัวและทำให้เกาะกันเป็นแผ่นใยไหม ใยไหมที่ได้จากเครื่องสางรังไหมจะถูกนำไปปั่นและตีเกลียวในเครื่องตีเกลียวเป็นเส้นไหมอีรี่ ปัจจัยที่นำมาทดสอบการทำงานของเครื่องสางรังไหม คือ หนามสางที่มีการเรียงตัวแบบตรงและสลับฟันปลา มุมของหนามสางคือ 45° และ 90° ความเร็วป้อนรังไหม คือ 0.24 0.32 และ 0.4 เมตร/นาที ส่วนการทดสอบเครื่องตีเกลียวเส้นไหม ทำโดยเปรียบเทียบความเร็วที่แตกต่างกันในการป้อนใยไหม โดยค่าความเร็วของการป้อนใยไหมอยู่ที่ 0.24 0.32 และ 0.4 เมตร/นาที

จากผลการทดลองพบว่า รังไหมมีการแตกตัวมากที่สุด หนามสางที่เรียงตัวแบบสลับฟันปลาและเอียง 45° โดยที่มีความเร็วของป้อนรังไหมคือ 0.24 เมตร/นาที ผลการทดสอบเครื่องตีเกลียวพบว่าการป้อนใยไหมที่ความเร็วต่างกันจะได้เส้นไหมสามขนาด ซึ่งแบ่งเป็น 3 เบอร์ ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นไหม ไหมเบอร์ 1 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุด ไหมเบอร์ 2 เป็นเส้นไหมขนาดกลาง ส่วนไหมเบอร์ 3 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กที่สุด เมื่อป้อนใยไหมเข้าเครื่องตีเกลียวที่ความเร็ว 0.4 เมตร/นาที จะได้เส้นไหมเบอร์ 1 ซึ่งมีความสม่ำเสมอและจำนวนเกลียวน้อย แต่มีค่าแรงดึงและการยืดตัวที่มาก ส่วนไหมเบอร์ 2 สามารถผลิตได้เมื่อป้อนใยไหมเข้าเครื่องตีเกลียวที่ความเร็ว 0.32 เมตร/นาที คุณสมบัติของไหมเบอร์สองนี้ใกล้เคียงกับไหมเบอร์ 1 ในขณะที่ไหมเบอร์ 3 ซึ่งมีขนาดเล็กที่สุด จะผลิตได้เมื่อป้อนใยไหมเข้าเครื่องตีเกลียวด้วยความเร็ว 0.24 เมตร/นาที ไหมเบอร์ 3 เป็นเส้นไหมที่มีความสม่ำเสมอ และมีจำนวนเกลียวมากที่สุด จากการเปรียบเทียบสมบัติของเส้นไหมอีรี่ที่ได้จากเครื่องตีเกลียวกับเส้นไหมอีรี่ที่ผลิตด้วยมือแบบดั้งเดิม พบว่ามีสมบัติต่างๆใกล้เคียงกัน การหาจุดคุ้มทุนพบว่าหากมีการผลิตเส้นไหมอีรี่ในอัตรา 0.125 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และคิดจากการใช้เวลาผลิตวันละ 8 ชั่วโมง พบว่า จะใช้เวลา 289 วันในการคืนทุน จากผลการวิจัยทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า เครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวที่ออกแบบและสร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ สามารถเป็นทางเลือกในการเพิ่มผลผลิตเส้นไหมอีรี่ได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : ไหมอีรี่, สาวไหม, สางรังไหม, ตีเกลียวไหม

TITLE The development of a carding machine and a twisting silk machine for Eri silk
AUTHOR Mr.Puripong Aksonpim
DEGREE Master Degree of Engineering **MAJOR** Mechanical Engineering
ADVISORS Kiattisin Kanjanawanishkul, Ph.D.
Asst. Prof. Dr. Jindaporn Jamradloedluk, Ph.D.
UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2013

ABSTRACT

The purpose of this research was to develop a cocoon carding machine and twisting machine for Eri cocoons. A cocoon carding machine decomposes degumming cocoons and forms it into cohesiveness silk filament. The silk filament produced from a cocoon carding machine is then spun and twisted in the twisting machine to produce Eri silk fiber. Factors to test the functionality of the machine were teeth of carding head which were aligned in straight and zigzag pattern with angle of 45 and 90 degrees. The speeds of the cocoon feeder were adjusted as 0.24, 0.32, and 0.4 meter per minute. Twisting silk machine testing was done by comparing the different speeds of the input silk fiber. Speeds of the input silk fiber were 0.24, 0.32, and 0.4 meter per minute. From the experiments of a cocoon carding machine, it can be found that almost cocoons were decomposed when using zigzag pattern with angle of 45 degrees. The speed of the cocoon feeder was about 0.24 meter per minute. From twisting machine testing, the results pointed out that the different speed of silk fiber feeding provided different size of silk line. Silk line could be divided into three sizes or categories based on diameter of silk line. Silk number 1 had maximum diameter. Silk line number 2 was silk in a medium size and silk number 3 was the smallest size line. When fiber silk was fed to the twisting machine at 0.24 meter per minute, silk number 1 was produced. This silk number 1 was the least in consistent line and the smallest number of spiral but there was much tension and elongation. Silk number 2 could be produced when silk fiber is fed into a twisting machine at the velocity of 0.32 meter per minute. Properties of silk number 2 was close to silk number 1. While silk number 3, which was the smallest line was gotten when velocity of silk fiber fed into the twisting machine was 0.24 meter per minute. Silk number 3 had consistent line and the highest number of spiral. From the property comparison of Eri silk obtained from the twisting machine with Eri silk produced from a traditional method, it showed that their properties were similar. From finding the break even point, it has been found that the time to return capital was 289 days. This result was calculated in conditions of carding machine had continuous running of 8 hours per day and Eri silk cocoons were fed into the carding machine at 0.125 kg per hour. From all results, it can be concluded that, a cocoon carding machine and a twisting machine developed in this

research can help farmers to increase Eri silk production and support the Eri silk industry development.

Keyword : Eri silk, Reeling silk , Cocoon carding, Silk twisting

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพประกอบ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	2
1.5 สถานที่ทำการทดลอง	3
1.6 งบประมาณที่ใช้ในการทำโครงการ	3
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ไหมอีรี่	4
2.2 ความรู้พื้นฐานในการปั่นเส้นใยสั้น	5
2.3 ข้อกำหนดและคุณสมบัติเส้นใยที่มีผลต่อคุณภาพของเส้นด้าย	6
2.4 กระบวนการปั่นด้ายแบบวงแหวน (ring spinning)	8
2.5 วิธีการปั่นไหมอีรี่แบบดั้งเดิม	11
2.6 ขั้นตอนและวิธีการปั่นฝ้ายด้วยมือ	13
2.7 มาตรฐานเส้นไหมไทยและวิธีทดสอบ	14
2.8 มาตรฐานฝ้าย	18
2.9 การออกแบบกลไกและเครื่องจักร	21
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	26
3.1 การศึกษาข้อมูลของรังไหมอีรี่	26
3.2 การออกแบบเครื่อง	28
3.3 การทดสอบการทำงานของเครื่อง	38
3.4 การคำนวณทางด้านเศรษฐศาสตร์	41
บทที่ 4 ผลการวิจัย และการอภิปราย	43
4.1 การสร้างเครื่อง	43
4.2 ผลการทดลองเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหม	49
4.3 การคำนวนทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหม	62

หน้า

บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ 64
5.1 สรุปผล 64
5.2 ข้อเสนอแนะ 65
เอกสารอ้างอิง 66
ภาคผนวก 70
ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดสอบน้ำหนักรังไหมที่แตกตัวจากเครื่องสางรังไหม 71
ภาคผนวก ข ข้อมูลการทดสอบการวัดขนาดของเส้นไหม เพื่อคำนวณค่าความสม่ำเสมอ จากเครื่องตีเกลียว 73
ภาคผนวก ค ข้อมูลการทดสอบน้ำหนักของเส้นไหม เพื่อคำนวณค่าขนาดเส้นไหมในหน่วย Tex จากเครื่องตีเกลียว 80
ภาคผนวก ง ข้อมูลการทดสอบแรงดึงและร้อยละการยืดตัวของเส้นไหมจากเครื่องตีเกลียว 84
ภาคผนวก จ ข้อมูลการวัดจำนวนเกลียวเส้นไหม 89
ประวัติย่อผู้วิจัย 93

สารบัญตาราง

		หน้า
ตาราง 1.1	ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทำโครงการ	3
ตาราง 2.1	การนับคะแนนเพื่อจัดชั้นคุณภาพ ไหม 1	15
ตาราง 2.2	การนับคะแนนเพื่อจัดชั้นไหมคุณภาพ ไหม 2	15
ตาราง 2.3	การนับคะแนนเพื่อจัดชั้นคุณภาพ ไหม 3	16
ตาราง 2.4	ขนาดของเส้นไหมแต่ละกลุ่มของไหม 1	16
ตาราง 2.5	ขนาดของเส้นไหมแต่ละกลุ่มของไหม 2	16
ตาราง 2.6	ขนาดของเส้นไหมแต่ละกลุ่มของไหม 3	17
ตาราง 2.7	การจัดแบ่งคุณภาพเส้นไหมอีรี่	24
ตาราง 4.1	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักรังไหมที่แตกตัว และร้อยละการแตกตัวของรังไหม เมื่อทดสอบจากปัจจัยในการเรียงหนามสาง มุมของหนามสาง และความเร็วป้อนรังไหม	50
ตาราง 4.2	ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบสมบัติของเส้นไหม ร้อยละความสม่ำเสมอเส้นไหม แรงดึงเส้นไหม ร้อยการยืดตัว ขนาดเส้นไหม (tex) จำนวนเกลียว/เมตร ที่ได้จากการทดลองเครื่องตีเกลียวเส้นไหม ที่ความเร็วป้อนต่างๆ และการทดสอบสมบัติของเส้นไหมแบบดั้งเดิม	52
ตาราง 4.3	ค่าเฉลี่ย ร้อยละความสม่ำเสมอเส้นไหม แรงดึงเส้นไหม ร้อยละการยืดตัว ขนาดเส้นไหม tex จำนวนเกลียว/เมตร เมื่อทดสอบจากปัจจัยความเร็วป้อนรังใยไหม	56
ตาราง 4.4	เกณฑ์การกำหนดขนาดของเส้นไหม (tex)	57
ตาราง 4.5	เกณฑ์การให้คะแนนคุณภาพของเส้นไหม	57
ตาราง 4.6	ผลการทดลองการประเมินให้คะแนนไหมเบอร์ 1	58
ตาราง 4.7	ผลการทดลองการประเมินให้คะแนนไหมเบอร์ 2	60
ตาราง 4.8	ผลการทดลองการประเมินให้คะแนนไหมเบอร์ 3	61
ตารางภาคผนวก ก.1	ผลการทดลองเครื่องสาง น้ำหนักรังไหมที่แตกตัว เมื่อทดสอบจากปัจจัยในการเรียงหนามสาง มุมของหนามสาง และความเร็วป้อนรังไหม	72
ตารางภาคผนวก ข.1	ผลการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นไหม ชุดที่ 1 จากการทดลองเครื่องตีเกลียวเส้นไหม	74
ตารางภาคผนวก ข.2	ผลการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นไหม ชุดที่ 2 จากการทดลองเครื่องตีเกลียวเส้นไหม	75
ตารางภาคผนวก ข.3	ผลการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นไหม ชุดที่ 3 จากการทดลองเครื่องตีเกลียวเส้นไหม	76
ตารางภาคผนวก ข.4	ผลการคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นไหมและร้อยละความสม่ำเสมอ	77
ตารางภาคผนวก ข.5	ผลการทดลองเครื่องตีเกลียวเส้นไหม ด้วยปัจจัยความเร็วรอบป้อน 0.24, 0.32, 0.4 เมตร/นาที และการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นไหมและคำนวณค่าเป็นร้อยละความสม่ำเสมอ	78

หน้า

ตารางภาคผนวก ง.1 ผลการทดสอบแรงดึงเส้นไหม ที่ได้จากการทดลองเครื่องตีเกลียว ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง 85
ตารางภาคผนวก ง.2 ผลการวัดความยาวที่เปลี่ยนไปก่อนขาด เพื่อคำนวณหาร้อยละการยืดตัว 86
ตารางภาคผนวก ง.3 ผลการทดสอบเส้นไหมที่ได้จากเครื่องตีเกลียวเส้นไหม ด้วยปัจจัย ความเร็วรอบป้อน ที่ความเร็วรอบ 0.24, 0.32, 0.4 เมตร/นาที การวัดแรงดึง และร้อยละการยืดตัว 87
ตารางภาคผนวก จ.1 ผลการทดลองเครื่องตีเกลียว การวัดจำนวนเกลียวในเส้นไหม 90
ตารางภาคผนวก จ.2 ผลการทดสอบเส้นไหมที่ได้จากเครื่องตีเกลียวเส้นไหม ด้วยปัจจัย ความเร็วรอบป้อนที่ความเร็วรอบ 0.24, 0.32, 0.4 เมตร/นาที การวัดจำนวนเกลียว 91

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 2.1 วัฏจักรไหมอีรี่ 4
ภาพประกอบ 2.2 รังไหมอีรี่ 5
ภาพประกอบ 2.3 กระบวนการปั่นด้ายแบบวงแหวน 8
ภาพประกอบ 2.4 การปั่นด้ายแบบวงแหวน 11
ภาพประกอบ 2.5 การปั่นเส้นอีรี่แบบแห้ง 12
ภาพประกอบ 2.6 การปั่นเส้นไหมอีรี่แบบเปียก 12
ภาพประกอบ 2.7 กระบวนการปั่นฝ้ายด้วยมือ 13
ภาพประกอบ 2.8 สายพานแบบลิ่ม 21
ภาพประกอบ 2.9 คาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ 22
ภาพประกอบ 2.10 การปั่นด้ายแบบวงแหวน 39
ภาพประกอบ 3.1 ไดอะแกรมขั้นตอนการปั่นไหมอีรี่ด้วยมือ 26
ภาพประกอบ 3.2 ไดอะแกรมขั้นตอนการปั่นฝ้าย 27
ภาพประกอบ 3.3 ขั้นตอนการยีสางรังไหม 28
ภาพประกอบ 3.4 การปั่นเส้นไหมด้วยเครื่องปั่นฝ้าย 27
ภาพประกอบ 3.5 แบบถาดป้อนรังไหม 29
ภาพประกอบ 3.6 แบบลูกรีดป้อนรังไหม 29
ภาพประกอบ 3.7 แบบลูกหนามสาง 29
ภาพประกอบ 3.8 ถาดป้อนใยไหม 30
ภาพประกอบ 3.9 แบบลูกรีดป้อนแผ่นใยไหม 30
ภาพประกอบ 3.10 แบบตัวตีเกลียวใยไหม 30
ภาพประกอบ 3.11 การออกแบบชุดตีเกลียวแบบวงแหวน 31
ภาพประกอบ 3.12 การออกแบบลูกรีดป้อนใยไหม 31
ภาพประกอบ 3.13 แบบระบบส่งกำลังของเครื่องด้วยสายพาน 32
ภาพประกอบ 3.14 แบบเครื่องสางรังไหม 32
ภาพประกอบ 3.15 แบบเครื่องตีเกลียวเส้นไหม 33
ภาพประกอบ 3.16 การทำงานของชุดสางรังไหม 33
ภาพประกอบ 3.17 การทำงานของชุดตีเกลียวใยไหม 34
ภาพประกอบ 3.18 การทำงานของชุดตีเกลียวเส้นไหม 34
ภาพประกอบ 3.19 ไดอะแกรมขั้นตอนการทำงานของเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหม 34
ภาพประกอบ 3.20 แบบขนาดเครื่องสางรังไหม (หน่วย : เมตร) 37
ภาพประกอบ 3.21 แบบขนาดเครื่องตีเกลียวเส้นไหม (หน่วย : เมตร) 38
ภาพประกอบ 4.1 เครื่องสางรังไหมด้านหน้า 44
ภาพประกอบ 4.2 หัวสางและชุดครอบหัวสาง 44
ภาพประกอบ 4.3 ลูกรีดป้อนรังไหม 44

หน้า

ภาพประกอบ 4.4 เครื่องสางรังไหมด้านหลัง 45
ภาพประกอบ 4.5 เครื่องตีเกลียวเส้นไหม 46
ภาพประกอบ 4.6 ชุดตีเกลียวใยไหม 46
ภาพประกอบ 4.7 ตัวตีเกลียวใยไหม 47
ภาพประกอบ 4.8 ลูกรีดป้อนใยไหม 47
ภาพประกอบ 4.9 ระบบส่งกำลังลูกรีดป้อนใยไหม 47
ภาพประกอบ 4.10 ส่วนประกอบเครื่องตีเกลียวเส้นไหม 48
ภาพประกอบ 4.11 ชุดวงแหวนตีเกลียว 48
ภาพประกอบ 4.12 ลูกรีดป้อนใยไหม 48
ภาพประกอบ 4.13 ระบบส่งกำลังชุดวงแหวนตีเกลียวเส้นไหม 49
ภาพประกอบ 4.14 ระบบส่งกำลังตัวขับลูกรีดป้อนใยไหม 49
ภาพประกอบ 4.15 ปัจจัยของความเร็วป้อนที่มีผลต่อน้ำหนักที่แตกตัวของการสางรังไหม 51
ภาพประกอบ 4.16 ปัจจัยของความเร็วป้อนใยไหมที่มีผลต่อร้อยละความสม่ำเสมอของเส้นไหม 52
ภาพประกอบ 4.17 ปัจจัยความเร็วป้อนใยไหมที่มีผลต่อแรงดึงของเส้นไหม 52
ภาพประกอบ 4.18 ปัจจัยความเร็วป้อนใยไหมที่มีผลต่อร้อยละการยืดตัวของเส้นไหม 54
ภาพประกอบ 4.19 ปัจจัยความเร็วป้อนใยไหมที่มีผลต่อขนาดของเส้นไหม (tex) 54
ภาพประกอบ 4.20 ปัจจัยความเร็วป้อนใยไหมที่มีผลจำนวนเกลียวต่อเมตรของเส้นไหม 55
ภาพประกอบ 4.21 เส้นไหมเบอร์ 1 ภาพด้านซ้าย คือเส้นไหมที่ได้จากเครื่อง และภาพด้านขวา คือ เส้นไหมที่จากวิธีแบบดั้งเดิม 59
ภาพประกอบ 4.22 เส้นไหมเบอร์ 2 ภาพด้านซ้าย คือเส้นไหมที่ได้จากเครื่อง และภาพด้านขวา คือ เส้นไหมที่จากวิธีแบบดั้งเดิม 60
ภาพประกอบ 4.23 เส้นไหมเบอร์ 3 ภาพด้านซ้าย คือเส้นไหมที่ได้จากเครื่อง และภาพด้านขวา คือ เส้นไหมที่จากวิธีแบบดั้งเดิม 61

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ไหมเป็นเส้นใยโปรตีนธรรมชาติ ผลิตจากรังที่ห่อหุ้มตัวดักแด้ของหนอนไหม มีคุณสมบัติที่โดดเด่น เหนียว ทนทาน และมันวาว เส้นไหมที่นิยมได้มาจากไหมหม่อน (bombyx mori) ซึ่งกินใบหม่อนเป็นอาหาร แต่ไหมหม่อนมีข้อจำกัด คือต้องเลี้ยงในสภาวะที่ควบคุม ไม่ทนทานต่อโรค และผู้เลี้ยงจำเป็นจะต้องปลูกหม่อนเพื่อใช้เป็นอาหาร เกษตรกรจึงได้นำไหมชนิดอื่นมาเลี้ยง คือ ไหมป่าอีรี่ (philosamia ricini) โดยเส้นใยสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ อีกทั้งยังเลี้ยงได้ครบวงจรชีวิต (ทิพย์วดี และคณะ, 2535) ลักษณะของเส้นไหมอีรี่มีความมัน เงา สีขาวนวล แต่เส้นไหมหยิกงอ ถ้านำเส้นไหมมาทอ ผ้าที่ผลิตจากไหมอีรี่ มีลักษณะเฉพาะตัวคือ เบา ฟูตัว สามารถดูดซับเหงื่อและระบายอากาศได้ดี มูลค่าผลิตภัณฑ์ของไหมอีรี่ ราคารังไหม 230 บาทต่อกิโลกรัม เส้นไหมอีรี่ 1,100 บาทต่อกิโลกรัม ถ้านำไปทอเป็นผืนผ้าจะมีราคาเฉลี่ยอยู่ที่ 3818.54 บาทต่อกิโลกรัม (สุชาดา อุชชิน, 2552) ข้อดีของไหมอีรี่คือ กินใบมันสำปะหลังและใบละหุ่งเป็นอาหาร ประเทศไทยมีการปลูกมันสำปะหลังมากถึง 7.9 ล้านไร่ (คณะสำรวจภาวะการผลิตและการค้ามันสำปะหลังฤดูการผลิต 2555/56, 2555) แต่ใบมันสำปะหลังไม่ได้มีการนำไปใช้ประโยชน์มากนัก การนำไปเลี้ยงไหมอีรี่จะเป็นการสร้างรายได้เสริมให้กับเกษตรกร

รังไหมอีรี่เป็นรังไหมแบบเปิด เส้นใยไหมไม่เป็นเส้นเดียวยาวตลอดเหมือนไหมหม่อนแต่จะเป็นเส้นใยสั้น (staple) ไม่ต่อเนื่อง ความยาวเฉลี่ย 30.64 มิลลิเมตร (รังสิมา ชลคุปต์, 2548) และลักษณะเส้นไหมอีรี่ที่หยิกงอ ทำให้เส้นไหมพันกัน จึงไม่สามารถสาวเป็นเส้นด้วยวิธีการสาวไหม(reeling) แบบไหมหม่อนได้ การสาวไหมป่าอีรี่จะใช้วิธีปั่น (spun) และตีเกลียวคล้ายกับฝ้าย (Sirimuangkararat, 2005) ขั้นตอนการปั่นเส้นไหม จะเริ่มต้นด้วยการต้มรังไหมด้วยสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อละลายสารเหนียวที่เคลือบเส้นไหม ตากแดดให้แห้ง ทำการสางเส้นไหมด้วยมือและขั้นตอนสุดท้ายใช้เครื่องปั่นฝ้ายแบบดั้งเดิมหรือเครื่องเมเดลรีจักรา (กงล้อปั่นด้าย) ที่พัฒนาขึ้นโดยประเทศอินเดีย การปั่นเส้นไหมอีรี่จะทำการปั่นใยไหมทีละรัง ซึ่งต้องใช้ความชำนาญของผู้ทำงานในการรั้งและปล่อยใยไหม อีกทั้งยังต้องใช้เวลาในการสางมาก ถ้าเป็นช่วงฤดูทำนาและเก็บเกี่ยวผลผลิตจะขาดแรงงาน จากการสำรวจพบว่า ชาวบ้านจะขายรังไหมสดเพราะขาดแรงงานในการปั่นเป็นเส้นไหม อีกทั้งเครื่องปั่นเส้นไหมอีรี่ยังไม่มีจำหน่าย

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องผลิตเส้นไหมสำหรับไหมอีรี่โดยเฉพาะ มีขั้นตอนการทำงานของเครื่องคล้ายกับวิธีการปั่นไหมอีรี่แบบดั้งเดิมและวิธีการปั่นฝ้าย มาเป็นแนวทางในการออกแบบ (Debasis Chattopadhyay, 2010) โดยประกอบด้วยเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหม ในการออกแบบยังคำนึงถึงความสามารถใช้งานได้ง่าย ต้นทุนต่ำ ซ่อมบำรุงได้ง่าย และใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด โดยเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวไหมอีรี่นี้ จะสามารถเพิ่มผลผลิตเส้นไหม คุณภาพของเส้นไหม ขนาดและความสม่ำเสมอของเส้นไหม จะต้องเทียบได้กับเส้นไหมที่ปั่นแบบดั้งเดิม ซึ่งจะเป็นการช่วยเกษตรกรเพิ่มรายได้ ลดต้นทุนในการจ้างแรงงาน และยังเป็นการรองรับอุตสาหกรรมไหมอีรี่ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหมอีรี่
1.2.2 เพื่อศึกษาปัจจัยของอุปกรณ์ที่มีผลต่อสมบัติของเส้นไหมที่ได้
1.2.3 เพื่อศึกษาความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหม

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 รังไหมที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ รังไหมอีรี่ สนับสนุนจากถวิลการฟาร์ม
1.3.2 เครื่องแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ เครื่องสางรังไหม และเครื่องตีเกลียวเส้นไหม
1.3.3 ใช้วิธีสางรังไหมโดยใช้ลูกหนามสาง
1.3.4 ใช้วิธีปั่นเส้นไหมด้วยวิธีปั่นแบบวงแหวน
1.3.5 อัตราการผลิตจากรังไหม 1 กิโลกรัม/วัน
1.3.6 รังไหมอีรี่ที่ป้อนเข้าเครื่องสางรังไหมต้องผ่านการต้มละลายกาวไหม
โดยมีการเตรียมดังนี้ (รังสิมา ชลคุป, 2549)
1) จัดเตรียม รังไหมอีรี่ 50 กรัมต่อน้ำ 6 ลิตร
2) ต้มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส สบู่เหลว 5 กรัม/ลิตร โซเดียมคาร์บอเนต 3 กรัม/ลิตร เพื่อละลายกาวไหม
3) ใช้เวลาในการต้ม 60 นาที
4) ลดความชื้นรังไหมโดยการตากแดดที่อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
1.3.7 เงื่อนไขในการทดสอบเครื่องสางรังไหม คือ
1) มุมของหนามสาง 90° และ 45°
2) การจัดเรียงหนามสาง เรียงตัวแบบตรงและเรียงตัวแบบสลับฟันปลา
3) ความเร็วในการป้อนรังไหม 0.24, 0.32 และ 0.4 เมตร/นาที
1.3.8 เงื่อนไขในการทดสอบเครื่องตีเกลียวเส้นไหม คือ
ความเร็วในการป้อนใยไหม 0.24, 0.32 และ 0.4 เมตร/นาที
1.3.9 สมบัติของเส้นไหมอีรี่ที่ทดสอบในงานวิจัย คือ แรงดึง ขนาดเส้นไหม ร้อยละการยืดตัว ร้อยละความสม่ำเสมอ และ จำนวนเกลียว

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1.4.1 ได้เครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหมอีรี่ที่เหมาะสมในการผลิตเส้นไหม
1.4.2 เส้นไหมที่ได้จากเครื่องมีสมบัติใกล้เคียงกับแบบดั้งเดิม

1.5 สถานที่ทำการทดลอง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

1.6 งบประมาณที่ใช้ในการทำโครงการ

งบประมาณและวัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่อสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหม แสดงในตาราง 1.1

ตาราง 1.1 ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทำโครงการ

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	จำนวน	รวม (บาท)
- มอเตอร์ 1 เฟส 1 แรงม้า	4,500	1 ตัว	4,500
- มอเตอร์ 1 เฟส 0.5 แรงม้า	3,500	3 ตัว	10,500
- สายพาน ตัววี	500	5 เส้น	2,500
- พูเลย์ 1 นิ้ว	500	5 ตัว	2,500
- พูเลย์ 8 นิ้ว	750	5 ตัว	3,750
- เหล็กกลมตัน ขนาด 3/4 นิ้ว	2500	4 เส้น	10,000
- ชุดยึดรอก+แกนลูกปืน	400	8 ตัว	3,200
- เหล็กฉากขนาด 1x2 นิ้ว	1000	4 เส้น	4,000
- อุปกรณ์ปรับแรงดัน (dimmer)	500	4 เครื่อง	2,000
- สวิตช์ไฟ	500	3 ตัว	1,500
- รังไหมป่าพันธ์อีรี่	400	10 กิโลกรัม	4,000
- ตะปูยิง	500	5 กล่อง	2,500
- การขึ้นรูปชิ้นส่วน	10,000	จ้างเหมา	10,000
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น			60,950

บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้มุ่งเน้นเพื่อที่จะพัฒนาและสร้างเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหมอีรี่ โดยจำเป็นจะต้องทราบถึงคุณลักษณะของไหมอีรี่ ทฤษฎีการปั่นเส้นด้าย วิธีการปั่นฝ้ายด้วยมือ คุณสมบัติของเส้นใย มาตรฐานไหมเหลือง มาตรฐานของฝ้าย การออกแบบเครื่องจักร รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ไหมอีรี่

2.1.1 ไหมอีรี่ (ทิพย์วดี อรรถธรรม, 2549)

ไหมอีรี่ เป็นผีเสื้อกลางคืนในอันดับ lepidoptera วงศ์ saturniidae มีวัฏจักรชีวิตดังแสดงในภาพประกอบ 2.1 มีศักยภาพที่จะเป็นแมลงสำคัญทางเศรษฐกิจ ไหมอีรี่ให้เส้นใยที่นำไปทอเครื่องนุ่งห่ม และผลิตภัณฑ์ผ้าแบบต่าง ๆ ได้เช่นเดียวกับไหมหม่อน ดักแด้ไหมอีรี่มีคุณค่าโภชนาการสูง สามารถใช้เป็นอาหารของคนและอาหารสัตว์เลี้ยงที่สำคัญทางเศรษฐกิจได้ ข้อได้เปรียบของไหมอีรี่คือกินใบมันสำปะหลังและใบละหุ่งเป็นอาหาร โดยการเลี้ยงไหมอีรี่ด้วยใบมันสำปะหลังนี้ สามารถนำใบจากต้นมันสำปะหลังมาใช้ได้ถึงร้อยละ 30 โดยไม่ส่งผลต่อผลผลิตและคุณภาพของแป้งในหัวมันสำปะหลัง อีกทั้งการเลี้ยงหนอนไหมยังสามารถดำเนินการได้ถึง 20,000 ตัว ต่อพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 2-5 ไร่ จะใช้เวลาในการเลี้ยง 45 วัน ซึ่งได้ผลผลิตเป็นรังไหม 3-5 กิโลกรัม และดักแด้ 24 กิโลกรัม มีมูลค่ารวมกันประมาณ 2,500 บาท ภายในเวลา 1 ปี สามารถเลี้ยงได้ถึง 6-8 ครั้ง (ธำรงค์ เมฆโหรา, 2551) จึงเป็นการสร้างรายได้เพิ่มให้กับเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง

ที่มา : ศูนย์วิจัยกีฏวิทยาป่าไม้ที่ 1 จังหวัดลำปาง

ภาพประกอบ 2.1 วัฏจักรไหมอีรี่

2.1.2 ลักษณะรังไหมอีรี่

รังไหมอีรี่ที่สร้างขึ้นห่อหุ้มตัวเองตอนเข้าดักแด้ เป็นเส้นใยประกอบด้วยสารไฟโบอิน (fibroin) ที่ถูกเคลือบด้วยสารซิริซิน (sericin) ซึ่งเป็นสารเหนียวเพื่อประสานเส้นใยให้เป็นรังหุ้มหนอนไหม สารทั้งสองถูกขับออกมาจากต่อมไหม (silk gland) แล้วพ่นออกมาทางรูเล็ก ๆ ที่ปากของหนอนไหม โดยจะพ่นวนไปมาคลุมรอบตัว หนอนไหมขณะทำรังจะฉีดเส้นใยออกมารอบตัวแล้วหยุดแล้วฉีดต่อจึงทำให้เส้นใยขาดเป็นตอน ๆ ทำให้เส้นใยสั้น สารนี้เมื่อถูกอากาศจะแข็งตัวเป็นเส้นใยที่ประกอบขึ้นเป็นรังไหม รัง ไหมอีรี่มีสีขาวนวล ลักษณะรูปวงรียาวเรียวค่อนข้างแบนขนาดเฉลี่ย 2.1x4.8 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.2 เส้นใยจะสานกันหลวมกว่ารังไหมหม่อน ปลายข้างหนึ่งค่อนข้างแหลม ปลายอีกข้างหนึ่งของรังจะมีช่องเปิดเล็ก ๆ ให้ผีเสื้อออก ซึ่งต่างจากรังไหมหม่อนที่ปิดหมดทุกด้าน เส้นใยไหม อีรี่ไม่ได้เป็นเส้นเดียวยาวตลอดเหมือนไหมหม่อน กระบวนการผลิตเส้นไหมอีรี่นั้น ต้องทำการล้างกาวซิริซิน ออกด้วยสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ จากนั้นนำรังไหมไปผึ่งแดดให้แห้ง การดึงเส้นออกจากรังไหมอีรี่ไม่สามารถใช้วิธีสาว (reel) แบบไหมหม่อนได้เพราะไหมอีรี่เป็นเส้นใยสั้น วิธีที่ดีที่สุดคือใช้วิธีการปั่น (spun) ตีเกลียว

ที่มา : http://www.wormspit.com/erisilkworms.htm

ภาพประกอบ 2.2 รังไหมอีรี่

2.2 ความรู้พื้นฐานในการปั่นเส้นใยสั้น (ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ)

การปั่นเส้นด้ายใยสั้น (short staple spinning) เป็นการปั่นด้ายโดยการนำเอาเส้นใยสั้นมาทำการปั่นเป็นเส้นด้าย เส้นใยสั้นที่ใช้ปั่นนั้นเป็นเส้นใยที่ได้จากธรรมชาติ หรือเป็นเส้นใยยาวที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แล้วทำการตัดให้เป็นใยสั้น โดยในกระบวนการปั่นนั้นสามารถทำการปั่นเฉพาะเส้นใยชนิดเดียวหรือผสมกับเส้นใยชนิดอื่นเพื่อเพิ่มคุณสมบัติ เส้นใยสั้นที่นิยมนำมาปั่นเป็นเส้นด้าย คือ ใยสั้นจากฝ้าย (cotton) และ ขนสัตว์ (wool) ซึ่งกระบวนการปั่นนั้นจะเป็นการนำเส้นใยมาทำการเรียงตัวกันแล้วบิดพันเข้าด้วยกันเป็นเกลียวเพื่อให้เส้นใยเกาะยึดกัน ทำให้เกิดเป็นเส้นด้ายขึ้นและมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น โดยที่ความแข็งแรงของเส้นด้ายนั้นเกิดจากความฝืดระหว่างผิวของเส้นใยที่ถูกบิดเข้าด้วยกันและความแข็งแรงของเส้นใยเอง ซึ่งการบิดเกลียวเพื่อล็อคหรือยึดเส้นใยดังกล่าวจะทำให้ เส้นใยภายในเส้นด้ายไม่เกิดการเลื่อนตัวหลุดจากกันเมื่อรับแรงดึง เส้นด้ายที่ทำการปั่นจากเส้นใยสั้นนั้น ที่ผิว

ของเส้นด้ายจะมีปลายของเส้นใยโผล่ยื่นออกมา ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของเส้นด้ายใยสั้น (short staple yarn) และเหมาะที่จะนำเส้นด้ายดังกล่าวไปทำการผลิตเป็นเสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม จะได้ผ้าที่มีความฟูตัว ให้ผิวสัมผัสที่อ่อนนุ่ม และมีคุณสมบัติในการดูดซับที่ดี โดยกระบวนการปั่นเส้นด้ายใยสั้นที่เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย คือ การปั่นเส้นด้ายแบบวงแหวน (ring spinning) และการปั่นด้ายปลายเปิดแบบลูกถ้วย (open end-rotor spinning)

2.3 ข้อกำหนดและคุณสมบัติเส้นใยที่มีผลต่อคุณภาพของเส้นด้าย

ในการผลิตเส้นด้ายจำเป็นจะต้องทราบถึงข้อกำหนดและสมบัติต่าง ๆ ของเส้นใยที่มีผลต่อกระบวนการปั่นและคุณภาพของเส้นด้าย (นวลแข ปาลิวนิช, 2542) ดังต่อไปนี้

2.3.1 เบอร์ด้าย (yarn count)

เบอร์ด้าย เป็นตัวกำหนดขนาดของเส้นด้ายที่ทำการปั่นว่าเส้นด้ายนั้นมีความโตหรือเล็กเพียงใด ซึ่งเบอร์ด้ายที่ใช้มีอยู่ด้วยกัน 2 ระบบ คือ

1. ระบบตรง (direct system) เป็นระบบที่กำหนดเบอร์ของเส้นด้ายเป็นน้ำหนักต่อหน่วยความยาว (mass per unit length) ซึ่งหน่วยของระบบตรงที่นิยมใช้กันคือ เท็กซ์ (tex) และดีเนียร์ (denier) โดยมีนิยามและสมการ ดังนี้

1 tex = เส้นด้ายที่มีน้ำหนัก 1 กรัม ยาว 1,000 เมตร

1 denier = เส้นด้ายที่มีน้ำหนัก 1 กรัม ยาว 9,000 เมตร

$$\text{tex} = (m \times 1{,}000) / l \quad (2.1)$$

$$\text{denier} = (m \times 9{,}000) / l \quad (2.2)$$

เมื่อ m คือ น้ำหนักของเส้นด้าย มีหน่วยเป็นกรัม

L คือ ความยาวของเส้นด้าย มีหน่วยเป็นเมตร

2. ระบบกลับ (indirect system) ระบบเบอร์เส้นด้ายแบบกลับเป็นการกำหนดขนาดเบอร์ของเส้นด้ายจากความยาวของเส้นด้ายต่อหน่วยน้ำหนัก นิยมใช้กับเส้นใยสั้น ได้แก่ cotton count (Ne), metric count (Nm) และ worsted count (N_{ew}) เป็นต้น โดยในแต่ละหน่วยจะมีความยาวมาตรฐานจำเพาะที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นการคิดเบอร์ด้ายจึงมีความแตกต่างกันในรายละเอียด เช่น

1 Ne = เส้นด้ายยาว 840 หลา หนัก 1 ปอนด์

1 Nm = เส้นด้ายยาว 1,000 เมตร หนัก 1 กิโลกรัม

1 N_{ew} = เส้นด้ายยาว 560 หลา หนัก 1 ปอนด์

จากที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้ว่า การปั่นเส้นด้ายใยสั้นที่นิยมคือการปั่นเส้นด้ายใยสั้นจากฝ้าย และระบบเบอร์ด้ายที่นิยมจึงเป็น Ne และ Nm ซึ่งมีสมการดังนี้

$$n = (l) / (840 \times w) \quad (2.3)$$

เมื่อ n คือ เบอร์ด้ายที่ต้องการคำนวณเป็น Ne

L คือ ความยาวของเส้นด้ายตัวอย่าง มีหน่วยเป็นหลา

W คือ น้ำหนักของเส้นด้ายตัวอย่าง มีหน่วยเป็นปอนด์

และ

$$n = l / m \quad (2.4)$$

เมื่อ n คือ เบอร์ด้ายที่ต้องการคำนวณเป็น Nm

l คือ ความยาวของเส้นด้ายตัวอย่าง มีหน่วยเป็นเมตร
w คือ น้ำหนักของเส้นด้ายตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กรัม

2.3.2 เกลียวในเส้นด้าย (yarn twist)

เกลียวในเส้นด้าย เกิดจากการบิดพันเพื่อให้เส้นใยภายในเส้นด้ายจับยึดกัน ซึ่งมีความสำคัญและจำเป็นต่อการปั่นเส้นด้ายใยสั้น เพราะจะทำให้เส้นด้ายมีความแข็งแรงต่อแรงดึง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่จำเป็นของเส้นด้าย มีผลต่อกระบวนการทอ ถัก ย้อม และการตกแต่ง รวมไปถึงการทำเป็นผลิตภัณฑ์ โดยในการวัดจำนวนเกลียวในเส้นด้ายจะทำการวัดเป็นจำนวนเกลียวต่อหน่วยความยาว (turn per unit length) เช่น เกลียวต่อนิ้ว (turn or twist per inch) หรือเกลียวต่อเมตร (turn or twist per meter) เป็นต้น

เส้นด้ายที่มีจำนวนเกลียวต่อความยาวที่เพิ่มเรื่อย ๆ จะมีความแข็งแรงมากขึ้นด้วยเช่นกัน แต่ถ้าหากมีจำนวนเกลียวสูงเกินไปก็จะทำให้เส้นด้ายนั้นเกิดความแข็งกระด้าง และเมื่อเกลียวสูงขึ้นถึงระดับหนึ่งแล้วความแข็งแรงของเส้นด้ายจะค่อย ๆ ลดลงจนขาดจากกัน เนื่องมาจากเส้นใยภายในเส้นด้ายเริ่มเกิดการขาดเพราะไม่สามารถยืดตัวต่อได้จากแรงบิดในการบิดเข้าเกลียว ดังนั้นการปั่นเส้นด้ายโดยทำให้เส้นด้ายมีจำนวนเกลียวที่เหมาะสม จะทำให้ได้เส้นด้ายที่มีคุณภาพตามต้องการ

2.3.3 ความยาวของเส้นใย (fiber length)

ความยาวของเส้นใยจะมีอิทธิพลต่อกระบวนการปั่นเส้นด้าย คือ อัตราการขาดของเส้นด้าย ปริมาณของของเสียที่จะเกิดขึ้นระหว่างการปั่น จำนวนเกลียวในเส้นด้าย และสภาพแวดล้อมของกระบวนการปั่นด้าย ในกระบวนการปั่นด้ายความยาวของเส้นใยที่มีความยาวมากกว่า 15 มิลลิเมตร ขึ้นไปสามารถที่จะใช้ปั่นเป็นเส้นด้ายที่มีคุณสมบัติที่ดีได้ ส่วนเส้นใยที่มีความยาวต่ำกว่านี้ก็สามารถปั่นเป็นเส้นด้ายได้แต่คุณสมบัติของเส้นด้ายก็จะลดลง และเส้นใยที่มีความยาวต่ำกว่า 4-5 มิลลิเมตร นั้นจะไม่เป็นที่ต้องการสำหรับการปั่นเป็นเส้นด้าย เพราะแทนที่จะเพิ่มคุณสมบัติที่ดีให้กับเส้นด้าย กลับจะทำให้คุณสมบัติเส้นด้ายนั้นต่ำลง ซึ่งเส้นใยเหล่านี้จะถูกกำจัดหรือสูญเสียไปในระหว่างกระบวนการผลิต

2.3.4 ความแข็งแรงของเส้นใย (fiber strength)

ความแข็งแรงเป็นสมบัติเฉพาะของเส้นใยแต่ละชนิด ซึ่งความแข็งแรงของเส้นใยที่ใช้ในงานสิ่งทอควรมีค่าความแข็งแรงโดยประมาณที่ 6 cN/tex (เซนตินิวตัน/เท็กซ์) ดังนั้นเส้นใยที่จะสามารถปั่นเกลียวให้เกิดเป็นเส้นด้ายได้ควรจะเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงโดยประมาณ 30-70% ของความแข็งแรงของเส้นใยนั้น หรือมีค่าต่ำสุดที่ 3 cN/tex โดยที่ค่าความแข็งแรงของเส้นด้ายจะแปรผันโดยตรงกับความแข็งแรงของเส้นใยที่นำมาทำการปั่น

2.3.5 การยืดตัวของเส้นใย (fiber elongation)

การยืดตัวของเส้นใย หรือการยืดตัวก่อนขาด (elongation at break) ซึ่งหมายถึงความสามารถในการยืดตัวได้สูงสุดจนกระทั่งเส้นใยขาดมีหน่วยในการวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ และทำการทดสอบด้วยเครื่องเดียวกันกับเครื่องทดสอบความแข็งแรงของเส้นใย ซึ่งความสามารถในการยืดตัวของเส้นใยสามารถใช้บ่งบอกสมบัติของเส้นใยได้ เช่น รอยยับย่นของเส้นใยที่มีค่าการยืดตัวที่สูงกว่าจะมีรอยยับย่นที่น้อย อย่างไรก็ตามค่าการยืดตัวที่สูงเกินไปของเส้นใย บางครั้งก็ไม่มีความจำเป็นสำหรับผลิตภัณฑ์ทางสิ่งทอ เพราะจะทำให้เกิดความยุ่งยากในการปั่นด้าย

2.3.6 ความสะอาดของเส้นใย (fiber cleanness)

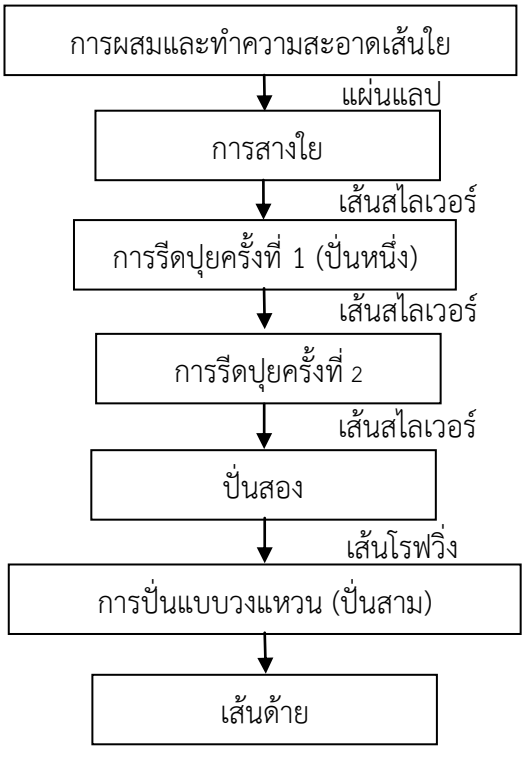
ความสะอาดของเส้นใยในที่นี้หมายถึง เส้นใยที่ไม่มีการปนเปื้อนของสิ่งสกปรก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นใยฝ้าย ซึ่งสิ่งสกปรกที่ผสมหรือปนเปื้อนส่วนมากได้แก่ เศษของเปลือกจากลำต้น ใบและเม็ดฝ้าย เศษหิน ดิน ทรายต่าง ๆ รวมไปถึงเศษโลหะหรือวัสดุอื่น ๆ เป็นต้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการปั่นและคุณภาพของเส้นด้าย ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องให้ความสำคัญอย่างมากในเรื่องนี้ เช่นหากมีเศษกิ่งก้านและเปลือกเมล็ดปนอยู่ก็จะมีผลต่อการกระจายตัวของเส้นใยในกระบวนการทำความสะอาดและสางใยหรือขั้นตอนการรีดปุยเพื่อลดขนาดทำให้เกิดการขาด และมีการหยุดเครื่องบ่อย ๆ นอกจากนั้นสิ่งปนเปื้อนหรือสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ เหล่านี้จะก่อให้เกิดการสะสมตัวและติดที่ฟันหนามเปิดเส้นใย

2.3.7 เม็ดปุ่มปม (neps)

เม็ดปุ่มปมจะมีลักษณะเป็นจุดขนาดเล็กที่เกิดขึ้นในแผ่นเส้นใย สไลเวอร์ และเส้นด้าย ซึ่งโดยทั่วไปสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ปุ่มปมจากเส้นใยและปุ่มปมจากเปลือกรัง (seed coat fragments) โดยปุ่มปมเล็ก ๆ เหล่านี้จะประกอบด้วยเส้นใยและส่วนที่เป็นสิ่งแปลกปลอม ปุ่มปมที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดจุดหนา (thick place) ขึ้นในเส้นด้าย ซึ่งจะมีผลกระทบต่อกระบวนการถัก ทอ และการย้อมสี เช่น เกิดการขาดของเส้นด้ายในระหว่างการทอ การถักและการดูดซึมสีที่ไม่สม่ำเสมอ ในกระบวนการย้อมสี เป็นต้น

2.4 กระบวนการปั่นด้ายแบบวงแหวน (ring spinning) (นวลแข ปาลิวนิช, 2542)

การปั่นเส้นด้ายแบบวงแหวน มีขั้นตอนดังแสดงในภาพประกอบ 2.3



ภาพประกอบ 2.3 กระบวนการปั่นด้ายแบบวงแหวน

2.4.1 การทำความสะอาดและผสมเส้นใยฝ้าย

การทำความสะอาดและผสมเส้นใยฝ้าย ถือเป็นกระบวนการแรกของการปั่นเส้นด้ายใยสั้น และการปั่นเส้นด้ายแบบวงแหวน ซึ่งประกอบด้วยเครื่องจักรทำหน้าที่แตกต่างกันออกไป เช่น เครื่องจักรที่ทำหน้าที่ในการเปิดเส้นใย การผสมเส้นใยและการทำความสะอาดเส้นใย มาทำการต่อเข้าเป็นชุดเดียวกัน ซึ่งการทำงานดังกล่าวของเครื่องจักรมีวัตถุประสงค์หลัก คือ

1) ผสมเส้นใยฝ้ายที่มาจากแหล่งต่าง ๆ กัน ทั้งใยฝ้ายคุณภาพดี หรือเศษฝ้าย

2) ป้อนเส้นใยฝ้ายเข้าสู่เครื่อง

3) เปิดและกระจายเส้นใย

4) ทำความสะอาดสิ่งแปลกปลอมในเส้นใย และกำจัดเส้นใยสั้นที่ไม่ต้องการ

5) ทำให้เส้นใยสม่ำเสมอและลดขนาดกลุ่มเส้นใย

6) ทำเส้นใยให้เป็นแผ่นและม้วนเก็บเป็นม้วนแลป (lap)

7) ส่งต่อเส้นใยไปสู่เครื่องสางใย

2.4.2 กระบวนการสางเส้นใย

เครื่องสางใยเป็นเครื่องจักรที่อยู่ขั้นตอนสุดท้ายที่จะสามารถทำความสะอาดเส้นใยเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกและปุ่มปมต่าง ๆ ในเส้นใยฝ้ายก่อนที่จะทำการรีดปุยและป้อนเข้าสู่เครื่องปั่นเส้นด้าย

1) หน้าที่ของเครื่องสางใย

(1) เปิดกลุ่มเส้นใยให้แยกกันอิสระ หรือเป็นเส้นใยเดี่ยว เนื่องจากเส้นใยที่ป้อนเข้าสู่เครื่องสางใยนั้นจะมาในลักษณะที่รวมตัวกันมาเป็นกลุ่ม และทำความสะอาดหรือกำจัดสิ่งสกปรกที่มาพร้อมกับฝ้าย

(2) กำจัดสิ่งสกปรกที่ปนมากับเส้นใยฝ้าย แม้สิ่งสกปรกบางส่วนจะถูกกำจัดออกไปตั้งแต่ในกระบวนการผสมฝ้าย (ประมาณ 80-95%) แต่เมื่อเข้าสู่เครื่องสางใยจะมีความสามารถในการทำความสะอาดฝ้ายทั้งหมดถึง 95–99% โดยจะเหลือสิ่งสกปรกที่ยังคงหลงเหลืออยู่กับฝ้ายหลังการสางใยอีกประมาณ 0.05–0.3 %

(3) กำจัดฝุ่นเนื่องจากเกิดการแตกหักของเส้นใยหรือฝุ่นขนาดเล็กขึ้น เมื่อมีการเสียดสีกันระหว่างเส้นใยและเส้นใย หรือเส้นใยกับโลหะ

(4) ลดจำนวนปุ่มปมที่เกิดขึ้นกับเส้นใยเนื่องมาจากกระบวนการก่อนหน้า ซึ่งขั้นตอนการสางใยก็จะลดจำนวนของปุ่มปมลง

(5) กำจัดเส้นใยสั้น กล่าวคือเส้นใยที่มีความยาวจะถูกจับหรือเกี่ยวด้วยหนามสางใย ส่วนเส้นใยสั้นนั้นจะเกิดการลอยตัวและไม่มีระยะมากพอที่จะงอตัวให้เกิดการเกี่ยวของหนามสางใย จึงจะถูกกำจัดออกไปด้วยหนาม flexible revolving flats หรือ top flat รวมถึงระบบลมดูดในเครื่อง

(6) ทำหน้าที่ผสมเส้นใย ถึงแม้ว่าเครื่องสางใยจะทำให้เส้นใยแยกจากกันเป็นเส้นใยเดี่ยว แต่สุดท้ายแล้วเมื่อทำการรวบเส้นใยให้กลายเป็นสไลเวอร์ ก็ทำให้มีลักษณะของการผสมกันของเส้นใย

(7) ทำให้เกิดการเรียงตัวกันของเส้นใย ในการสางเส้นใยนั้นจะทำให้เส้นใยเกิดการเหยียดตัวออกทำให้มีลักษณะเป็นเส้นตรงมากขึ้น รวมทั้งเส้นใยมีความยาวไปในทิศทางเดียว

2) ส่วนประกอบหลักของเครื่องสางใย

(1) ลูกกลิ้งป้อนและแผ่นรองรับฝ้าย (feed roll and feed plate)

ทำหน้าที่ป้อนแผ่นของกลุ่มเส้นใย (lap) เข้าสู่เครื่อง โดยลูกกลิ้งป้อนฝ้ายนี้จะมีการขึ้นลาย หรือเซาะเป็นร่องตลอดความยาวของลูกกลิ้ง เพื่อป้องกันการลื่นไถลตัวของแผ่นเส้นใยขณะป้อน และแผ่นรองรับฝ้ายด้านล่างจะเป็นตัวช่วยจับยึดและควบคุมการป้อนฝ้ายไม่ให้หนาหรือบางมากเกินไป

(2) ลูกกลิ้งหนามสางใย (cylinder)

ทำหน้าที่สางกระจายเส้นใยให้เส้นใยเป็นอิสระต่อกัน ทำให้สิ่งสกปรกขนาดเล็กที่เกาะมากับเส้นใยหลุดออกไป ซึ่งสิ่งสกปรกจะตกลงด้านล่างด้วยแรงโน้มถ่วงหรือด้วยแรงเหวี่ยงของการหมุนของลูกกลิ้งสางใย และบางส่วนจะถูกเหวี่ยงไปติดที่หนาม top flats หรือ revolving flats ที่อยู่ด้านบนและถูกเกี่ยวพาออกไป นอกจากนี้ยังทำให้เส้นใยมีการเหยียดตัวมากยิ่งขึ้นด้วย

2.4.3 การรีดปุยเส้นใย

เครื่องรีดปุยเส้นใย เป็นเครื่องจักรสุดท้ายในการเตรียมเส้นใยเพื่อป้อนเข้าสู่เครื่องปั่นด้ายแบบวงแหวน ซึ่งการรีดปุยเป็นการรีดลดขนาดของกลุ่มเส้นใยทำให้กลุ่มเส้นใยมีความสม่ำเสมอและได้น้ำหนักของสไลเวอร์ที่เหมาะสมในการใช้ป้อนเข้าสู่เครื่องปั่นด้าย ในขณะเดียวกันก็จะเป็นการช่วยในการผสมเส้นใยให้เข้ากันได้ดีมากขึ้นด้วย หน้าที่ของเครื่องรีดปุยมีดังนี้

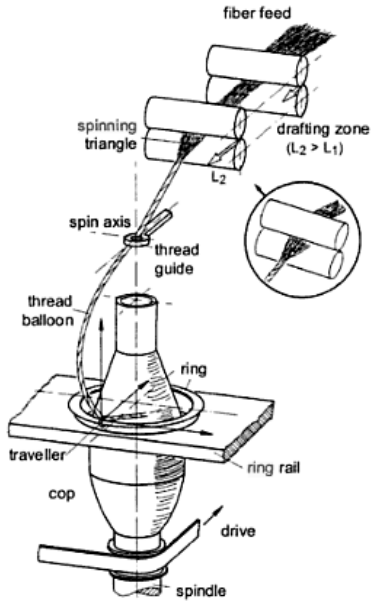
1) ผสมเส้นใยในรูปสไลเวอร์ที่มาจากเครื่องสางใยต่างเครื่องกัน

2) รีดลดขนาดของสไลเวอร์หลาย ๆ เส้นให้เล็กลงเหลือเส้นเดียว

3) ทำให้เส้นใยมีการเรียงตัวขนานกันและควบคุมน้ำหนักของเส้นสไลเวอร์ให้มีความสม่ำเสมอกันตามเกณฑ์ที่กำหนด

2.4.4 การปั่นเป็นเส้นด้ายแบบวงแหวน (burkhard wulfhorst, 2006)

เป็นการปั่นด้ายโดยลดขนาดของเส้นสไลเวอร์ให้เล็กลงเหลือขนาดตามที่ต้องการด้วยระบบ ดราฟท์ แล้วผ่านไปยังไกด์นำเส้นด้าย (thread guide) ตัวห่วง (traveller) ซึ่งเคลื่อนที่อยู่บนวงแหวน(ring) แล้วจึงไปพันหลอดเส้นด้าย (bobbin) ซึ่งสวมอยู่บนแกนปั่นด้าย (spindle) การพันด้ายเข้าหลอดจะเกิดขึ้นได้เนื่องจากความแตกต่างกันระหว่างความเร็วรอบของ traveller และ spindle เครื่องจักรที่ใช้ปั่นด้ายนี้เรียกว่า การปั่นด้ายแบบวงแหวน ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.4



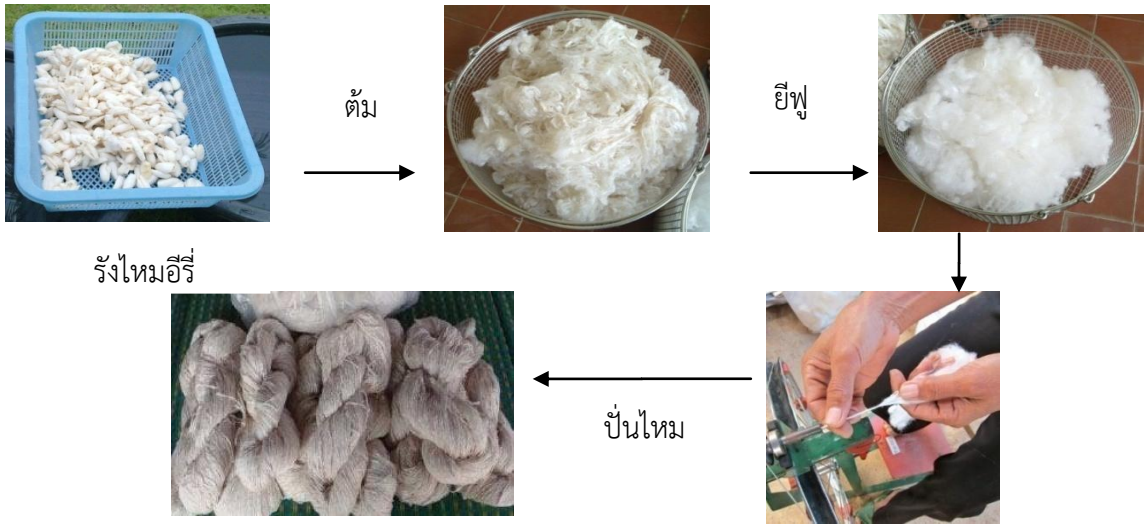
ที่มา : (burkhard wulfhorst, 2006)

ภาพประกอบ 2.4 การปั่นด้ายแบบวงแหวน

2.5 วิธีการปั่นไหมอีรี่แบบดั้งเดิม

การปั่นไหมอีรี่แบบดั้งเดิมทำได้ 2 วิธี คือ ปั่นเส้นแบบแห้งและปั่นเส้นแบบเปียก

2.5.1 การปั่นเส้นแบบแห้ง จะทำการคัดแยกเศษใบไม้ เศษแมลง ออกจากรังไหม ทำการต้มรังไหมในด่างขี้เถ้าหรือสบู่เหลว เพื่อลอกกาวเหนียวออกจากรังไหม นำรังไหมที่ลอกกาวเหนียวแล้วไปตากแดดให้แห้ง จากนั้นทำการยีฟูรังไหม ก่อนนำรังไหมที่ยีฟูแล้วมาปั่นให้ใยไหมหมุนพันเป็นเกลียวต่อเนื่องเป็นเส้นด้าย ดังแสดงในภาพประกอบ 2.5 เส้นไหมที่ปั่นได้จะมีความสวยงามมากน้อยขึ้นอยู่กับความชำนาญในการดึงรั้งเส้นไหมก่อนเข้าเครื่องปั่นเส้น



ภาพประกอบ 2.5 การปั่นเส้นอีรี่แบบแห้ง

2.5.2 การปั่นเส้นแบบเปียก เป็นการนำเอารังไหมที่ต้มลอกกาวแล้วมาปั่นเป็นเส้นโดยแช่ในน้ำ หลังจากนั้นนำไปล้างในน้ำสบู่และผึ่งแดดให้แห้งสนิทก่อนไปนำไปทอ หากปั่นไม่หมดจะต้องนำรังไหมไปผึ่งแดดให้แห้งสนิทเพื่อป้องกันเชื้อรา ดูภาพประกอบ 2.6

ภาพประกอบ 2.6 การปั่นเส้นไหมอีรี่แบบเปียก

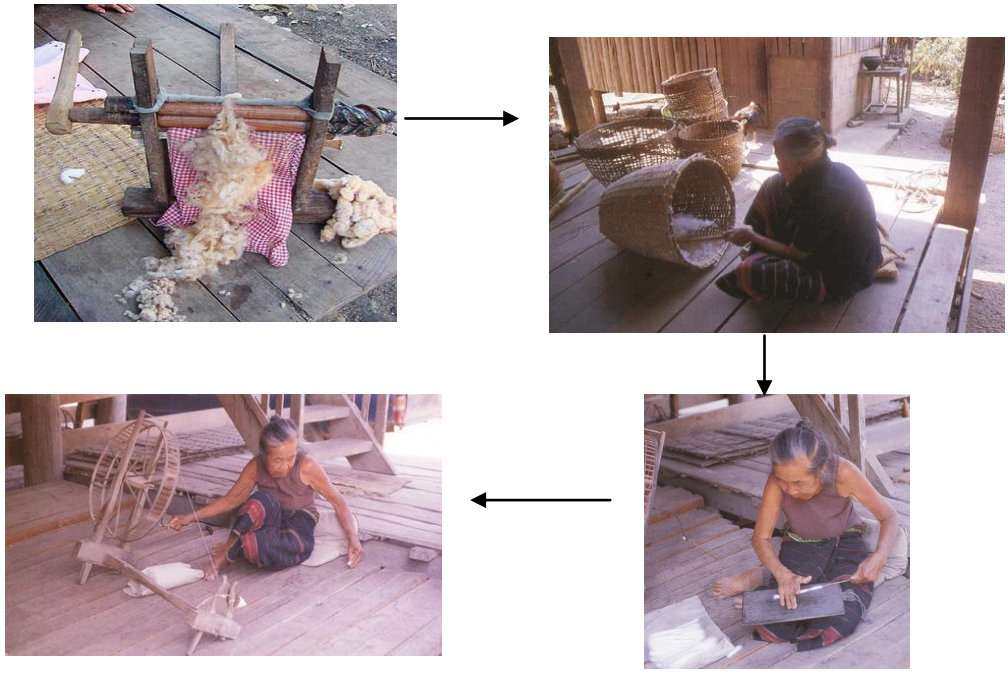
2.6 ขั้นตอนและวิธีการปั่นฝ้ายด้วยมือ (พิพิธภัณฑ์ผ้า มหาลัยวิทยาลัยนเรศวร, 2551)

2.6.1 วิธีการ หีบฝ้าย นั้นจะทำโดยการนำปุยฝ้ายที่ตากแห้งสะอาดใส่เข้าไประหว่างไม้กลมเกลี้ยงขนานชิด ส่วนที่เป็นปุยฝ้ายจะถูกหนีบลอดข้ามไปหล่นลงตะกร้าหรือกระบุงที่เตรียมไว้ ส่วนเมล็ดก็จะร่วงลงพื้นทำต่อเนื่องไปจนหมด

2.6.2 การดีดฝ้ายหรือแก้บฝ้าย นำปุยฝ้ายที่คัดแยกเมล็ดออกหมดแล้วมาดีด โดยใช้ กงดีดฝ้ายซึ่งทำจากซี่ไม้ไผ่เหลาให้ปลายเรียวทั้งสองข้างและใช้เชือกผูกที่ปลายทั้งสองข้างเพื่อดัดซี่ไม้ให้โค้งเข้าหากันคล้ายกับคันธนู หมั่นคนปุยฝ้ายให้เชือกดีดถูกจนทั่วสม่ำเสมอกันเป็นปุยละเอียดเหมือนกันทั้งหมด

2.6.3 วิธีการม้วยฝ้ายหรือล้อฝ้าย คือ นำปุยฝ้ายที่ดีดเป็นปุยละเอียดแล้ววางลงบนแป้นล้อฝ้ายให้กระจายสม่ำเสมอกัน แล้ววางไม้ล้อฝ้ายไว้บนส่วนปุยฝ้าย จากนั้นให้เอาฝ่ามือถูปุยฝ้ายให้ม้วนขนานเข้าไปกับไม้ล้อฝ้าย ไม่ให้ม้วนฝ้ายแน่นหรือหลวมเกินไป แล้วดึงไม้ล้อฝ้ายออก จะได้ฝ้ายเป็นม้วนหลอดกลม

2.6.4 การปั่นฝ้าย วิธีการปั่นฝ้ายหรือเข็นฝ้าย นำปลายม้วนฝ้ายจ่อไว้ที่ไน ส่วนมืออีกข้างจับที่หมุนให้วงล้อหมุน ส่วนไนก็จะหมุนตาม ทำให้แรงเหวี่ยงตีเกลียวม้วนฝ้ายที่จ่อไว้ เมื่อดึงมือที่ถือม้วนฝ้ายออกมาก็จะเป็นเส้นฝ้าย เมื่อผ่อนมือย้อนกลับเส้นฝ้ายก็จะม้วนอยู่กับเหล็กไน เมื่อใกล้จะหมดม้วนฝ้ายก็เอาม้วนฝ้ายอันใหม่ทำต่อเนื่องกับม้วนฝ้ายอันเดิมให้เป็นเส้นฝ้ายเดียวกัน จนเส้นฝ้ายเต็มเหล็กไน จึงค่อย ๆ คลายเส้นใยฝ้ายจากเหล็กในใส่ไม้เปียฝ้ายหรือไม้เปฝ้าย ดังแสดงในภาพประกอบ 2.7



ที่มา : http://www.openbase.in.th/node/5621

ภาพประกอบ 2.7 กระบวนการปั่นฝ้ายด้วยมือ

2.7 มาตรฐานเส้นไหมไทยและวิธีทดสอบ (มาตรฐานสินค้าเกษตรแห่งชาติ มกอช.8000, 2548)

2.7.1 ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติฉบับนี้

1) เส้นไหมไทย (thai silk yarn) หมายถึง เส้นไหมหัตถกรรมซึ่งได้จากเส้นไหมดิบของไหมพันธุ์ไทยสีเหลืองที่สาวด้วยมือ หรือเส้นไหมหัตถอุตสาหกรรมซึ่งได้จากเส้นไหมดิบของไหมพันธุ์ไทยสีเหลืองที่สาวด้วยวัสดุอุปกรณ์การสาวไหมที่ใช้เครื่องจักร มีกำลังรวมไม่เกิน 5 แรงม้า

2) เส้นไหมดิบ (raw silk) หมายถึง เส้นไหมที่ไม่ผ่านการแปรรูป

ดีเนียร์ (denier) หมายถึง หน่วยวัดขนาดเส้นไหม เส้นไหมหนัก 1 กรัม ยาว 9,000 เมตร เท่ากับ 1 ดีเนียร์

3) ซิริซิน (sericin) หมายถึง กาวของเส้นไหมที่อยู่รอบ ๆ เส้นไหมซึ่งละลายได้ดีในน้ำ

4) รุ่น (lot) หมายถึง เส้นไหมไทยแต่ละเข็ดที่มีคุณภาพ ขนาด และพันธุ์ หรือกลุ่มพันเดียวกัน โดยกลุ่มผู้ผลิตเดียวกัน

2.7.2 คุณภาพของเส้นไหม แบ่งตามสมบัติได้ดังนี้

ไหม 1 เส้นไหมเรียบสม่ำเสมอ ขนาดสม่ำเสมอ รวมตัวกลม สีสม่ำเสมอ สะอาดไม่มีสิ่งเจือปน คุณภาพไหม 1 แบ่งตามคุณลักษณะที่ตรวจสอบได้เป็น 3 ชั้นคุณภาพ คือ ชั้นพิเศษ ชั้นหนึ่ง และชั้น 2 และมีปริมาณกาวเซริซิน <30%

ไหม 2 เส้นไหมไม่เรียบ ขนาดสม่ำเสมอ รวมตัวกลม สีสม่ำเสมอ สะอาดไม่มีสิ่งเจือปน คุณภาพไหม 2 แบ่งตามคุณลักษณะที่ตรวจสอบได้เป็น 3 ชั้นคุณภาพ คือ ชั้นพิเศษ ชั้นหนึ่ง และชั้น 2 และมีปริมาณกาวเซริซิน <30%

ไหม 3 เส้นไหมมีปุ่มปม ขนาดสม่ำเสมอ รวมตัวกลม สีสม่ำเสมอ สะอาดไม่มีสิ่งเจือปน คุณภาพไหม 3 แบ่งตามคุณลักษณะที่ตรวจสอบได้เป็น 3 ชั้นคุณภาพ คือ ชั้นพิเศษ ชั้นหนึ่ง และชั้น 2 และมีปริมาณกาวเซริซิน <40%

2.7.3 วิธีตรวจสอบชั้นคุณภาพไหม

1) ผู้ตรวจสอบควรผ่านการฝึกอบรม การจำแนกชั้นคุณภาพเส้นไหมด้วยสายตา

2) อุปกรณ์ที่ใช้ ได้แก่กระดาษแข็งสีดำขนาด 5x10 เซนติเมตร กระดาษนับคะแนน เครื่องคิดเลข

3) นำเส้นไหมไทย 1 เข็ด มากำหนดจุดที่จะทำการตรวจสอบอย่างน้อย 5 จุด ใช้กระดาษแข็งในข้อ 2 สอดเข้าในกึ่งกลางของแต่ละจุด นับเส้นไหมให้อยู่ในกระดาษแข็งจำนวน 100 เส้น

4) เส้นไหมไทยที่มีลักษณะปกติ เส้นมักบิดตัวเป็นริบบิ้น หรือ เป็นคลื่น ผู้ตรวจสอบต้องใช้มือดึงเส้นไหมจนเป็นเส้นตรง เพื่อตรวจสอบคุณลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

(1) เส้นไม่เรียบ คือ

(1.1) มีปุ่ม ปม มีลักษณะเป็นจุดกลม และรูปแบบอื่น

(1.2) มีความหนามาก

(2) เส้นไม่รวมตัวกลม คือ

(2.1) เส้นแตกตรงกลางเส้น

(2.2) เส้นแตกที่ผิวเส้นไหม หรือมีรูทะลุ

(2.3) พบขนบาง ๆ บนเส้นไหม มีความยาวมากกว่า 1.5 เซนติเมตร

(3) เส้นไม่สม่ำเสมอ คือ

(3.1) การต่อเส้นไหมที่ขาด แล้วเส้นไหมไม่เท่ากัน

(3.2) เส้นขนาดใหญ่ หรือ เล็กกว่าขนาดเส้นไหมในภาพรวมมากกว่า 1 มิลลิเมตร

(4) สีเส้นไม่สม่ำเสมอกัน คือ

(4.1) เส้นไหมมีสีต่างจากเส้นอื่น

(5) เส้นไม่สะอาด คือ

(5.1) มีดิน เศษดักแด้ เศษเปลือกรังไหมชั้นนอก ติดอยู่

(5.2) มีเส้นฝอยของรังไหมติดอยู่

(5.3) มีสีดำ หรือ สีอื่นติดอยู่

(5.4) มีก้อนเซริซินยึดจับเป็นก้อนบนเส้นไหม

5) นับคะแนนเพื่อจัดชั้นคุณภาพเส้นไหม ตามตาราง 1 ตาราง 2 และ ตาราง 3 ดังนี้

ตาราง 2.1 การนับคะแนนเพื่อจัดชั้นคุณภาพ ไหม 1

คุณลักษณะ	คะแนนเต็ม	การนับคะแนน
เรียบสม่ำเสมอ	30	พบความไม่เรียบ และปุ่มปม 1 จุด คะแนนลดลง 1 คะแนน
ขนาดสม่ำเสมอ	30	พบความไม่สม่ำเสมอ 1 จุด คะแนนลดลง 1 คะแนน
รวมตัวกลม	15	พบเส้นไม่รวมตัวกลม 1 จุด คะแนนลดลง 0.5 คะแนน
สีสม่ำเสมอ	15	พบสีต่างจากเส้นอื่น 1 จุด คะแนนลดลง 0.5 คะแนน
สะอาดไม่มีสิ่งปลอมปน	10	พบเส้นไม่สะอาด มีสิ่งแปลกปลอม 1 จุด คะแนนลดลง 0.3 คะแนน

ไหม 1 ชั้นพิเศษ คะแนนคุณลักษณะรวมกันไม่ต่ำกว่า 90 คะแนน

ไหม 1 ชั้นหนึ่ง คะแนนคุณลักษณะรวมกัน ไม่ต่ำกว่า 80 คะแนน

ไหม 1 ชั้นสอง คะแนนคุณลักษณะรวมกัน ไม่ต่ำกว่า 65 คะแนน

ตาราง 2.2 การนับคะแนนเพื่อจัดชั้นไหมคุณภาพ ไหม 2

คุณลักษณะ	คะแนนเต็ม	การนับคะแนน
ขนาดสม่ำเสมอ	50	พบความไม่สม่ำเสมอ 1 จุด คะแนนลดลง 1 คะแนน
รวมตัวกลม	20	พบเส้นไม่รวมตัวกลม 1 จุด คะแนนลดลง 0.4 คะแนน
สะอาดไม่มีสิ่งปลอมปน	20	พบเส้นไม่สะอาด มีสิ่งแปลกปลอม 1 จุด คะแนนลดลง 0.4 คะแนน
สีสม่ำเสมอ	10	พบสีต่างจากเส้นอื่น 1 จุด คะแนนลดลง 0.2 คะแนน

ไหม 2 ชั้นหนึ่ง คะแนนคุณลักษณะรวมกัน ไม่ต่ำกว่า 80 คะแนน

ไหม 2 ชั้นสอง คะแนนคุณลักษณะรวมกัน ไม่ต่ำกว่า 60 คะแนน

ตาราง 2.3 การนับคะแนนเพื่อจัดชั้นคุณภาพ ไหม 3

คุณลักษณะ	คะแนนเต็ม	การนับคะแนน
ขนาดสม่ำเสมอ	50	พบความไม่สม่ำเสมอ 1 จุด คะแนนลดลง 1 คะแนน
รวมตัวกลม	20	พบเส้นไม่รวมตัวกลม 1 จุด คะแนนลดลง 0.4 คะแนน
สะอาดไม่มีสิ่งปลอมปน	20	พบเส้นไม่สะอาด มีสิ่งแปลกปลอม 1 จุด คะแนนลดลง 0.4 คะแนน
สีสม่ำเสมอ	10	พบสีต่างจากเส้นอื่น 1 จุด คะแนนลดลง 0.2 คะแนน

ไหม 3 ชั้นหนึ่ง คะแนนคุณลักษณะรวมกัน ไม่ต่ำกว่า 80 คะแนน
ไหม 3 ชั้นสอง คะแนนคุณลักษณะรวมกัน ไม่ต่ำกว่า 60 คะแนน

2.7.4 การแบ่งกลุ่มขนาดเส้นไหมไทย
ไหม 1 แบ่งขนาดเป็น 5 กลุ่มดังนี้

ตาราง 2.4 ขนาดของเส้นไหมแต่ละกลุ่มของไหม 1

กลุ่ม	ขนาด (ดีเนียร์)
กลุ่ม 1	<120
กลุ่ม 2	121 – 150
กลุ่ม 3	151 – 200
กลุ่ม 4	201 – 250
กลุ่ม 5	>251

ไหม 2 แบ่งขนาดเป็น 5 กลุ่มดังนี้

ตาราง 2.5 ขนาดของเส้นไหมแต่ละกลุ่มของไหม 2

กลุ่ม	ขนาด (ดีเนียร์)
กลุ่ม 1	<150
กลุ่ม 2	151 – 200
กลุ่ม 3	201 – 250
กลุ่ม 4	251 – 300
กลุ่ม 5	>301

ไหม 3 แบ่งขนาดเป็น 4 กลุ่มดังนี้

ตาราง 2.6 ขนาดของเส้นไหมแต่ละกลุ่มของไหม 3

กลุ่ม	ขนาด (ดีเนียร์)
กลุ่ม 1	<250
กลุ่ม 2	251 – 350
กลุ่ม 3	351 – 450
กลุ่ม 4	>451

2.7.6 วิธีหาค่าขนาดเฉลี่ยของเส้นไหม (average size test)

การวัดขนาดของเส้นไหม สามารถวัดเป็นค่าเฉลี่ยโดยใช้เครื่องกรอ หรือ วัดความยาวในแนวตรง ดังนี้

1) วิธีหาค่าขนาดเฉลี่ยเส้นไหม (average size test) ด้วยเครื่องกรอ (sizing reel equipment)

(1) วัสดุอุปกรณ์

(1.1) ห้องควบคุมภาวะบรรยากาศสำหรับการกรอและการวัดขนาดของเส้นไหมดิบที่มีระดับอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 65±2 %

(1.2) เครื่องกรอ (sizing reel equipment) ที่มีเส้นรอบวง 1 เมตร หรือขนาดอื่นแต่ต้องไม่น้อยกว่า 0.9 เมตร ประกอบด้วยอุปกรณ์สำหรับดึงเส้นไหมตามแรงที่ต้องการ และอุปกรณ์สำหรับเรียงเส้นไหมให้เป็นระเบียบในขณะที่กรอ

(1.3) เครื่องชั่งซึ่งวัดได้ละเอียดถึง 0.1 มิลลิกรัม

(2) ภาวะบรรยากาศ

(2.1) นำเข็ดไหมที่ต้องการวัดขนาดเส้นไหมมาอบ โดยกำหนดภาวะบรรยากาศสำหรับการอบที่อุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 10%

(2.2) เก็บเข็ดไหมที่ต้องการวัดขนาดเส้นไหมไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 65±2 % จนอยู่ในภาวะสมดุล คือ น้ำหนักของเส้นไหมที่ต้องการวัดขนาด ในช่วงเวลาห่างกัน 2 ชั่วโมง เปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0.25 %

(3) วิธีการวัดขนาด

(3.1) จากเข็ดไหมที่ต้องการวัดขนาดเส้นไหม เลือกเส้นไหม 3 จุด นำมากรอด้วยเครื่องกรอโดยใช้แรงดึงน้อยที่สุด เป็นจำนวน 50 รอบ ทำ 5 ซ้ำ

(3.2) ชั่งน้ำหนักเส้นไหมด้วยเครื่องที่มีความละเอียด 0.1 มิลลิกรัม

(4) วิธีคำนวณ

คำนวณหาค่าขนาดเส้นไหม จากสูตรดังนี้

$$\text{ค่าขนาดเส้นไหม (ดีเนียร์)} = \frac{w \times 9000}{50 \times l} \qquad (2.5)$$

เมื่อ w คือ น้ำหนักชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิกรัม

l คือ เส้นรอบวงที่วัดได้ของเครื่องกรอ เป็น เมตร

2) วิธีหาค่าขนาดเฉลี่ยเส้นไหม (average size test) ด้วยการวัดความยาวในแนวตรง

(1) วัสดุอุปกรณ์

(1.1) ห้องควบคุมภาวะบรรยากาศสำหรับการกรอและการทดสอบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 65±2 %

(1.2) ไม้เมตร หรือ ความยาวที่กำหนดแน่นอนด้วยตะปู

(1.3) เครื่องชั่งซึ่งวัดละเอียดถึง 0.1 มิลลิกรัม

(2) ภาวะบรรยากาศ

(2.1) นำเข็ดไหมที่ต้องการวัดขนาดเส้นไหมมาอบ โดยกำหนดภาวะบรรยากาศสำหรับการอบที่อุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 10 %

(2.2) เก็บเข็ดไหมที่ต้องการวัดขนาดเส้นไหมไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 65±2 % จนอยู่ในภาวะสมดุล คือ น้ำหนักของเส้นไหมที่ต้องการวัดขนาด ในช่วงเวลาห่าง 2 ชั่วโมง เปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0.25 %

(3) วิธีการวัดขนาด

(3.1) โดยการขึงดึงบนโต๊ะพื้นราบระหว่างสองจุดห่าง 1 เมตร เป็นจำนวน 5 เส้นต่อ 1 ตัวอย่าง และทำ 10 ซ้ำ โดยให้เส้นไหมมีความตึงพอสมควร อย่างสม่ำเสมอ

(3.2) โดยการขึงตึงระหว่างตะปู 2 จุดที่มีระยะห่าง 1 เมตร เป็นจำนวน 50 รอบ โดยให้เส้นไหมมีความตึงพอสมควรอย่างสม่ำเสมอ

(3.3) ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องมือที่มีความละเอียด 0.1 มิลลิกรัม

(4) วิธีคำนวณ

คำนวณหาค่าเส้นไหม จากสูตรดังนี้

$$\text{ค่าขนาดเส้นไหม (ดีเนียร์)} = \frac{w \times 9000}{50 \times l} \qquad (2.6)$$

เมื่อ w คือ น้ำหนักชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิกรัม

l คือ เส้นรอบวงที่วัดได้ของเครื่องกรอ เป็น เมตร

(ดัดแปลงจาก standard manual of raw silk testing and classification. 1968. the technology and research committee of the international silk association. 43 p)

2.8 มาตรฐานฝ้าย (ชเนษฎ์ ม้าลำพอง, 2551)

คุณภาพของเส้นใยฝ้ายที่ใช้เป็นเครื่องกำหนดราคาซื้อขายฝ้ายแบ่งเป็น 3 ประเภทคือ

1. สี
2. ปริมาณสิ่งเจือปนอื่น ๆ และคุณภาพการหีบ
3. ความยาวของเส้นใย

4. สมบัติอื่น ๆ เช่น ความเหนียว ความละเอียด ความแก่ และความสม่ำเสมอ

1. สี เมื่อสมอเริ่มเปิดเส้นใยฝ้ายจะมีสีขาวแต่เมื่อเส้นใยสัมผัสกับอากาศและมีจุลินทรีย์เข้ามาอาศัยอยู่ทำให้เส้นใยลดความสดใสและคล้ำขึ้น

1.1 upland cotton : หากหยุดการเจริญเติบโตก่อนเส้นใยจะแก่ เส้นใยจะมีสีเหลืองอ่อนไปจนถึงเข้ม

1.2 แมลง เชื้อรา และเศษดินทำให้เส้นใยเปลี่ยนสีได้

1.3 การที่ต้นฝ้ายถูกบดจากเครื่องเก็บเกี่ยว, น้ำมันและน้ำมันเครื่องจากเครื่องเก็บเกี่ยวและเครื่องหีบทำให้สีเปลี่ยน ซึ่งในตลาดฝ้ายได้จำแนกสีฝ้ายได้ดังนี้

1) white : ขาว

2) light spotted : มีจุดบาง ๆ

3) spotted, tinged : มีจุดหรือด่าง

4) yellow stained : เหลือง

2. ใบและสิ่งเจือปน ใบ กิ่ง ต้น เมล็ด วัชพืช เศษทราย ฝุ่น และน้ำมันเครื่องยนต์

ปริมาณสิ่งเจือปนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ : สภาพการสุกแก่ของสมอขณะเก็บ วิธีการเก็บการทำความสะอาดเส้นใย และการทำให้เส้นใยแห้งในขบวนการหีบ สามารถจัดแบ่งระดับการเจือปนออกได้ 7 ระดับ นั่นคือ

2.1 สิ่งเจือปน 6.3 % : good middling

2.2 สิ่งเจือปน 6.4 % : strict middling

2.3 สิ่งเจือปน 7.1 % : middling

2.4) สิ่งเจือปน 8.2 % : strict low middling

2.5 สิ่งเจือปน 9.7 % : low middling

2.6 สิ่งเจือปน 11.2 % : strict good middling

2.7 สิ่งเจือปน 15.0 % : good ordinary

3. ความยาวของเส้นใย

การหา ความยาว ความเหนียว ความละเอียดอ่อน และความแก่ เป็นสมบัติที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ฝ้ายการทดสอบสมบัติสามารถทำได้ดังนี้

3.1 ฝ้ายที่มีความยาวมากจะมีความละเอียดอ่อน (เส้นเล็ก) กว่าฝ้ายปุยสั้น

3.2 ฝ้ายที่มีความยาว 1 นิ้วขึ้นไปใช้ปั่นเป็นด้ายและทอผ้า ความยาวยิ่งมากขึ้นจะปั่นเป็นด้ายเส้นเล็กลงหรือทอเป็นผ้าเนื้อละเอียดมากขึ้น

3.3 ฝ้ายที่มีความยาวต่ำกว่า 1 นิ้วลงมาจะปั่นเป็นด้ายเส้นใหญ่ใช้ทอผ้าเนื้อหยาบ

วิธีหาความยาวเส้นใยทำได้ทั้งวิธีใช้มือดึงและเครื่องวัดความยาวในห้องปฏิบัติการมีการเรียกค่าความยาวต่าง ๆ ดังนี้

1. stable length : วิธีหาความยาวด้วยมือ

2. effective length : หาได้โดยใช้เครื่องสาง (comb sorter diagram) สุ่มเลือกตัวอย่างฝ้ายประมาณ 0.25 กรัม แล้วเรียงเส้นใยที่มีความยาวจากสูงสุดถึงต่ำสุดจะได้ไดอะแกรมของความยาว

3. fiber length : ใช้เครื่องวัดความยาวเส้นใย (fiber graph) การใช้หวีคู่หนึ่งสางความยาวที่วัดได้มีชื่อเรียกว่า span length การวัดเริ่มจากจุดที่อยู่ห่างจากซี่หวี 0.15 นิ้วจนถึงส่วนปลายสุดของเส้นใยค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็นนิ้วและมิลลิเมตร ในทางปฏิบัติหาค่าที่ 2.5% และ 50% span length โดย span length คือความยาวเฉลี่ยของเส้นใยทั้งหมด

3.1 ค่า 2.5% span length : เป็นความยาวของเส้นใยที่จัดว่าค่อนข้างยาวของตัวอย่างนั้น วัดได้เท่าใดหมายถึง 2.5% ของจำนวนเส้นใยทั้งหมดมีความยาวระดับนั้นหรือทั้งหมดตัวอย่างถ้าวัดค่า 2.5% span length ได้ค่ามา 30 หมายความว่าถ้าเส้นใยมี 200 เส้นจะมีเส้นใย 5 เส้นที่ยาว 30 มิลลิเมตร หรือมากกว่า 30 มิลลิเมตร ขึ้นไป

3.2 ค่า 50% span length หมายถึงค่าฐานนิยมของความยาวเส้นใยตัวอย่างนั้นเช่นวัดได้ 25 มิลลิเมตร หมายความว่าเส้นใยทั้งหมด 200 เส้นจะมีเส้นใย 100 เส้นยาว 25 มิลลิเมตร

4. ระดับความยาวเส้นใย (มาตรฐานอเมริกัน) ถ้าใช้ค่าที่วัดได้จากการวัดความยาวเป็น 2.5% span length1.ต่ำกว่า 25 มิลลิเมตร (ต่ำกว่า 1.00 นิ้ว) ฝ้ายกลุ่มเส้นใยสั้น

4.1 25 มิลลิเมตร - 28 มิลลิเมตร (1.00-1.14 นิ้ว) เส้นใยยาวปานกลาง

4.2 29 มิลลิเมตร - 42 มิลลิเมตร (1.15-1.29 นิ้ว) เส้นใยยาว

4.3 43 มิลลิเมตร ขึ้นไป (สูงกว่า 1.29 นิ้ว) ฝ้ายกลุ่มยาวพิเศษ

4. ความเหนียวของเส้นใย (fiber bundle strength)

วิธีการ คือใช้แรงดึงให้เส้นใยขาดออกจากกันและหาค่าความเหนียว

1) มาตรฐานของเส้นใยยาวปานกลาง (medium staple)

(1) 19-21 g/tex ความเหนียวต่ำ

(2) 22-24 g/tex ความเหนียวปานกลาง

(3) 25-27 g/tex ความเหนียวสูง

2) มาตรฐานของเส้นใยยาว (long stable)

(1) 20-22 g/tex ความเหนียวต่ำ

(2) 23-25 g/tex ความเหนียวปานกลาง

(3) 26-28 g/tex ความเหนียวสูง

5. การพิจารณาเลือกฝ้ายเพื่อนำไปปั่นด้าย

1) ฝ้ายสองชนิดมีความยาวเท่ากันแต่มีความเหนียวมากและละเอียดกว่าจะนำไปปั่นเป็นด้ายเส้นเล็กกว่า

2) ฝ้ายที่นำมาปั่นด้ายสำหรับทอผ้าใช้ทำเครื่องนุ่งห่มที่มีเนื้อละเอียดมักจะยาว 1 นิ้วขึ้นไป

3) ฝ้ายที่สั้นกว่าจะนำไปใช้ในการผลิตผ้าเนื้อหยาบ

2.9 การออกแบบกลไกและเครื่องจักร

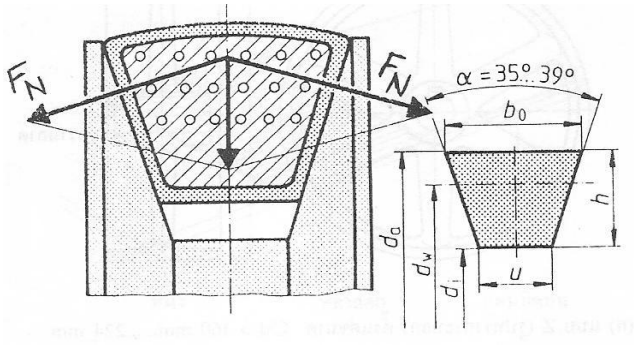
การออกแบบเพื่อให้การทำงานของเครื่องเป็นไปตามวัตถุประสงค์จะต้องมีกำหนดรายละเอียดของปัญหา การแก้ปัญหาด้วยวิธีที่เหมาะสม และประเมินผล ทฤษฎีที่รองรับการออกแบบ ซึ่งการออกแบบนั้นจะใช้ความรู้เกี่ยวกับสายพาน มอเตอร์ และการควบคุมมอเตอร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.9.1 สายพาน (belts) (ชิกเลย์, โจเซฟ เอดวาร์ด, 2548)

การส่งกำลังด้วยสายพาน อาศัยหลักการส่งกำลังด้วยความฝืดของสายพาน กับล้อสายพาน หรือที่เรียกว่าแรงเสียดทาน แบ่งตามลักษณะหน้าตัดของสายพานได้หลายชนิด คือสายพานกลม สายพานแบน สายพานลิ่ม และสายพานฟัน ซึ่งส่งกำลังโดยอาศัยหลักการทางกลในการส่งกำลังเหมือนแบบเฟือง หรือ โซ่ส่งกำลัง

การส่งกำลังด้วยสายพานลิ่ม

สายพานลิ่มส่วนใหญ่จะผลิตแบบไม่มีปลาย เป็นสายพานทำจากยางมีภาคตัดขวางเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูครึ่งหนึ่ง ด้านบนมีเส้นโพลีเอสเตอร์ที่ผ่านการวัลเคไนซิ่งมาแล้วแทรกอยู่ ดังแสดงในภาพประกอบ 2.8 ทำให้ค่าความต้านแรงดึงเพิ่มสูงขึ้น สายพานลิ่มชนิดที่มีชั้นใยสิ่งทอหุ้มอยู่รอบ ๆ จะช่วยป้องกันการสึกหรอได้อีกด้วย



ที่มา : http://webdee.8m.com/motor3.html

ภาพประกอบ 2.8 สายพานแบบลิ่ม

สายพานลิ่มจะไม่รับแรงตามแนวรัศมีโดยตรงเหมือนสายพานแบน แต่จะรับแรงตามแนวตั้งฉากกับด้านข้างของสายพานลิ่ม สายพานลิ่มที่มีความตึงและค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน μ จะสามารถส่งกำลังได้ดีกว่าสายพานแบนถึง 3 เท่า ซึ่งข้อดีและข้อเสียของสายพานลิ่มเมื่อเทียบกับสายพานแบนมีดังนี้

1) ข้อดีของสายพานลิ่ม
   (1) ส่งกำลังได้ดีในขณะที่รองเพลารับภาระน้อยกว่า
   (2) มีการลื่นไถลขณะส่งกำลังน้อยมาก
   (3) มีมุมโอบน้อย แต่ให้อัตราทดได้ 15 : 1 โดยที่ไม่ต้องมีลูกกลิ้งกดสายพาน
   (4) ใช้พื้นที่น้อย, มีระยะห่างระหว่างแกนเพลาน้อยกว่า

(5) ส่งถ่ายกำลังงานได้สูงที่ขนาดล้อ สายพาน และเพลาที่เล็กกว่า

(6) สามารถให้หมุนย้อนทิศทางได้

2) ข้อเสียของสายพานลิ่ม

(1) ต้นทุนผลิตสูงกว่าสายพานแบน

(2) มีระยะห่างระหว่างแกนเพลาจำกัด

(3) ไม่สามารถจัดสายพานส่งกำลังให้เป็นลักษณะไขว้สลับได้ ตามมาตรฐาน

2.9.2 มอเตอร์ไฟฟ้า (ไชยชาญ หินเกิด, 2541)

มอเตอร์ไฟฟ้า (motor) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกลมีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง โดยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส (single phase motor) ที่นิยม

คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (capacitor motor)

คาปาซิเตอร์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสที่มีลักษณะคล้ายสปลิทเฟสมอเตอร์มากต่างกันตรงที่มีคาปาซิเตอร์เพิ่มขึ้นมา ทำให้มอเตอร์แบบนี้มีคุณสมบัติพิเศษกว่าสปลิทเฟสมอเตอร์ คือมีแรงบิดขณะสตาร์ทสูง ใช้กระแสขณะสตาร์ทน้อย มอเตอร์ชนิดนี้มีขนาดตั้งแต่ 1/20 แรงม้าถึง 10 แรงม้า มอเตอร์นี้นิยมใช้งานเกี่ยวกับ ปั๊มน้ำ เครื่องอัดลม ตู้แช่ตู้เย็น ฯลฯ

คาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ (capacitor start motor) ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของคาปาซิสเตอร์สตาร์ทมอเตอร์เหมือนกับสปลิทเฟสมอเตอร์ แต่วงจรขดลวดสตาร์ทพันด้วยขดลวดใหญ่ขึ้นกว่าสปลิทเฟสมอเตอร์และพันจำนวนรอบมากขึ้นกว่าขดลวดชุดรัน แล้วต่อตัวคาปาซิเตอร์(ชนิดอิเล็กโทรไลต์)แบบอนุกรมเข้าในวงจรขดลวดสตาร์ท มีสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางตัดตัวคาปาซิเตอร์และขดสตาร์ทออกจากวงจร ดูในภาพประกอบ 2.9

ภาพประกอบ 2.9 คาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์

หลักการทำงานของมอเตอร์ การทำงานอาศัยหลักการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้าโดยที่ขดลวดชุดรันและขดลวดชุดสตาร์ทที่วางทำมุมกัน 90 องศาทางไฟฟ้า เพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนไปเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไหลในขดลวดกรงกระรอก กระแสไฟฟ้าส่วนนี้จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาแล้วไปผลักกับสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์เกิดเป็นแรงบิดที่โรเตอร์ให้หมุน เมื่อโรเตอร์ของความเร็ว

สูงสุดสวิตซ์แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจะตัดขดลวดสตาร์ทออกจากวงจรขดลวดชุดสตาร์ทจะทำงานเฉพาะตอนสตาร์ทเท่านั้น ส่วนขดลวดชุดรันจะทำงานตลอดตั้งแต่เริ่มเดินมอเตอร์จนหยุดหมุน

2.9.3 การควบคุมกำลังไฟฟ้า

ดิมเมอร์ หรือสวิตช์หรี่ไฟ จากเครื่องใช้ไฟฟ้าในปัจจุบันจะใช้แหล่งกำเนิดจากไฟฟ้ากระแสสลับ เช่น หลอดไฟ, พัดลม, กระทะไฟฟ้า โดยความต้องการในการควบคุมนอกจากจะเปิดปิดแล้ว ยังมีเครื่องใช้ไฟฟ้าบางประเภทที่มีความต้องการที่จะทำงานในระดับแรงดันต่าง ๆ เช่น พัดลม มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องทำความร้อน

ac dimmer เป็นผลิตภัณฑ์ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อจุดประสงค์ในการควบคุมระบบไฟฟ้ากระแสสลับให้สามารถมีแรงดันเอาต์พุตต่าง ๆ ตามที่เราต้องการ โดยอาศัยหลักการในการควบคุมเฟสของสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ (AC 220V) ซึ่งเป็นสัญญาณไซน์เวฟ ขนาดความถี่ 50 Hz

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการปั่นเส้นไหมอีรี่ ประเทศไทยเพิ่งเริ่มมีการศึกษาและพัฒนาเมื่อไม่นานมานี้ เพื่อพัฒนาศักยภาพในการผลิตเส้นไหม และสร้างมูลค่าเพิ่มผลิตภัณฑ์ ซึ่งไหมอีรี่ที่จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มรายได้ให้กับผู้ปลูกใบมันสำปะหลังที่ใบไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ และสามารถเลี้ยงได้ในสภาวะทั่วไป เอามีผู้ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตเส้นไหม ดังนี้

กฤตพร ชูเส้ง และคณะ (2549) ได้ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นด้ายที่ปั่น นำรังไหมไปต้มที่อุณหภูมิ 40-50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที แล้วนำไปต้มในสารละลายที่มีส่วนผสมของสบู่เทียม ความเข้มข้นร้อยละ 20 ของน้ำหนักไหม โซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โซเดียม ซิลิเกตความเข้มข้นร้อยละ 4 ใช้น้ำในการต้ม 50 เท่าของน้ำหนักไหม ต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำรังไหมที่ต้มแล้วไปแช่ในน้ำแป้งข้าวเหนียวที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 30 นาทีบีบน้ำออกจนหมาด จากนั้นนำมาปั่นใน 2 ลักษณะคือ ปั่นเปียก โดยหลังจากนำส่วนรังไหมแช่ในแป้งข้าวเหนียวแล้ว นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นแบบมือหมุน หรือใช้ในปั่น และปั่นแห้งโดยนำรังไหมแช่ในน้ำแป้งแล้วนำไปผึ่งลมให้แห้ง และนำปั่นด้วยเครื่องปั่นแบบมือหมุน โดยใช้ไนหรือเหลาปั่น แล้วใช้ไม้เปียด้ายพันเส้นด้ายที่ปั่นเพื่อทำเป็นไจไหม และนำไปทดสอบเส้นด้าย กรรมวิธีปั่นมีผลต่อขนาดเส้นด้ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เส้นด้ายที่ปั่นโดยกรรมวิธีปั่นเปียกมีขนาดใหญ่กว่าเส้นด้ายที่ปั่นโดยกรรมวิธีปั่นแห้ง และเส้นด้ายที่ปั่นโดยกรรมวิธีปั่นเปียกมีจำนวนเกลียวมากกว่าเส้นด้ายที่ปั่นโดยกรรมวิธีปั่นแห้ง

มนูญ จิตต์ใจฉ่ำ และคณะ (2550) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาผ้าไหมล้วนด้วยเครื่องจักรอุตสาหกรรม เป็นการประยุกต์ใช้เครื่องจักรและกระบวนการปั่นฝ้ายมาใช้ปั่นเส้นใยจากรังไหมอีรี่ ทำให้สามารถควบคุมคุณภาพของเส้นด้ายให้มีความสม่ำเสมอ สามารถใช้เป็นเส้นยืนและเส้นพุ่งในการทอผ้าได้ โดยในงานวิจัยลองปั่นเส้นด้ายไหมอีรี่ชนิดด้ายเดี่ยวเบอร์ 17/1 และด้ายควบเบอร์ 17/2 ด้วยกระบวนการปั่นด้ายแบบปลายเปิด ผลการวิเคราะห์คุณภาพเส้นด้ายไหมอีรี่ที่ผลิตขึ้นทั้งสองขนาดพบว่าเส้นด้ายเดี่ยวมีการยืดตัวร้อยละ 16.55 ความแข็งแรง 10.86 cN/tex และมีค่าสัมประสิทธิความแปรปรวน (%cv) 15.77 ส่วนเส้นด้ายควบมีการยืดตัวร้อยละ 9.14 ความแข็งแรง 11.68 cN/tex และ (%cv) 18.45 ตามลำดับ

นิตยา มหาไชยวงศ์ และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษาและส่งเสริมการเลี้ยงในกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังเพื่อให้มีรายได้จากการนำรังไหมมาทำเป็นสิ่งทอและขายดักแด้ โครงการมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างกระบวนการเรียนรู้การเพาะเลี้ยงไหมอีรี่สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเส้นใยธรรมชาติให้กลุ่มผู้ผลิตสิ่งทอพัฒนา ปรับปรุงวิธีการและเครื่องมือในการทำเส้นใยจากรังไหมอีรี่ให้เหมาะสมและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอพื้นบ้านจากการใช้เส้นไหมอีรี่ทอผสมกับเส้นด้ายฝ้ายหรือเส้นไหมพื้นบ้านทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแปลกใหม่และมีมูลค่าเพิ่มมากขึ้นผลจากการดำเนินงานสามารถสร้างกระบวนการเลี้ยงไหมอีรี่ในพื้นที่ภาคเหนือเพื่อเป็นกลุ่มนำร่อง 4 พื้นที่และสามารถนำรังไหมสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ผ้าทอจากเส้นใยไหมอีรี่ที่มีคุณลักษณะพิเศษมีความมันวาวเล็กน้อยน้ำหนักเบาฟูนุ่มและอบอุ่นคล้ายขนสัตว์ไม่แข็งกระด้างเหมาะสำหรับทำเป็นเครื่องนุ่งห่มผ้าพันคอผ้าคลุมไหล่และเคหะสิ่งทอไหมอีรี่จัดเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่ม green product ที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลิตภัณฑ์ได้โดยการบอกเล่าเรื่องราวการผลิตให้ผู้บริโภคได้รับทราบไปพร้อมกันด้วย

จากอย่างเส้นไหมอีรี่ที่ผลิตด้วยวิธีการปั่นเส้นด้าย จัดแบ่งคุณลักษณะเส้นไหมอีรี่ได้ 2 ลักษณะคือเส้นไหมอีรี่ เบอร์ 1 เส้นไหมมีขนาดใหญ่มีค่า Ne อยู่ในระหว่าง 3-5 เบอร์ 2 เส้นไหมมีขนาดเล็กมีค่า Ne อยู่ในระหว่าง 6-8 และจัดแบ่งชั้นคุณภาพ 3 ลักษณะคือ เกรด A เส้นไหมมีขนาดสม่ำเสมอมีปุ่มปมแน่นเกรด B เส้นไหมมีขนาดค่อนข้างสม่ำเสมอ มีปุ่มปมแน่นมากกว่าปุ่มปมหลวม เกรด C เส้นไหมมีขนาดไม่สม่ำเสมอ มีปุ่มปมหลวมมากกว่าปุ่มปมแน่น จากคุณลักษณะเส้นไหมที่จำแนกแล้วนั้นนำมากำหนดราคาซื้อ-ขาย ดังตาราง 2.7

ตาราง 2.7 การจัดแบ่งคุณภาพเส้นไหมอีรี่

ขนาดเส้นไหม	เกรด	ลักษณะ	ราคา* (บาท)
เบอร์ 1 มีความแข็งแรง 3-5 นิวตัน	A	เส้นไหมขนาดใหญ่ สม่ำเสมอมีปุ่มปมแน่น	1,200
	B	เส้นไหมขนาดใหญ่ค่อนข้างสม่ำเสมอมีปุ่มปมแน่นมากกว่าปุ่มปมหลวม	1,100
	C	เส้นไหมขนาดใหญ่ ไม่สม่ำเสมอมีปุ่มปมหลวมมากกว่าปุ่มปมแน่น	1,000
เบอร์ 2 มีความแข็งแรง 6-8 นิวตัน	A	เส้นไหมขนาดเล็ก สม่ำเสมอมีปุ่มปมแน่น	1,500
	B	เส้นไหมขนาดเล็ก ค่อนข้างสม่ำเสมอมีปุ่มปมแน่นมากกว่าปุ่มปมหลวม	1,400
	C	เส้นไหมขนาดเล็ก ไม่สม่ำเสมอมีปุ่มปมหลวมมากกว่าปุ่มปมแน่น	1,300

*ราคา ณ เดือนมีนาคม 2551

หมายเหตุ สำหรับเส้นไหมไม่ได้คุณภาพ เช่น สกปรก มีสิ่งปนเปื้อนมาก ขนาดเส้นไม่เป็นไปตามที่กำหนด ราคาซื้อ-ขาย อยู่ที่กิโลกรัมละ 800 บาท

ศิวิลัย สิริมังคลารัตน์ และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษาการผลิตและแปรรูปผลิตภัณฑ์จากเส้นไหมที่ได้จากไนปั่นด้ายและการสาวมือ พบว่า เกษตรกร สามารถผลิตเส้นไหมได้ดีทั้งจากรังสดและรังเปล่า ซึ่งเส้นไหมที่ได้มีความสวยงามแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับฝีมือของแต่ละบุคคล ส่วนการนำเส้นไหมไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่าเส้นไหมที่ผลิตด้วยไนปั่นด้ายมี ขนาดเส้นด้าย, แรงดึงขาด, และร้อยละการยืดตัวขณะขาด เท่ากับ 913.0 ดีเนียร์, 5.23 นิวตัน, 11.47 ในขณะที่เส้นที่ได้จากการสาวด้วยมือ มีค่าเท่ากับ 1,256.3 ดีเนียร์, 9.29 นิวตัน, 10.66 ตามลำดับ

สุชาดา อุชชิน และนภาภรณ์ พรหมชนะ (2552) ได้ทำการศึกษา การผลิตเส้นด้ายไหมอีรี่ระบบปั่นมือซึ่งได้ทำการวิเคราะห์จากการนำเปลือกรังไหมอีรี่มาทำการลอกกาวยีฟูและปั่นเป็นเส้นด้ายด้วยมือรังไหมที่ใช้มีจำนวน 4 ระดับคือ 1.7, 3.2, 4.8 และ 6.4 กิโลกรัมต่อรุ่น พบว่าต้นทุนรวมในการผลิตเส้นด้ายไหมอีรี่เท่ากับ 1,750.21, 5,258.39, 7,962.39 และ 12,506.59 บาทต่อรุ่นตามลำดับ เกษตรกรขายเส้นด้ายไหมอีรี่ในราคา 1,100 บาทต่อกิโลกรัมตามลำดับมีผลให้เกษตรกรได้รายรับน้อยกว่าต้นทุนทั้งหมดแต่เมื่อพิจารณาเฉพาะต้นทุนทางบัญชีที่จ่ายเป็นเงินสดปรากฏว่าเกษตรกรยังคงได้รับรายได้เหนือต้นทุนที่เป็นเงินสดและเพิ่มขึ้นตามระดับของกิจกรรมที่ 926.22, 1,761.72, 2,648.13 และ 3,501.53 บาทต่อรุ่นตามลำดับในการวิเคราะห์ราคาขายเส้นด้ายไหมอีรี่ ณ จุดคุ้มทุนพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการผลิตเพิ่มขึ้นและมีค่าเท่ากับ 1,372.71, 2,190.96, 2,211.78 และ 2,605.54 ตามลำดับ

ศุภชัย กมลทิพย์ และคณะ (2551) จากการสร้างและพัฒนาเครื่องผลิตเส้นไหมอีรี่แบบ Doupion ใช้มอเตอร์ ¼ แรงม้า นั้นสามารถผลิตเส้นไหมด้วยการสาวได้อย่างดี ซึ่งเหมาะสมกับการใช้ในระดับครัวเรือน ได้เส้นไหมที่มีความสวยงามโดยสามารถสาวเส้นไหมได้และมีปริมาณมาก 1.5-2 เท่าของการสาวมือ ซึ่งเมื่อนำเส้นไหมที่ได้มาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่า เส้นเดี่ยวตีเกลียวและ 2 เส้นควบตีเกลียว มีขนาดเส้นไหม 987.5 และ 1,025.9 ดีเนียร์ แรงดึงขาด 2.44 และ 15.85 นิวตัน ตามลำดับ และผ้าที่ทอด้วยเส้นเดี่ยวตีเกลียวและ 2 เส้นควบตีเกลียว มีแรงดึงขาดและร้อยละการยืดตัวขณะขาดในแนวเส้นพุ่ง เท่ากับ 833.60, 845.14 นิวตัน และ 28.43, 30.82 ตามลำดับ

จากงานวิจัยที่ผ่านมาทั้งหมด พบว่าการผลิตเส้นไหมอีรี่นิยมใช้วิธีการสาวเส้นไหมแบบชาวบ้าน ด้วยวิธีการสาวเปียก ปัญหาที่พบมากในการสาวเส้นไหมอีรี่แบบเปียก คือเส้นไหมจะขาดในขณะสาวจำเป็นต้องนำไหมหม่อนมาผสมด้วย ทำให้เส้นไหมที่ได้ไม่ใช่เส้นไหมอีรี่ล้วน และยังลดสมบัติบางประการของไหมอีรี่ออกไป เช่น แรงดึงเส้นไหมลดลง ความฟูนุ่มของผ้าที่ทอจากไหมอีรี่ลดลง จากเครื่องผลิตเส้นไหมอีรี่แบบ Doupion ใช้มอเตอร์ ¼ แรงม้า (ศุภชัย กมลทิพย์ และคณะ, 2551) จะใช้วิธีการสาวเปียก ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน และเมื่อเริ่มทำงานแล้วจะไม่สามารถหยุดได้จนกว่าจะสาวหมด และการประยุกต์ใช้เครื่องจักรและกระบวนการปั่นฝ้ายมาใช้ปั่นเส้นใยจากรังไหมอีรี่ (มนูญ จิตต์ใจฉ่ำ และคณะ, 2550) เครื่องมีราคาแพง จึงไม่สามารถส่งเสริมในอุตสาหกรรมขนาดเล็กได้ ถ้ามีเครื่องจักรขนาดเล็กโดยใช้วิธีการปั่นแบบแห้ง จะเป็นการเพิ่มผลผลิตเส้นไหมอีรี่ได้ และได้สมบัติของเส้นไหมอีรี่ล้วน

บทที่ 3

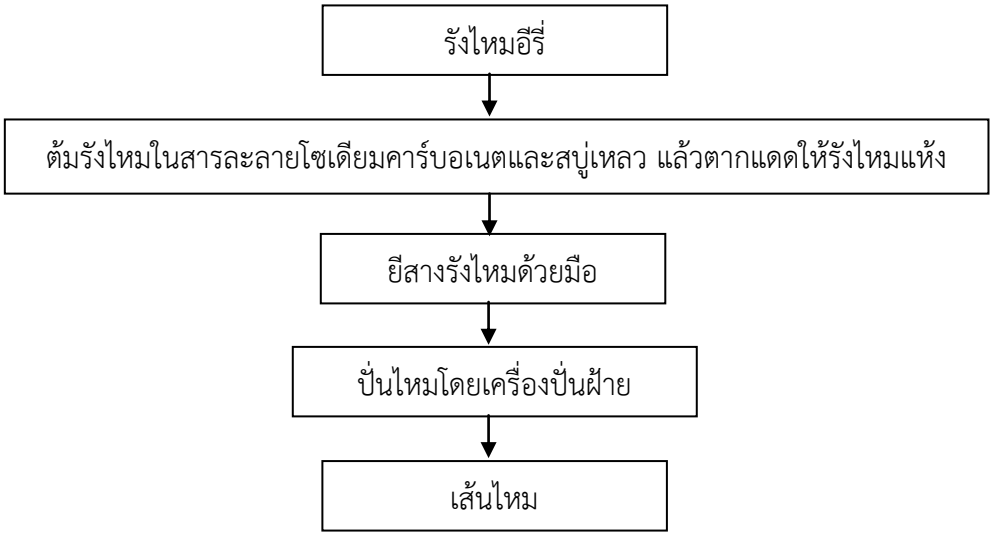
วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของรังไหม สมบัติของรังไหม การศึกษาปั่นเส้นไหมอีรี่ด้วยมือ อุปกรณ์ที่ใช้ปั่นเส้นไหม โดยนำข้อมูลที่ได้มากำหนดเงื่อนไขการออกแบบเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหม แล้วคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ เพื่อกำหนดขนาดและชิ้นส่วนของเครื่องจักรเพื่อดำเนินการสร้างเครื่อง จากนั้นจึงทำการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพในการสางรังไหม และตีเกลียวเส้นไหม และประเมินคุณภาพของเส้นไหม

3.1 การศึกษาข้อมูลของรังไหมอีรี่

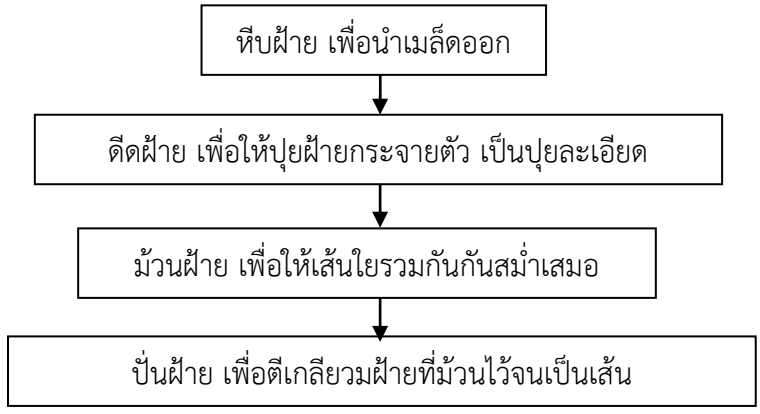
3.1.1 ศึกษาข้อมูลรังไหมและขั้นตอนการปั่นไหมอีรี่และการปั่นฝ้าย

1) ผู้ดำเนินโครงการได้ศึกษาขั้นตอนการปั่นเส้นไหมอีรี่ด้วยมือของศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ อุดรธานี โดยรังไหมอีรี่มีลักษณะยาว เรียว สีขาว ค่อนข้างแบนขนาดเฉลี่ย 21x48 มิลลิเมตร เส้นใยไหมอีรี่เป็นเส้นสั้น ก่อนนำไปปั่นเส้นจะทำการต้มรังไหมด้วยสารละลายโซเดียม-คาร์บอเนตเพื่อลอกกาวออก รังไหมจะติดกันเป็นแพ ตากแดดให้แห้ง แล้วจึงนำรังไหมที่ผ่านการลอกกาวแล้วมายีสางเส้นใยให้แยกออกจากกัน แล้วนำไปปั่นเป็นเส้นไหมทีละรัง ไดอะแกรมขั้นตอนการปั่นไหมอีรี่ แสดงดังภาพประกอบ 3.1



ภาพประกอบ 3.1 ไดอะแกรมขั้นตอนการปั่นไหมอีรี่ด้วยมือ

2) วิธีปั่นฝ้าย เนื่องจากฝ้ายเป็นเส้นใยสั้นและใช้วิธีการปั่นตีเกลียวเป็นเส้น จึงนำมาเป็นแนวคิดในการออกแบบเครื่องจักร โดยการปั่นฝ้ายมีวิธีการดังแสดงในภาพประกอบ 3.2



ภาพประกอบ 3.2 ไดอะแกรมขั้นตอนการปั่นฝ้าย

3.1.2 ศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น

1) การยีสางรังไหมอีรี่ โดยการยีสางรังไหมอีรี่ด้วยมือคนทีละรัง เวลาที่ใช้เฉลี่ยต่อรังคือ 30 วินาที เพราะฉะนั้น 1 ชั่วโมงจะยีฟูได้ 120 รัง มีน้ำหนักเท่ากับ 45 กรัม ถ้ารังไหม 1 กิโลกรัม จำเป็นต้องใช้เวลาถึง 22.2 ชั่วโมง ซึ่งถือว่านานมาก

ภาพประกอบ 3.3 ขั้นตอนการยีสางรังไหม

2) ขั้นตอนการปั่นเส้นไหมจะนำเส้นไหมที่ยีสางไหมไปปั่นเป็นเส้นไหมด้วยเครื่องปั่นฝ้าย หรือเครื่องเมลเดลรีจักรา โดยจะปั่นทีละรังมาต่อกันไป ซึ่งต้องใช้ความชำนาญของผู้ปฏิบัติ ถ้าปล่อยรังไหมไม่ทันเข้าเครื่องเส้นไหมจะขาด ทำให้เกิดรอยต่อเส้นไหม ถ้าปล่อยรังไหมโดยไม่ดึงไว้เส้นไหมจะมีขนาดใหญ่เป็นปุ่มปม และความสามารถในการปั่นด้ายด้วยมือ สามารถทำได้ 115 กรัม ต่อ วันต่อ 8 ชั่วโมง ต่อคน การปั่นเส้นไหมด้วยมือด้วยเครื่องปั่นฝ้าย แสดงไว้ในภาพประกอบ 3.4

ภาพประกอบ 3.4 การปั่นเส้นไหมด้วยเครื่องปั่นฝ้าย

3.2 การออกแบบเครื่อง

จากการศึกษาข้อมูลของการปั่นเส้นไหมอีรี่ และการปั่นฝ้าย ได้แนวคิดเพื่อนำมากำหนดเงื่อนไข การออกแบบเครื่องดังต่อไปนี้

3.2.1 การกำหนดเงื่อนไขในการออกแบบ

1) ใช้วิธีการตีเกลียว แบบวงแหวน

2) สางรังไหมโดยใช้หนาม

3) ต้นกำลังของเครื่องใช้มอเตอร์ไฟฟ้า

4) ระบบส่งกำลังใช้สายพานและโซ่

5) ความเร็วลูกรีดป้อนรังไหม สามารถปรับความเร็วได้เพื่อใช้ในการป้อนรังไหม และตีเกลียวเส้นไหม

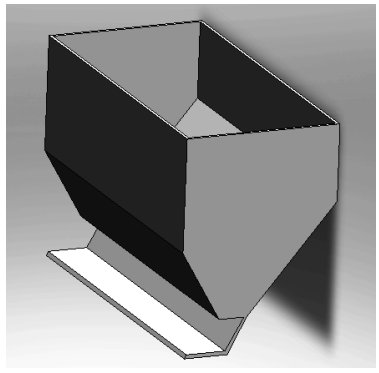
6) รังไหมอีรี่ที่ป้อนเข้าเครื่องต้องผ่านการต้มลอกกาวแล้ว

7) การทำงานของเครื่องแบ่งออกเป็น 2 เครื่อง คือเครื่องสางรังไหม เครื่องตีเกลียวเส้นไหม

แนวคิดขั้นตอนในการทำงานของเครื่อง เริ่มต้นจากการป้อนรังไหมที่ผ่านการต้มลอกกาวแล้วเข้าไปในเครื่องสางรังไหม รังไหมจะถูกหนามสางแตกตัวเป็นใยไหม โดยให้ใยไหมติดอยู่กับหนามสางไหม จากนั้นทำการตัดแล้วแกะแผ่นใยไหมออกจากลูกหนามสางให้เป็นแผ่น นำแผ่นใยไหมไปเข้าชุดตีเกลียวใยไหมที่เครื่องตีเกลียว เมื่อได้ใยไหมเป็นแผ่นขนาดเล็กแล้วจึงนำไปเข้าเครื่องตีเกลียวเส้นไหมผ่านลูกรีด ชุดตีเกลียวแบบวงแหวนจะหมุนบิดใยไหมเป็นเส้น แล้วเก็บไว้ในไจไหม

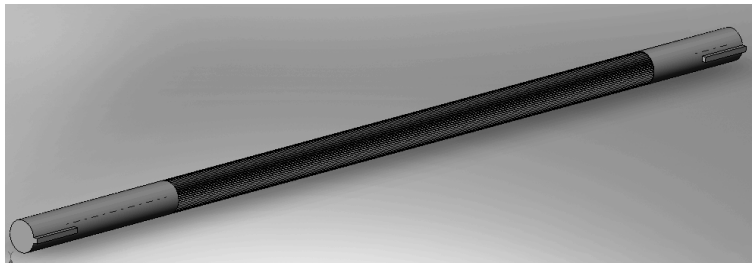
3.2.2 การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องสางรังไหม ซึ่งทำหน้าที่สางใยรังไหมให้แยกออกจากกัน

1) ถาดป้อนรังไหม ทำหน้าที่ป้อนรังไหมเข้าไปในชุดสางรังไหม มีลักษณะคือปากทางออกด้านล่างมีขนาดเล็ก เพื่อให้รังไหมผ่านออกมาทีละน้อย ดังแสดงในภาพประกอบ 3.5



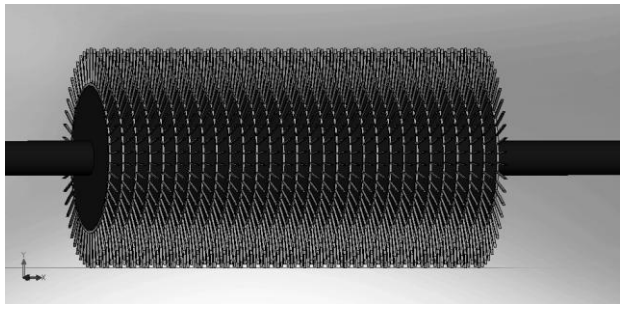
ภาพประกอบ 3.5 แบบถาดป้อนรังไหม

2) ลูกรีดป้อนรังไหม ทำหน้าที่ดึงและรีดรังไหมจากถาดป้อนให้เข้าไปในหนามสาง ลักษณะเป็นเหล็กเพลากลม กลึงลายเพื่อเพิ่มความเสียดทาน ดังแสดงในภาพประกอบ 3.6



ภาพประกอบ 3.6 แบบลูกรีดป้อนรังไหม

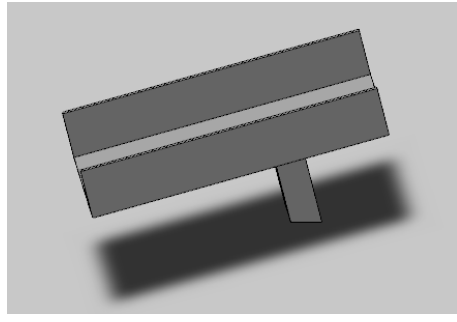
3) ลูกหนาม ทำหน้าที่สางใยไหมให้แยกออกจากกันแล้วติดอยู่กับหนาม จากนั้นจึงตัดใยไหมออกเป็นแผ่น มีลักษณะเป็นหนามเรียงแถว ดังแสดงในภาพประกอบ 3.7



ภาพประกอบ 3.7 แบบลูกหนามสาง

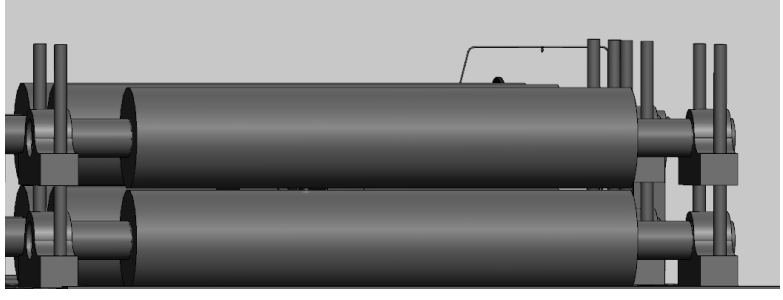
3.2.3 การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องตีเกลียว ซึ่งทำหน้าที่ตีเกลียวรวมใยไหมให้มีขนาดเล็กก่อนและจากนั้นจึงตีเกลียวเป็นเส้นไหม

1) ถาดป้อนรังไหม ทำหน้าที่วางแผ่นใยไหมที่ได้จากเครื่องสางรังไหม ก่อนเข้าตัวตีเกลียว เพื่อตีเกลียวแผ่นใยไหม ดังแสดงในภาพประกอบ 3.8



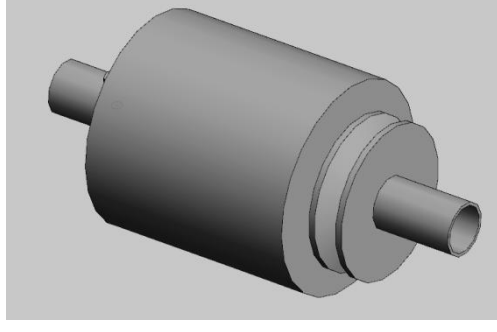
ภาพประกอบ 3.8 ถาดป้อนใยไหม

2) ลูกรีดป้อน ทำหน้าที่ดึงใยไหม เข้าในชุดตีเกลียว มีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอก ดังแสดงในภาพประกอบ 3.9



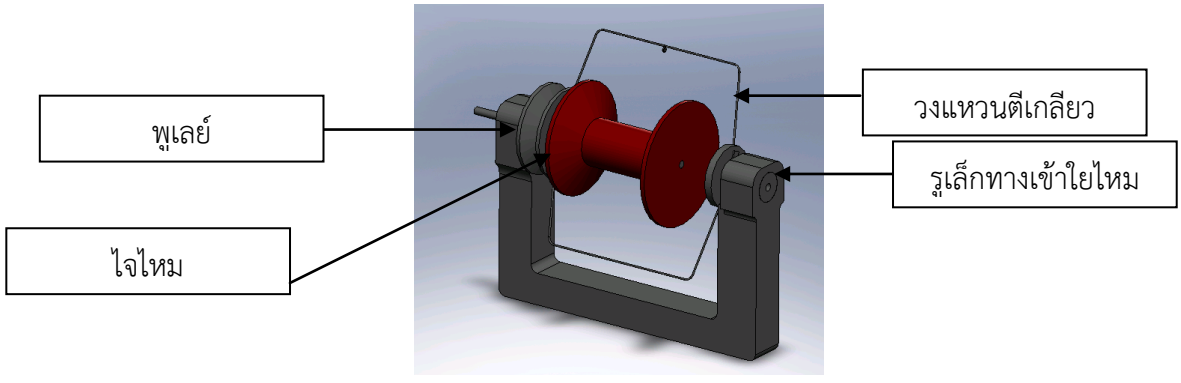
ภาพประกอบ 3.9 แบบลูกรีดป้อนแผ่นใยไหม

3) ชุดปั่นตีเกลียว ทำหน้าที่ปั่น ตีเกลียวใยไหม โดยผ่านรูเล็กที่แกนกลาง เมื่อลูกรีดดึงใยไหมผ่านจะทำให้แผ่นใยไหมม้วนรวมกัน ดังแสดงในภาพประกอบ 3.10



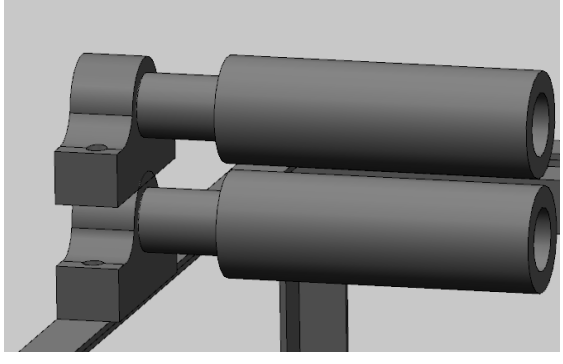
ภาพประกอบ 3.10 แบบตัวตีเกลียวใยไหม

4) ชุดปั่นตีเกลียวแบบวงแหวน ทำหน้าที่ปั่น ตีเกลียวใยไหมให้เป็นเส้นไหม โดยผ่านรูเล็กและร้อยผ่านห่วงที่วงแหวนก่อนปั่นเข้าไจ มีแนวคิดการออกแบบจากการปั่นแบบวงแหวน มีลักษณะเป็นโครงวงแหวนรอบแกนไจไหม และมีพูเลย์สำหรับรับกำลังจากมอเตอร์ ดังแสดงในภาพประกอบ 3.11



ภาพประกอบ 3.11 การออกแบบชุดตีเกลียวแบบวงแหวน

5) ลูกรีดป้อน ทำหน้าดึงใยไหม เข้าในชุดตีเกลียวเส้นไหม มีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอก ดังแสดงในภาพประกอบ 3.12



ภาพประกอบ 3.12 การออกแบบลูกรีดป้อนใยไหม

3.2.4 ต้นกำลังของเครื่องและระบบควบคุม

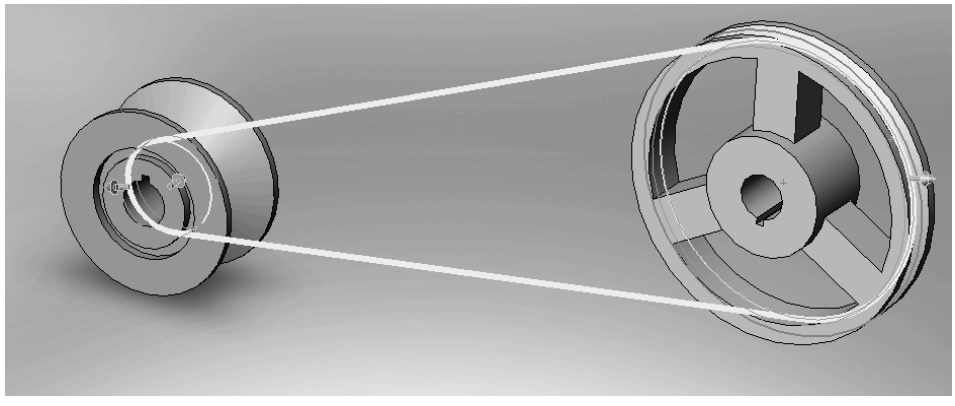
1) มอเตอร์ไฟฟ้า ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนพูเลย์และส่งกำลังไปให้กับลูกหนาม ลูกรีดป้อนไหม ชุดตีเกลียวใยไหม และชุดตีเกลียวเส้นไหม

2) ดิมเมอร์ ทำหน้าที่ปรับกระแสไฟฟ้า เพื่อปรับความเร็วรอบของมอเตอร์สำหรับการใช้งานที่เหมาะสม

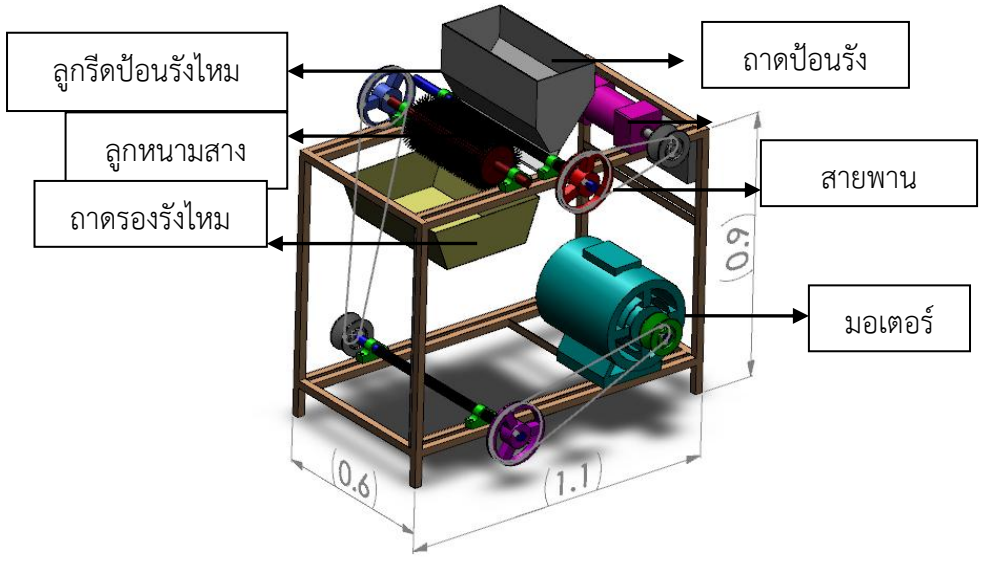
3) สวิตช์ ทำหน้าที่เปิด-ปิดเครื่อง

3.2.5 ระบบส่งกำลังของเครื่อง

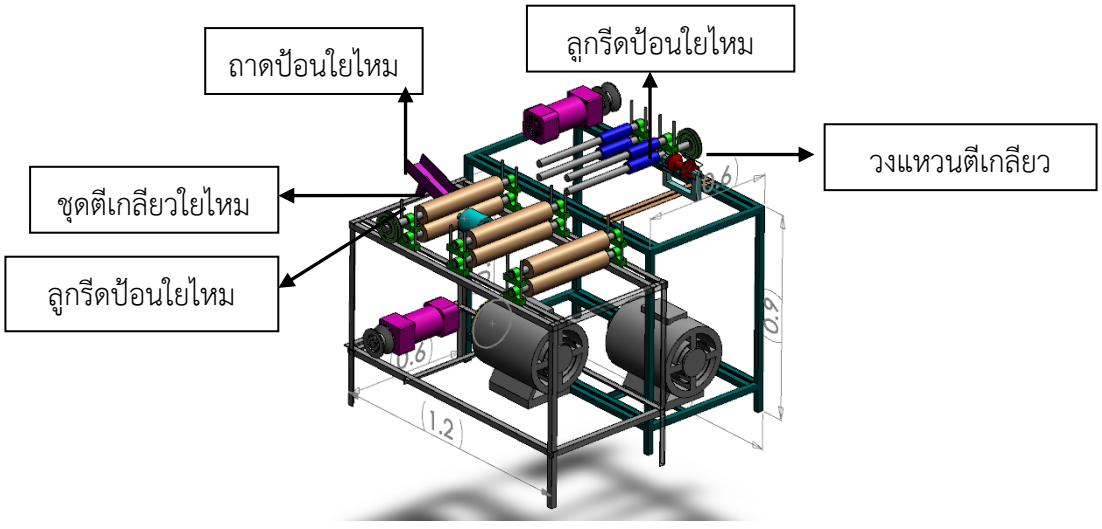
1) สายพานและพูเล่ย์ ทำหน้าที่เป็นระบบส่งกำลังของเครื่อง เนื่องจากสายพานถ่ายทอดกำลังที่ความเร็วสูง ส่งกำลังระยะไกลได้ดี การปรับระดับและการบำรุงรักษาทำได้ง่าย ระบบสายพานไม่ต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นทำให้ขั้นตอนการทำงานไม่ทำให้ไหมสกปรก ดังแสดงในภาพประกอบ 3.13



ภาพประกอบ 3.13 แบบระบบส่งกำลังของเครื่องด้วยสายพาน



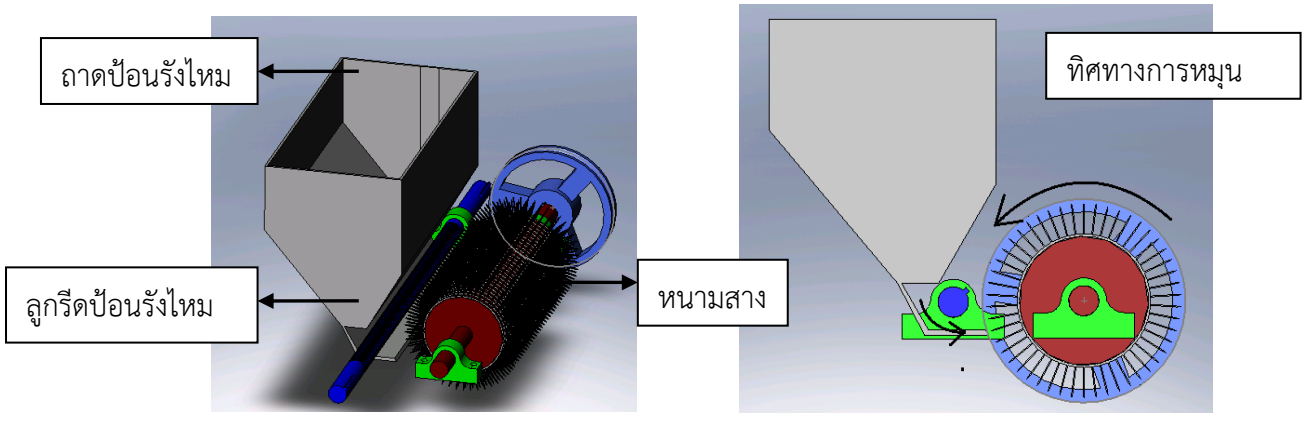
ภาพประกอบ 3.14 แบบเครื่องสางรังไหม



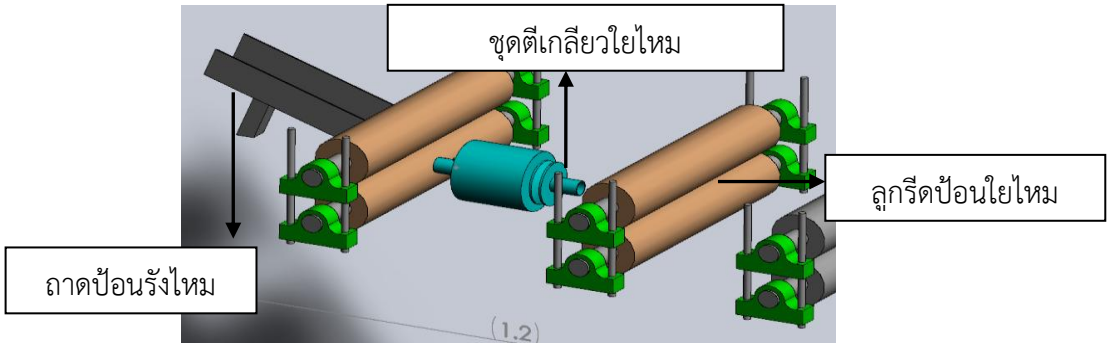
ภาพประกอบ 3.15 แบบเครื่องตีเกลียวเส้นไหม

3.2.6 ขั้นตอนการทำงานของเครื่อง

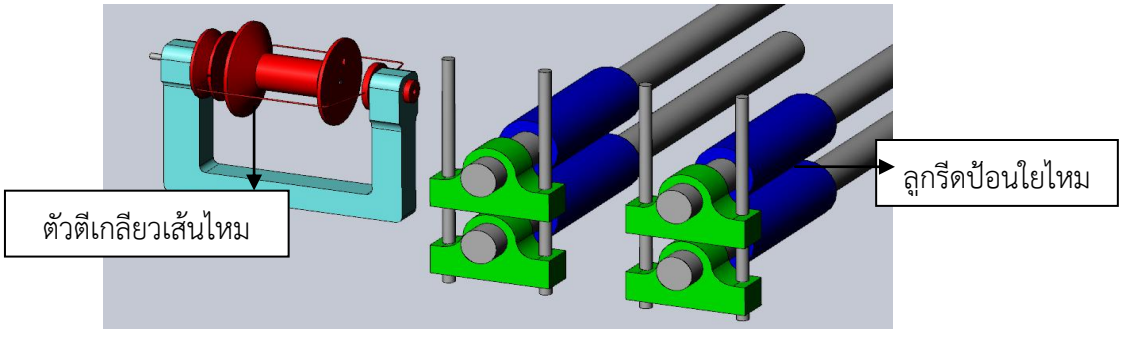
จากชิ้นส่วนนำไปออกแบบเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวดังแสดงในภาพประกอบ 3.14 และ 3.15 ขั้นตอนการทำงานของเครื่อง เริ่มต้นจากการนำรังไหมที่ผ่านการต้มลอกกาวเหนียวออกแล้ว ป้อนเข้าไปในถาดป้อนรังไหม ลูกรีดป้อนรังไหม โดยใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลัง ส่งกำลังด้วยสายพานและพูเลย์จะหมุนป้อนดึงรังไหมเข้าไปในลูกหนาม ซึ่งขับด้วยมอเตอร์โดย ลูกหนามจะสางรังไหมให้แยกออกจากกันและติดอยู่กับลูกหนาม ดังแสดงในภาพประกอบ 3.16 เมื่อได้ความหนาใยไหมที่ต้องการ จะทำการตัดใยไหมที่ติดอยู่กับลูกหนาม และลอกเป็นแผ่น ส่วนรังไหมที่หลุดกระเด็นตกลงถาดรองด้านล่างก็นำมาป้อนเข้าเครื่องอีกครั้ง จากนั้นนำแผ่นใยไหมมาใส่ถาดป้อนรังไหมชุดตีเกลียวใยลูกรีดป้อนใยไหม ดังแสดงในภาพประกอบ 3.17 ซึ่งจะดึงแผ่นใยไหมผ่านตัวตีเกลียวใยไหม ให้แผ่นใยไหมรวมกัน เมื่อได้ใยไหมขนาดเล็กจึงนำเข้าไปในชุดตีเกลียวเส้นไหมแบบวงแหวน โดยป้อนใยไหมผ่านลูกรีดผ่านรูเล็กและปั่น ตีเกลียวออกเป็นเส้นด้าย แล้วเก็บไว้ในใจ ดังแสดงในภาพประกอบ 3.18 สรุปขั้นตอนการทำงานทั้งหมด แสดงภาพประกอบ 3.19



ภาพประกอบ 3.16 การทำงานของชุดสางรังไหม



ภาพประกอบ 3.17 การทำงานของชุดตีเกลียวใยไหม



ภาพประกอบ 3.18 การทำงานของชุดตีเกลียวเส้นไหม

ภาพประกอบ 3.19 ไดอะแกรมขั้นตอนการทำงานของเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหม

3.2.7 การกำหนดขนาดของเครื่อง

เงื่อนไขในออกแบบ

(1) อัตราการผลิตเส้นไหม 1 กิโลกรัม/วัน แนวคิดจากการเลี้ยงรังไหมของกลุ่มเกษตรกร คือ ผลผลิตรังไหม 1 กิโลกรัม

(2) อัตราการป้อนรังไหมต่อครั้ง 50 กรัม

1) การคำนวณหาปริมาณรังไหม

ขนาดรังไหมเฉลี่ย (ยีฟู) 60 x 60 x 40 มิลลิเมตร = 7.2×10^{-5} ลูกบาศก์เมตร

น้ำหนักรังไหมเฉลี่ยคือ = 0.75 กรัม

รังไหมที่ 50 กรัม จะมีรังไหมเฉลี่ย = 67 รัง

ปริมาตรทั้งหมด $67 \times 7.2 \times 10^{-5}$ = 0.004824 ลูกบาศก์เมตร

2) การคำนวณหาขนาดของลูกหนามสาง

ต้องการความยาวแผ่นใยไหม 1 เมตร

จากสูตร ความยาวเส้นรอบวง = $2\pi r$ (3.1)

แทนค่า

$2\pi r$ = 1 เมตร

จะได้รัศมีลูกหนาม r = 0.15 เมตร

จากปริมาตรรังไหมทั้งหมดคือ = 0.004824 ลูกบาศก์เมตร

ความกว้างของลูกหนาม จากสูตร ปริมาตรทรงกระบอก = $\pi r^2 l$ (3.2)

แทนค่า $3.14 \times 0.15^2 \times l$ = 0.004824 ลูกบาศก์เมตร

ความยาว = 0.068 เมตร

= 7 เซนติเมตร

3) การคำนวณขนาดของกรวยป้อนไหม

จากรังไหมที่ 50 กรัม จะมีรังไหมเฉลี่ย = 67 รัง

การหาปริมาตร กว้าง x ยาว x สูง

กำหนดความกว้าง = 0.07 เมตร

ความยาว = 0.1 เมตร

แทนค่า 0.07 x 0.1 x สูง = 0.004824 ลูกบาศก์เมตร

สูง = 0.69 เมตร

4) การคำนวณขนาดของมอเตอร์และขนาดของเครื่อง

คิดภาระทั้งหมดเพื่อหาขนาดของมอเตอร์โดยกำหนดให้

(1) คำนวณหาน้ำหนักชิ้นส่วนชุดสางรังไหม

จากสูตร การหาน้ำหนักเพลาตัน

เส้นผ่านศูนย์กลาง^2 x 0.006167 x ความยาว (3.3)

โดยที่ เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)

ความยาวหน่วย (เมตร)

ทอร์ค t = mgxr (3.4)

m = มวล (กิโลกรัม)

g = ค่าคงที่ 9.81 (เมตรต่อวินาที^{2})

r = รัศมี (เมตร)

(2) เหล็กเพลากลม ยาว 0.45 เมตร ขนาด 25.4 มิลลิเมตร 2 ตัว

แทนค่า 25.4^2 x 0.006167 x 0.45 = 1.8 กิโลกรัม

จากรัศมี = 12.7 มิลลิเมตร

แทนค่า หา t = 3.99 x 9.81 x 0.0127 x 2

= 0.448 นิวตัน/เมตร

(3) หนามสางไหม มีทั้งหมด 90 หนาม

น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ = 1 กิโลกรัม

(4) หัวสางรังไหมทำจากไม้ ขนาด 30.5 เซนติเมตร หนา 6 เซนติเมตร

น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ = 1 กิโลกรัม

แทนค่า หา t = 1x9.81x0.3

= 2.9 นิวตัน/เมตร

(5) พูเล่ย์ขนาด 50.8 มิลลิเมตร (3 ตัว)

น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ = 0.2 กิโลกรัม

รัศมี = 25.4 มิลลิเมตร

แทนค่า หา t = 0.2 x 9.81 x 0.0254 = 0.15 นิวตัน/เมตร

(6) พูเล่ย์ขนาด 254 มิลลิเมตร

น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ = 1 กิโลกรัม

รัศมี = 100 มิลลิเมตร

แทนค่า หา t = 1 x 9.81 x 0.254 = 2.5 นิวตัน.เมตร

รวมทอร์คทั้งหมด = 0.448+2.9+0.15+2.5

= 6

(7) หาค่ากำลังของของมอเตอร์จากสูตร $p=2\pi nt/60$ (3.6)

p = กำลัง (วัตต์)

n = ความเร็วรอบ (รอบ/นาที) เพลาสางหมุน 800 รอบ/นาที

t = ทอร์ค (นิวตัน.เมตร)

แทนค่า $2x\pi x1400x6/60$ x 1.3 (safety factor) = 653.12 วัตต์

ใช้มอเตอร์ขนาด 754 วัตต์ 1 แรงม้า ความเร็วรอบ 1400 รอบ/นาที

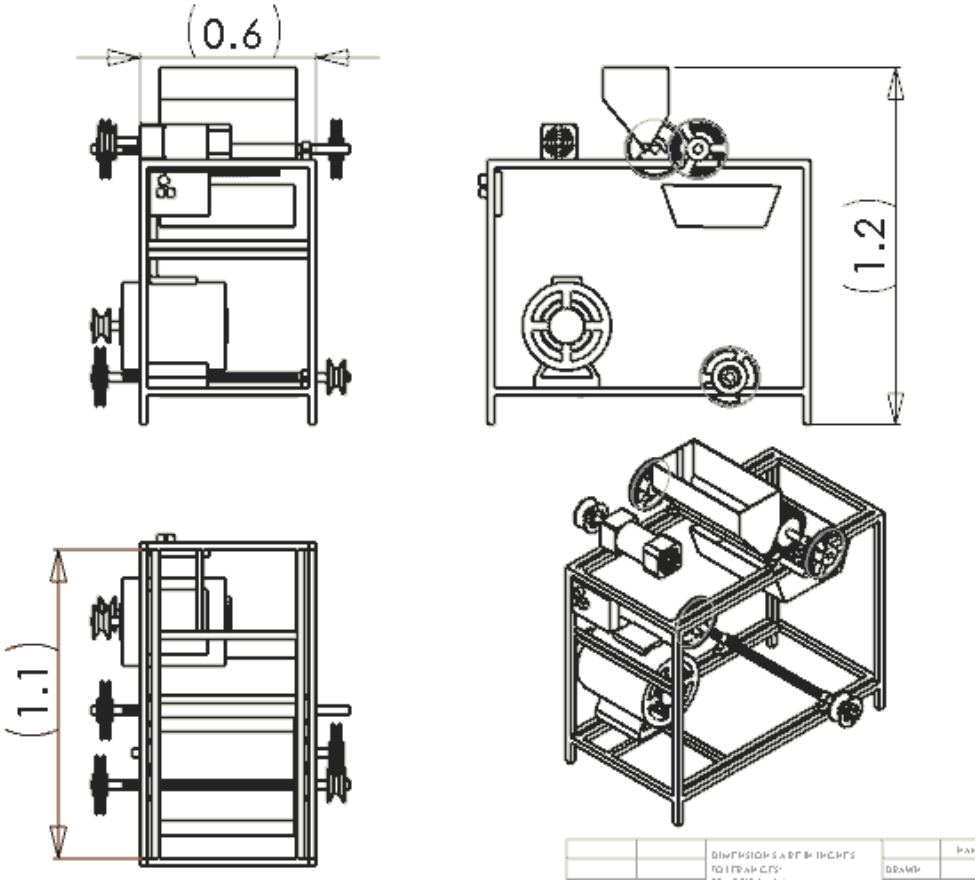
3.2.8 แบบเครื่องสาง ตีเกลียวเส้นไหมอีรี่

จากการคำนวณหาขนาดของเครื่องนำมาออกแบบ และกำหนดขนาดทั้งหมด

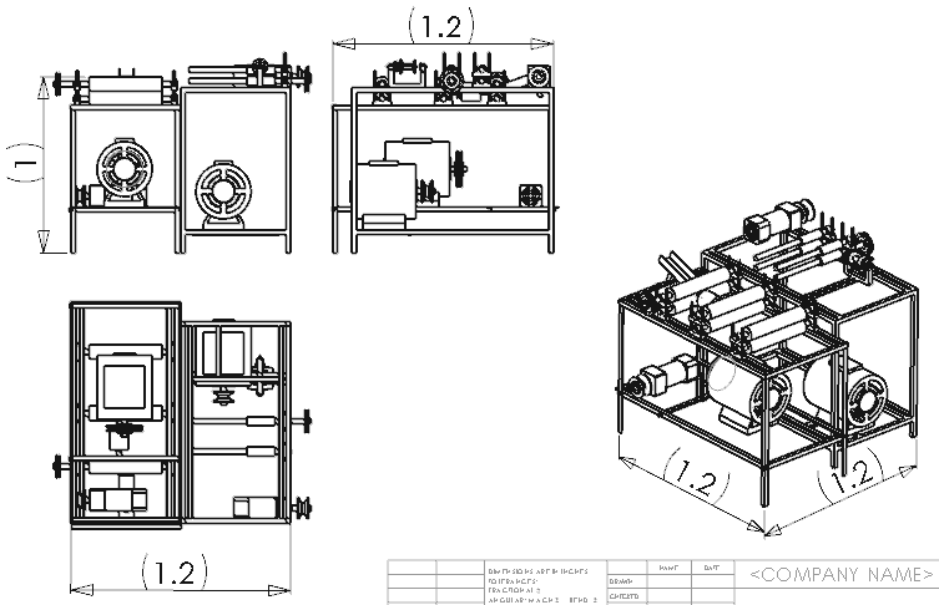
1) เครื่องสางรังไหมมีขนาดโดยรวมกว้าง 0.6 เมตร สูง 1.2 เมตร และยาว 1.1 เมตรดังแสดงในภาพประกอบ 3.19 ซึ่งประกอบด้วยมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลังลูกหนามสางไหมมอเตอร์ 0.25 แรงม้า เป็นต้นกำลังขับลูกรีดป้อนรังไหม ใช้สายพานและใช้พูเลย์เป็นตัวส่งกำลัง

2) เครื่องตีเกลียวใยไหมมีขนาดโดยรวมกว้าง 1.2 เมตร สูง 0.9 เมตร และยาว 1.2 เมตร แสดงในภาพประกอบ 3.20 ซึ่งประกอบด้วยมอเตอร์ขนาด 0.5 แรงม้า เป็นต้นกำลังตัวตีเกลียวรวมใยไหม มอเตอร์ 0.25 แรงม้า เป็นต้นกำลังขับลูกรีดป้อนแผ่นใยไหม ใช้สายพานและใช้พูเลย์เป็นตัว

ส่งกำลัง และเครื่องตีเกลียวเส้นไหมมีขนาดโดยรวมกว้าง 0.6 เมตร สูง 0.9 เมตร และยาว 1.1 เมตร ประกอบด้วยมอเตอร์ขนาด 0.5 แรงม้า เป็นต้นกำลังตัวตีเกลียวเส้นไหม มอเตอร์ 0.25 แรงม้า เป็นต้นกำลังขับลูกรีดป้อนใยไหมใช้สายพานและใช้พูเลย์เป็นตัวส่งกำลัง



ภาพประกอบ 3.20 แบบขนาดเครื่องสางรังไหม (หน่วย : เมตร)



ภาพประกอบ 3.21 แบบขนาดเครื่องตีเกลียวเส้นไหม (หน่วย : เมตร)

3.3 การทดสอบการทำงานของเครื่อง

3.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพใยไหมและอัตราการผลิตของเครื่องสางรังไหม

สำหรับการทดสอบการทำงานของเครื่องสางรังไหมที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อดูผลการแตกตัวของรังไหม ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการสางเส้นใยคือ

1) มุมของหนามสาง โดยการทดสอบปรับมุมของหนาม 90° และ 45°

2) การจัดเรียงตำแหน่งของหนาม โดยการทดสอบการเรียงแบบตรง และการเรียงแบบสลับฟันปลา

3) ความเร็วรอบของลูกรีดป้อนไหม โดยปรับความเร็วรอบที่ 0.16, 0.24, และ 0.32 เมตร/นาที

3.3.2 ปัจจัยที่มีผลคุณภาพเส้นไหมและอัตราการผลิตของเครื่องตีเกลียวเส้นไหม

สำหรับการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องปั่นเส้นไหมที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อให้ได้คุณภาพและคุณสมบัติของเส้นไหมที่เหมาะสม ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการปั่นเส้นใยคือ

ความเร็วรอบของลูกรีดป้อนรังไหม โดยปรับความเร็วรอบที่ 0.24, 0.32, และ 0.4 เมตร/นาที

3.3.3 การทดสอบการทำงานของเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหม

1) วิธีการเตรียมรังไหม

(1) เตรียมวัตถุดิบรังไหมอีรี่ ปริมาณ 200 กรัม

(2) ต้มรังไหม ในน้ำร้อนด้วยกระทะไฟฟ้า โดยปรับอุณหภูมิ 90° ด้วยน้ำ 6 ลิตร เติมสบู่เหลว 30 กรัม โซเดียมคาร์บอเนต 18 กรัม เพื่อละลายกาวไหม ต้มเป็นเวลา 60 นาที

(3) นำรังไหมหลังจากการต้มไปตากแดด ลดความชื้นรังไหมที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

2) วิธีการทดสอบการทำงานของเครื่องสางรังไหม

(1) ปรับตั้งเครื่องให้พร้อมทำงาน โดยตั้งความเร็วของลูกรีดป้อนรังไหมที่ความเร็วรอบที่ 0.24 เมตร/นาที หนามสางทำมุม 90° ลูกหนามสางเรียงตัวแบบตรง

(2) นำรังไหมแห้งที่ผ่านการต้มลอกกาวแล้ว ใส่ถาดป้อนรังไหม 50 กรัม

(3) เปิดสวิตช์การทำงานของเครื่อง ให้ลูกหนามสางหมุน จนความเร็วคงที่

(4) เปิดสวิตช์การทำงานของ มอเตอร์ลูกรีดป้อนรังไหม

(5) เริ่มทำการสางเส้นรังไหม จนรังไหมเข้าจากถาดจนหมด

(6) ปิดสวิตช์เครื่อง เก็บรังไหมที่ไม่ถูกสางออก

(7) ตัดรังไหมแล้วแกะใยไหมออก นำไปชั่งน้ำหนัก

(8) ทดลองซ้ำจากข้อ 1 ถึงข้อ 7 โดยทำการเปลี่ยนปัจจัย ความเร็วของลูกรีดป้อนรังไหม มุมของหนามสาง ทำการทดลองให้ครบและเปลี่ยนการจัดเรียงหนามสาง บันทึกข้อมูลในแต่ละปัจจัยการทดลอง

(9) วิธีการคำนวณการแตกตัวของรังไหม โดยใช้สมการ

$$\text{ร้อยละการแตกตัวของรังไหม} = \frac{\text{น้ำหนักรังไหมป้อนเข้า} - \text{น้ำหนักรังไหมที่ไม่แตกตัว}}{\text{น้ำหนักรังไหมป้อนเข้า}} \qquad (3.7)$$

(10) บันทึกข้อมูล

3) วิธีการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องตีเกลียว

(1) ปรับเครื่องตีเกลียวให้พร้อมทำงาน นำแผ่นใยไหม 10 กรัม เข้าชุดตีเกลียวใยไหม

(2) เปิดเครื่องและลูกรีดจะดึงใยไหมผ่านตัวตีเกลียวเพื่อรวมใยไหม

(3) เมื่อรวมใยไหมเสร็จแล้วนำเข้าชุดตีเกลียวเส้นไหม

(4) นำใยไหมร้อยผ่านลูกรีด และตัวตีเกลียวแบบวงแหวน

(5) หมุนไจไหม ให้เส้นไหมตึง

(6) เปิดสวิตช์การทำงานของเครื่อง

(7) เมื่อปั่นเส้นไหมจนหมดใยไหม ปิดเครื่อง

(8) ทดลองซ้ำจากข้อ 1-7 โดยทำการเปลี่ยนปัจจัย ความเร็วรอบป้อนใยไหม ปรับเปลี่ยนทดลองจนครบทุกความเร็วรอบ จะได้เส้นไหมทั้งหมด 36 ตัวอย่าง และทดสอบ 3 ซ้ำ

(9) นำตัวอย่างเส้นไหมที่ได้และเส้นไหมแบบดั้งเดิมไปทดสอบสมบัติของเส้นไหมมีการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ร้อยละความสม่ำเสมอของเส้นไหม แรงดึง ร้อยละการยืดตัว ขนาดเส้นไหม (tex) และจำนวนเกลียวต่อเมตร

4) วิธีการทดสอบหาสมบัติของเส้นไหม

(1) ขนาดเส้นไหม หน่วย (tex) นิยมใช้กับเส้นใยสั้น จากสมการที่ (2.1) ถ้าค่า (tex) มีค่ามากเส้นไหมจะมีขนาดใหญ่ นำเส้นไหมที่ได้จากการทดลองเครื่องตีเกลียวที่ความยาว 1 เมตร มาทำการชั่งน้ำหนักเส้นไหมที่ความละเอียด 0.001 กรัม และแทนลงในสูตร

$$\text{tex} = \frac{\text{น้ำหนักเส้นไหม (กรัม)}}{\text{ความเส้นยาวเส้นไหม (เมตร)}} \times 100 \quad (3.8)$$

(2) การวัดความสม่ำเสมอของเส้นไหม นำเส้นไหมความยาว 1 เมตร โดยใช้ผูกไว้กับปากกาจับชิ้นงานทั้ง 2 ด้าน ดึงเส้นไหมให้ตึง แล้ววัดขนาดเส้นไหมด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์ 5 จุดแต่ละจุดห่างกัน 15 เซนติเมตร จะได้ค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นในหน่วยมิลลิเมตร และบันทึกลงในตาราง จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย เพื่อหาค่าความสม่ำเสมอเส้นไหม จากสูตร

$$\text{ความสม่ำเสมอเส้นไหม} = \frac{(1 - \text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของขนาดเส้นไหม})}{\text{เส้นไหมเฉลี่ย}} \times 100 \quad (3.9)$$

(3) การวัดแรงดึงของเส้นไหม โดยการใช้เครื่องวัดแรงดึง (Model NRI - TS501 -100) ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ ใช้ตัวอย่างเส้นไหมที่มีความยาว 20 เซนติเมตร ติดตั้งระยะการดึงที่ 10 เซนติเมตร ทำการดึงที่อุณหภูมิสภาวะห้อง ความเร็วในการดึง 20 มิลลิเมตร/นาที โดยทำการดึงทั้ง 36 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 เส้น และบันทึกค่าเป็นหน่วย นิวตัน

(4) การหาร้อยละยืดตัว จากการทดสอบการดึงเส้นไหม โดยติดตั้งระยะการดึงที่ 10 เซนติเมตร เมื่อดึงจนเส้นไหมขาด ตั้งเครื่องให้หยุดทำงานและวัดระยะที่ยืดตัวก่อนขาดด้วยไม้บรรทัดและแทนลงในสูตร

$$\text{ร้อยละการยืดตัว} = \frac{\text{ความยาวเส้นไหมเริ่มต้น} - \text{ความยาวเส้นไหมดึงขาด}}{\text{ความยาวเส้นไหมเริ่มต้น}} \times 100 \quad (3.10)$$

(5) จำนวนเกลียว ทำได้โดยตัดเส้นไหมออกเป็น 10 เซนติเมตร แล้วนับจำนวนเกลียวทั้ง 3 ตัวอย่าง แล้วหาค่าเฉลี่ย

5) การประเมินการให้คะแนนเพื่อหาคุณภาพที่ดีที่สุดของเส้นไหม

(1) เส้นไหมจากการทดลองมีขนาดแตกต่างกันจึงนำไปจัดกลุ่ม

(2) กำหนดกลุ่มด้วยวิธีการทางสถิติ (Duncan) และแบ่งขนาดเส้นไหม สร้างเกณฑ์ในการกำหนดคะแนนสมบัติของเส้นไหม ทั้งขนาดเส้นไหม ร้อยละความสม่ำเสมอ แรงดึง ร้อยละการยืดตัว และจำนวนเกลียว/เมตร

(3) จัดเรียงตามเบอร์ของเส้นลงไหม

(4) ให้คะแนนเส้นไหมตามเงื่อนไขที่กำหนดและบันทึกลงตาราง

(5) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนของแต่ละกลุ่ม

(6) คะแนนเฉลี่ยที่มากที่สุดในละเบอร์ จะบ่งบอกถึงสมบัติของเส้นไหมที่โดดเด่น

(7) นำค่าเฉลี่ยไปเปรียบเทียบกับเส้นไหมแบบดั้งเดิม

(8) สรุปผลการทดลอง

3.4 การคำนวณทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการต่างๆ บางครั้งต้องการจะทราบว่าจำนวนผลผลิตที่จะผลิตคุ้มทุนควรเป็นเท่าไร และระยะเวลาคืนทุนเพื่อช่วยในการตัดสินใจ (กิตติกร สาสุจิตต์, 2551)

3.4.1 จุดคุ้มทุน (breakeven analysis) คือจุดที่รายได้กับรายจ่ายเท่ากัน หรือกำไรเป็นศูนย์ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของต้นทุน รายได้ และผลกำไรที่ปริมาณการผลิตต่าง ๆ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเหมาะกับโครงการระยะสั้น เงื่อนไขต่าง ๆ ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดโครงการ เพราะถ้ามีการเปลี่ยนแปลงก็จะมีผลทำให้การตัดสินใจคลาดเคลื่อนได้

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน มีดังนี้

1. ต้นทุน
2. รายได้
3. ผลกำไรที่ปริมาณการผลิตต่าง ๆ

จากสูตร

กำไร = รายได้ - ต้นทุนผันแปร - ต้นทุนคงที่ (3.10)

0 = รายได้ – ต้นทุนผันแปร – ต้นทุนคงที่

ต้นทุนรวมในการผลิต (C) = F + V (3.12)

แทนเป็นสูตร

V = v N (3.13)

C = F + v N (3.14)

รายได้ (R) = p N (3.15)

กำไร (P) = รายได้ (R) – ต้นทุนรวม (C) (3.16)

กำไร (P) = p N – (F + v N) (3.17)

ให้กำไร (P) เท่ากับศูนย์ จะได้ต้นทุนเท่ากับรายได้

0 = p N - (F + v N) = p N – F - v N (3.18)

โดย

C	ต้นทุนรวมในการผลิต	(บาท)
F	ต้นทุนคงที่	(บาท)
V	ต้นทุนแปรผัน	(บาท)
N*	จำนวนที่ผลิตที่จุดคุ้มทุน	(ชิ้น)
N	จำนวนการผลิตที่จุดใดๆ	(ชิ้น)
v	ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย	(บาท)
R	รายได้	(บาท)
P	กำไร	(บาท)
p	ราคาขายต่อหน่วย	(บาท)

pN – vN = F (3.19)

N(p – v) = F (3.20)

N* = F / (p – v) (3.21)

เมื่อ N* เป็นปริมาณที่ผลิตคุ้มทุนพอดี

ต้นทุนการผลิต (cost of production) หมายถึง ค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายในปัจจัยการผลิตที่ใช้ในกระบวนการผลิต เนื่องจากปัจจัยการผลิต แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ปัจจัยคงที่ กับปัจจัยผันแปร ดังนั้นต้นทุนการผลิตซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายในปัจจัยการผลิตจึงแบ่งตามประเภท ของปัจจัยการผลิต ออกเป็น 2 ประเภทเช่นเดียวกัน คือ

1) ต้นทุนคงที่ (fixed cost) หมายถึงค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายในการผลิตที่เกิดจากการใช้ปัจจัยคงที่ หรือเป็นต้นทุนคงที่ โดยค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณของผลผลิต กล่าวคือ ไม่ว่าจะผลิตปริมาณมาก ปริมาณน้อย หรือไม่ผลิตเลย ก็จะเสียค่าใช้จ่ายในจำนวนที่คงที่ ตัวอย่างของต้นทุนคงที่ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนซื้อที่ดิน ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคารสำนักงาน โรงงาน ฯลฯ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ตายตัวไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณการผลิต

2) ต้นทุนผันแปร (variable cost) หมายถึงค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายในการผลิตที่เกิดจากการใช้ปัจจัยผันแปร หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่าต้นทุนผันแปรเป็นค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายที่ขึ้นอยู่กับปริมาณของผลผลิต กล่าวคือ ถ้าผลิตปริมาณมากก็จะเสียต้นทุนมาก ถ้าผลิตปริมาณน้อยก็จะเสียต้นทุนน้อย และจะไม่ต้องจ่ายเลยถ้าไม่มีการผลิต ตัวอย่างของต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่เป็นค่าแรงงาน ค่าวัตถุดิบ ค่าขนส่ง ค่าน้ำประปา ค่าไฟฟ้า

3.4.2 ระยะเวลาคืนทุน (pay back period) คือ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิ จากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับมูลค่าในการลงทุนทั้งหมด โครงการใดที่มีระยะเวลาลงทุนยิ่งสั้นยิ่งมีความต้องการสูง เนื่องจากสามารถนำเงินที่คืนทุนไปลงทุนในกิจการอื่นๆได้ ระยะเวลาคืนทุนที่นิยมใช้จะเป็นแบบวิธีระยะคืนทุนแบบง่าย (simple payback period) โดยระยะเวลาคืนทุนสามารถคำนวณจาก

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{มูลค่าในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนจากการขาย}} \qquad (3.22)$$

บทที่ 4

ผลการวิจัย และการอภิปราย

ผลการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ การสร้างเครื่องสางรังไหม เครื่องตีเกลียวเส้นไหม และการทดลองการทำงานของเครื่อง ทดลองโดยผู้ดำเนินโครงการ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตเส้นไหมอีรี่ และการทดสอบเส้นไหมที่ผลิตได้จากเครื่องเทียบกับที่ผลิตได้จากวิธีการดั้งเดิม ซึ่งได้ผลดังนี้

4.1 การสร้างเครื่อง

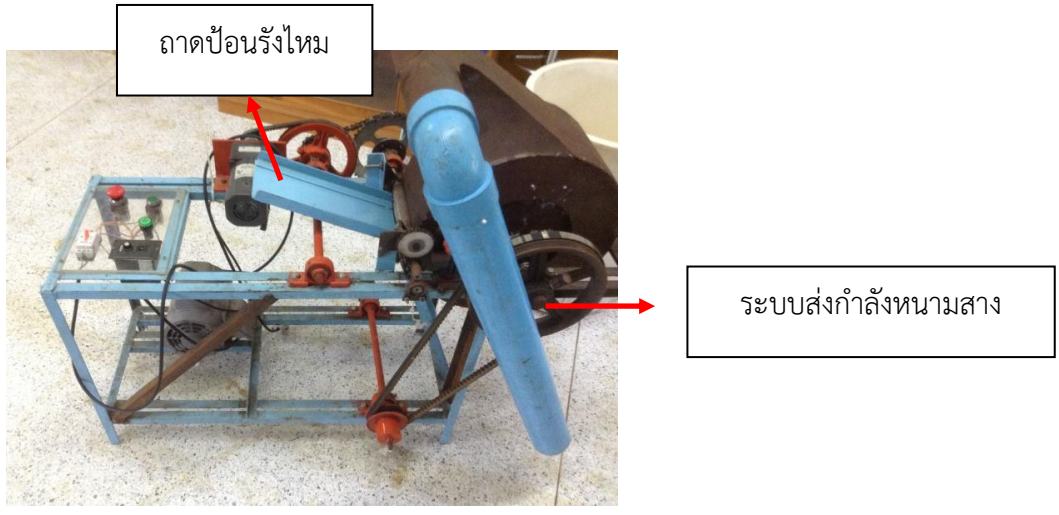
4.1.1 ผลการสร้างเครื่องสางรังไหมอีรี่

1) โครงสร้างของเครื่องสางรังไหมอีรี่ จากการออกแบบในบทที่ 3 สามารถสร้างเครื่องได้ตามแบบ โดยมีส่วนประกอบของเครื่องสางรังไหม ซึ่งใช้เหล็กฉากขนาด 1 นิ้ว x 1 นิ้ว หนา 1.4 มิลลิเมตร ในการประกอบโครงสร้าง ขนาดของเครื่องสางรังไหมมีความสูง 120 เซนติเมตร กว้าง 60 เซนติเมตร และยาว 110 เซนติเมตร ถาดป้อนรังไหม ใช้เหล็กฉากเชื่อมติดกับเหล็กแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร กว้าง 12 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพประกอบ 4.1 ฝาครอบหัวสางทำจากเหล็กแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร กว้าง 8 นิ้ว หัวสางรังไหมทรงกระบอกทำจากไม้ เส้นผ่านศูนย์กลาง ขนาด 12 นิ้ว กว้าง 6 นิ้ว และใช้ตะปู ขนาด 2 มิลลิเมตรในการทำหนามสาง ลูกรีดป้อนรังไหมทำจากเพลากลมกลึงลายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 15.24 เซนติเมตร 2 ตัว ดังแสดงในภาพประกอบ 4.2 และ 4.3

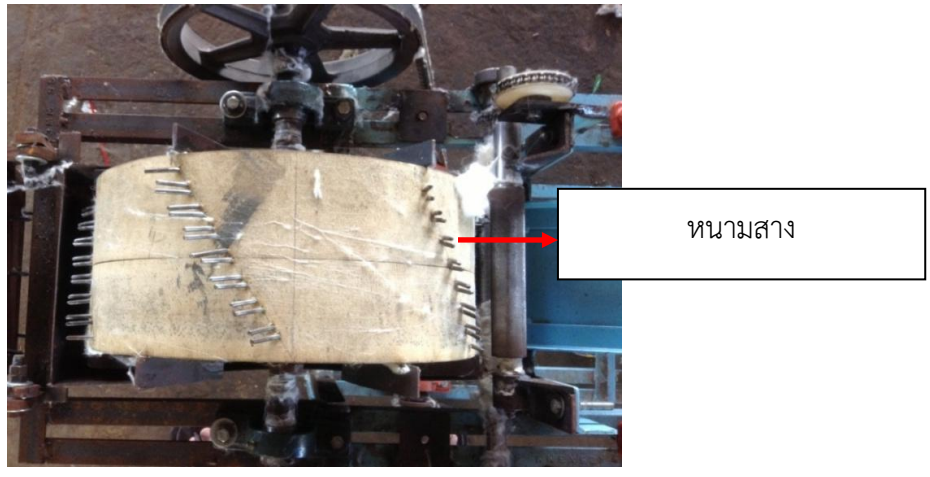
2) ระบบส่งกำลังของหัวสาง การขับหัวสางใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้าเป็นต้นกำลัง โดยสายพานเป็นตัวส่งกำลัง ใช้พูเลย์แบบ CVT ปรับขนาดได้ และพูเลย์ 10 นิ้ว และใช้ตุ๊กตาขนาด 1 นิ้ว เป็นตัวยึดเพลาทั้งหมด ดังแสดงในภาพประกอบ 4.1

3) ระบบส่งกำลังของลูกรีดป้อนรังไหม การขับลูกรีดป้อนรังไหมใช้มอเตอร์ขนาด 0.25 แรงม้า ปรับความเร็วรอบได้เป็นต้นกำลัง โดยใช้ชุดส่งกำลังคือ พูเลย์ 2 นิ้ว และ 8 นิ้ว ส่งกำลังต่อไปยังเสตอร์และโซ่ อัตราทด 1:3 เพื่อเพิ่มแรงในการป้อนรังไหม ดังแสดงในภาพประกอบ 4.4

4) ระบบไฟฟ้า ใช้ไฟฟ้า 1 เฟส 220 โวลต์ ในการขับมอเตอร์ ทั้ง 2 ตัว มี สวิตช์ ปิด-เปิด และปุ่มเซฟตี้ สำหรับหยุดการทำงานของเครื่อง และตัวปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ขับลูกรีดป้อนรังไหม ดังแสดงในภาพประกอบ 4.4

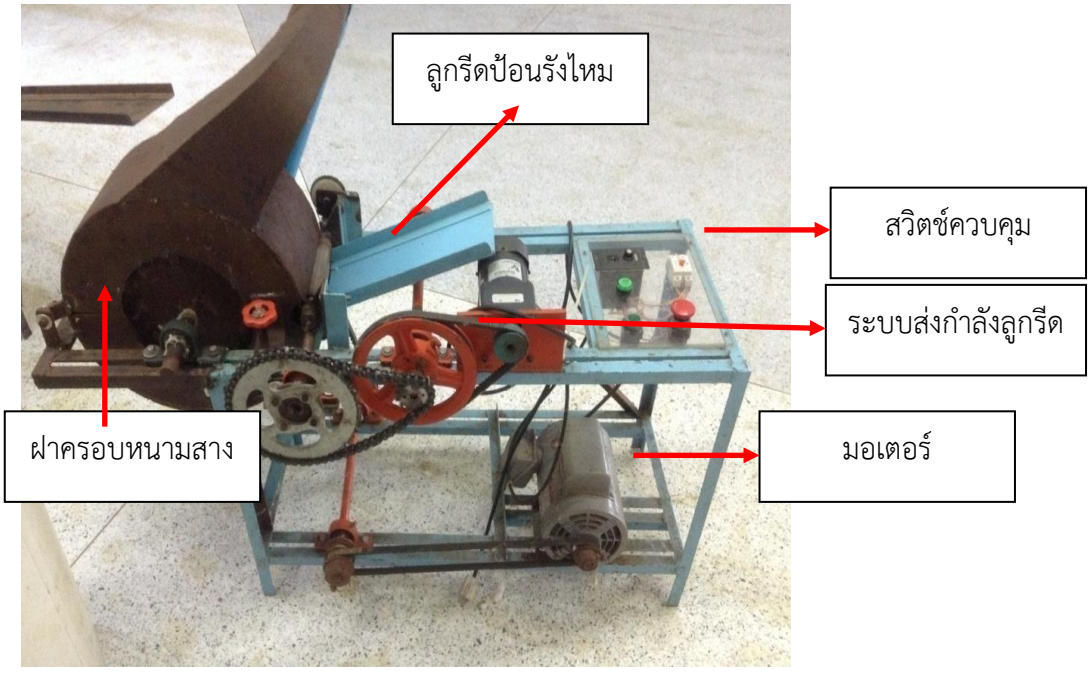


ภาพประกอบ 4.1 เครื่องสางรังไหมด้านหน้า



ภาพประกอบ 4.2 หัวสางและชุดครอบหัวสาง

ภาพประกอบ 4.3 ลูกรีดป้อนรังไหม



ภาพประกอบ 4.4 เครื่องสางรังไหมด้านหลัง

4.1.2 การสร้างเครื่องตีเกลียวเส้นไหม

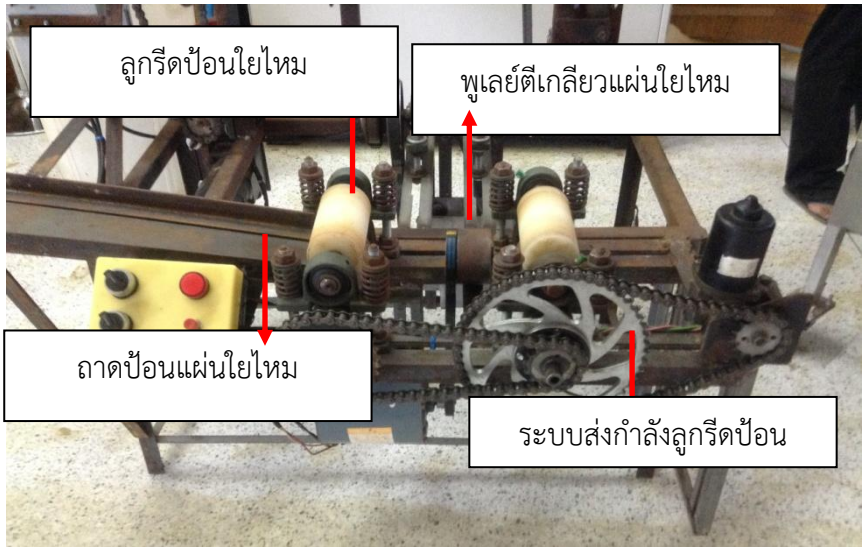
1) โครงสร้างของเครื่องตีเกลียว มีการทำงานเป็น 2 ชุด คือชุดตีเกลียวแผ่นใยไหม และชุดตีเกลียวเส้นไหม ในการประกอบเครื่องตีเกลียวใช้เหล็กฉากขนาด 1 นิ้ว x 1 นิ้ว หนา 1.4 มิลลิเมตร มีขนาดโดยรวมคือมีความสูง 90 เซนติเมตร กว้าง 120 เซนติเมตร และยาว 180 เซนติเมตร แสดงในภาพประกอบที่ 4.5 ชุดตีเกลียวใยไหมจะประกอบด้วยถาดป้อนแผ่นใยไหม ใช้เหล็กฉากเชื่อมติดกับเหล็กแผ่นหนา 2 กว้าง 12 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร ดูภาพประกอบที่ 4.6 ตัวตีเกลียวใยไหมเป็นพูเลย์ขนาด 2 นิ้ว มีรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ลูกรีดป้อนรังไหม ทำจากซุปเปอร์ลีน (superlene) และเพลาเหล็กกลมกลึงลาย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว กว้าง 15 เซนติเมตร 2 ชุด และมีสปริงกดลูกรีด ดังแสดงในภาพประกอบ 4.7 และ 4.8 ชุดตีเกลียวเส้นไหมประกอบไปด้วยเหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ในการสร้างวงแหวนตีเกลียวขนาด กว้าง 26 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร โดยยึดกับโครงเหล็กมีความสูง 45 เซนติเมตร ดูภาพประกอบที่ 4.10 และแกนม้วนเส้นไหม ใช้เพลาเหล็กกลม 1 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร แสดงในภาพประกอบ 4.11 ชุดลูกรีดป้อนใยไหมทำจากซุปเปอร์ลีนและเพลาเหล็กกลมกลึงลายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว กว้าง 5 เซนติเมตร 2 ชุด และมีสปริงกดลูกรีด ซึ่งออกแบบให้สามารถปรับยกลูกรีดขึ้นได้ เพื่อใส่ใยไหมที่ตีเกลียวแล้ว ดังแสดงในภาพประกอบ 4.12

2) ระบบส่งกำลังของเครื่องตีเกลียวเส้นไหม การขับหัวตีเกลียวใยไหมใช้มอเตอร์ขนาด 0.25 แรงม้าเป็นต้นกำลัง โดยสายพานเป็นตัวส่งกำลังใช้พูเลย์ขนาด 2 นิ้ว และ 1 นิ้ว อัตราการทดเป็น 1:2 แสดงในภาพประกอบ 4.7 การขับลูกรีดป้อนใยไหมเพื่อม้วนรวมใยใช้มอเตอร์ขนาด 0.25 แรงม้าเป็นต้นกำลัง โดยใช้เสตอร์และโซ่เป็นตัวส่งกำลัง โดยขับชุดแรกที่อัตราทด 1:3 และส่งไปตัวทดที่อัตราทด 1:2 แสดงในภาพประกอบ 4.9 วงแหวนตีเกลียวเส้นไหมใช้มอเตอร์ขนาด 0.5 แรงม้าเป็นต้นกำลัง

โดยสายพานเป็นตัวส่งกำลังใช้พูเลย์ขนาด 2 นิ้ว อัตราการส่งกำลัง 1:2 แสดงในภาพประกอบ 4.13และการขับลูกรีดป้อนใยไหม เข้าชุดวงแหวนตีเกลียวใช้มอเตอร์ขนาด 0.25 แรงม้าเป็นต้นกำลัง โดยใช้สายพานและโซ่เป็นตัวส่งกำลัง โดยขับชุดแรกที่อัตราทด 1:4 และส่งไปตัวทัดไปที่อัตราทด 1:3 และขับลูกรีดที่อัตราทด 1:1 ดังแสดงในภาพประกอบ 4.14

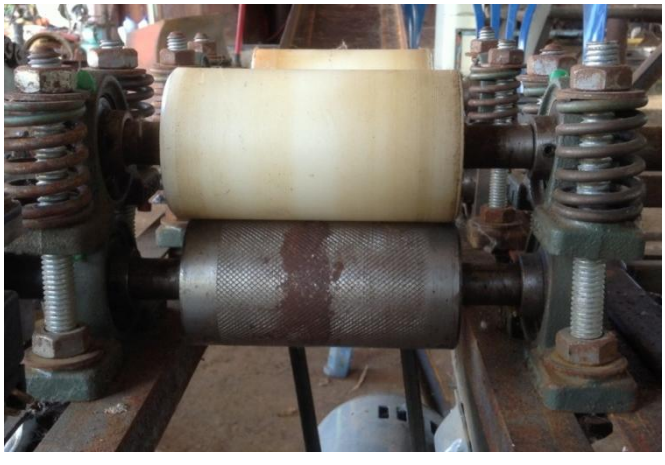
3) ระบบไฟฟ้า ใช้ไฟฟ้า 1 เฟส 220 โวลต์ ในการขับมอเตอร์ ทั้ง 4 ตัว มีสวิตช์เปิด-ปิด และปุ่มเซฟตี้ สำหรับหยุดการทำงานของเครื่อง

ภาพประกอบ 4.5 เครื่องตีเกลียวเส้นไหม



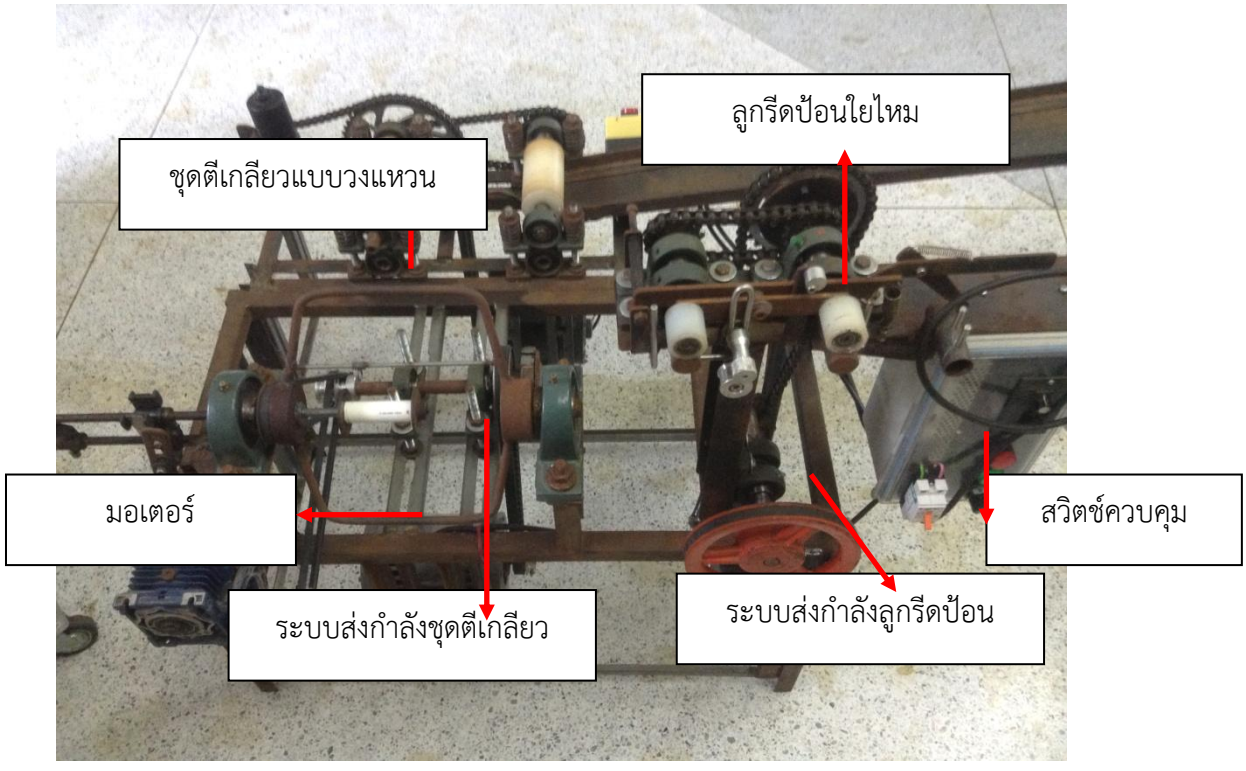
ภาพประกอบ 4.6 ชุดตีเกลียวใยไหม

ภาพประกอบ 4.7 ตัวตีเกลียวใยไหม

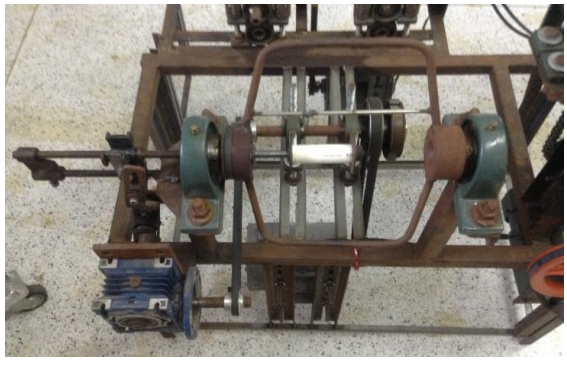


ภาพประกอบ 4.8 ลูกรีดป้อนใยไหม

ภาพประกอบ 4.9 ระบบส่งกำลังลูกรีดป้อนใยไหม



ภาพประกอบ 4.10 ส่วนประกอบเครื่องตีเกลียวเส้นไหม



ภาพประกอบ 4.11 ชุดวงแหวนตีเกลียว

ภาพประกอบ 4.12 ลูกรีดป้อนใยไหม

ภาพประกอบ 4.13 ระบบส่งกำลังชุดวงแหวนตีเกลียวเส้นไหม

ภาพประกอบ 4.14 ระบบส่งกำลังตัวขับลูกรีดป้อนใยไหม

4.2 ผลการทดลองเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหม

4.2.1 การทดสอบการทำงานเครื่องสางรังไหม

ผลจากการทดสอบเครื่องสางรังไหมที่สร้างเสร็จแล้วด้วยปัจจัย คือ มุมของหนามสาง โดยการทดสอบปรับมุมของหนามสาง 90° และ 45° การจัดเรียงตำแหน่งของหนาม และการทดสอบเรียงตัวแบบตรง เรียงตัวแบบสลับฟันปลา ความเร็วป้อนรังไหม โดยปรับความเร็วรอบที่ 0.16, 0.24, 0.32 เมตร/นาที ซึ่งพบว่า น้ำหนักของรังไหมที่แตกตัว (กรัม) และร้อยละการแตกตัวของรังไหม แสดงดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักรังไหมที่แตกตัว และร้อยละการแตกตัวของรังไหม เมื่อทดสอบจากปัจจัยในการเรียงหนามสาง มุมของหนามสาง และความเร็วป้อนรังไหม

การจัดเรียงหนาม	มุมของหนาม (องศา)	ความเร็วป้อน (เมตร/นาที)	น้ำหนักรังไหมที่แตกตัวเฉลี่ย (กรัม)	การแตกตัวรังไหม (%)
เรียงตรง	45	0.24	34.98±1.07	70.0
		0.32	26.14±1.94	52.28
		0.4	19.2±3.56	38.4
	90	0.24	32.6±1.19	65.2
		0.32	24.4±1.1	48.8
		0.4	15.8±1.48	31.6
สลับฟันปลา	45	0.24	36.38±1.92	72.8
		0.32	28.74±2.88	57.5
		0.4	22.28±1.78	44.56
	90	0.24	34.56±0.83	69.1
		0.32	26.54±1.22	53.1
		0.4	18.14±3.73	36.3

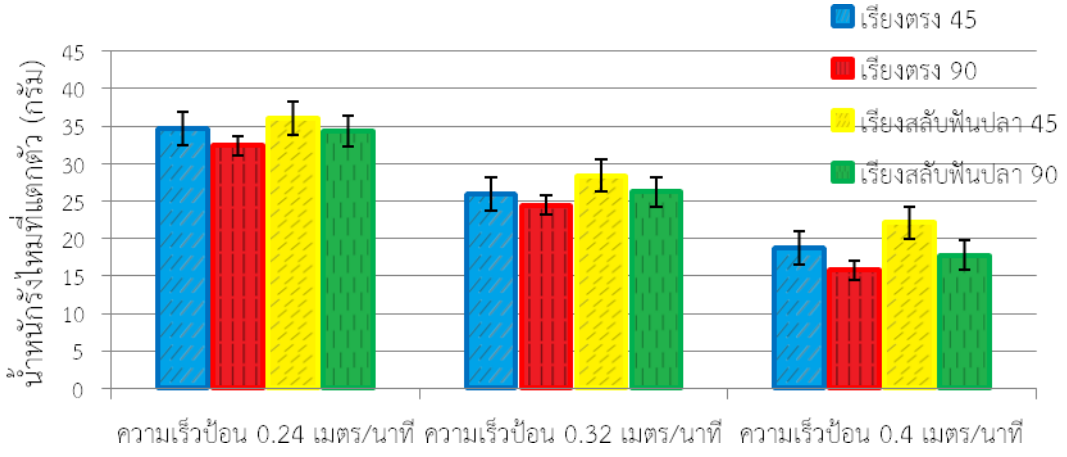
ผลการทดสอบเครื่องสางรังไหม เพื่อหาน้ำหนักรังไหมที่แตกตัว

1. ปัจจัยของการเรียงตัวของหนามสาง ที่มีผลต่อน้ำหนักรังไหมอีรี่ที่แตกตัว จากตาราง 4.1 การทดลองเมื่อปรับปัจจัยที่อัตราการป้อนเดียวกันและมุมของหนามสางเดียวกัน แต่การเรียงตัวแบบสลับฟันปลาและแบบเรียงตรง พบว่าการเรียงตัวของหนามสางแบบสลับฟันปลาจะได้น้ำหนักรังไหมอีรี่ที่แตกตัวมากกว่าการเรียงตัวแบบตรงเฉลี่ย 10% และการทดสอบทางสถิติการเรียงตัวของหนามสางทั้งแบบสลับฟันปลาและแบบเรียงตรงมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากการเรียงตัวของหนามสางแบบสลับฟันปลาจะเกิดความสม่ำเสมอในการสางรังไหม มากกว่าแบบตรง

2. ปัจจัยการทำมุมของหนามสาง ที่มีผลต่อน้ำหนักรังไหมอีรี่ที่แตกตัว จากตาราง 4.1 เมื่อปรับปัจจัยที่อัตราการป้อนเดียวกันและการเรียงตัวของหนามสางเหมือนกัน แต่มุมของหนามปรับเปลี่ยนเป็น 45° และ 90° พบว่าการเรียงหนามสางแบบตรงและแบบสลับฟันปลาทำมุม 45° จะได้น้ำหนักรังไหมที่แตกตัวมากกว่าหนามสางมุม 90° เฉลี่ย 8% และจากทดสอบทางสถิติมุมของหนามสางมุม 45° และมุม 90° มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจาก การเรียงตัวของหนามสางที่มุม 45° จะทำให้ปลายหนามสางเกี่ยวรังไหมเพื่อฉีกรังไหมได้ดีกว่าที่มุม 90°

3. ปัจจัยของการความเร็วป้อนรังไหม ที่มีผลต่อน้ำหนักรังไหมที่แตกตัวของรังไหม อีรี่ จากการเพิ่มความเร็วในการป้อนรังไหมจะส่งผลให้น้ำหนักรังไหมที่แตกตัวลดลง ดังแสดงในภาพประกอบ 4.15 โดยปัจจัยที่ดีที่สุดที่ทำให้รังไหมแตกตัวมากที่สุด คือหนามเรียงตัวแบบสลับฟันปลาทำมุม 45° ความเร็วป้อนรังไหม 0.24 เมตร/นาที จะได้น้ำหนักรังไหมที่แตกตัว 36.38 กรัม ร้อยละการแตกตัว 72.8 และปัจจัยที่ได้น้ำหนักรังไหมน้อยที่สุดคือ หนามสางเรียงตรง ทำมุม 90° ความเร็วป้อนรัง

ไหม 0.4 เมตร/นาที ได้น้ำหนักรังไหม 15.8 กรัม ร้อยละการแตกตัว 31.6 และ จากการทดสอบทางสถิติอัตราการป้อนรังไหมทั้ง 3 ความเร็ว มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจาก การเพิ่มความเร็วป้อนรังไหม จะทำให้รังไหมอีรี่เข้าไปในลูกหนามสางปริมาณมากและลูกหนามสางไม่สามารถสางได้ทันก่อนรังไหมจะหลุดจากลูกรีดป้อนไหม ทำให้รังไหมถูกสางเพียงเล็กน้อย จึงมีปริมาณน้ำหนักรังไหมที่ไหมแตกตัวลดลง



ภาพประกอบ 4.15 ปัจจัยของความเร็วป้อนที่มีผลต่อน้ำหนักที่แตกตัวของการสางรังไหม

4.2.2 การทดสอบการทำงานเครื่องตีเกลียวเส้นไหม

การทดสอบเครื่องตีเกลียวเส้นไหมด้วยปัจจัย ความเร็วป้อนใยไหม โดยการนำแผ่นใยไหมที่ได้จากเครื่องสางรังไหมเข้าชุดตีเกลียวใยไหมก่อนเข้าชุดตีเกลียวเส้นไหม โดยปรับความเร็วป้อน 0.16, 0.24, 0.32 เมตร/นาที จะได้เส้นไหมทั้งหมด 36 ตัวอย่าง 3 ชุด นำเส้นไหมทั้งหมดมาทดสอบเพื่อหาสมบัติของเส้นไหม ทั้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นไหม (มิลลิเมตร) ร้อยละความสม่ำเสมอเส้นไหม แรงดึงของเส้นไหม (นิวตัน) ขนาดของเส้นไหม (tex) ร้อยละการยืดตัวของเส้นไหม และจำนวนเกลียว/เมตร และนำเส้นไหมจากแบบดั้งเดิมมาทดสอบเพื่อหาสมบัติด้วย ซึ่งจากการทดสอบได้ผลดังตาราง 4.2 และข้อมูลการวัดสมบัติต่างๆของเส้นไหมแสดงในภาคผนวก

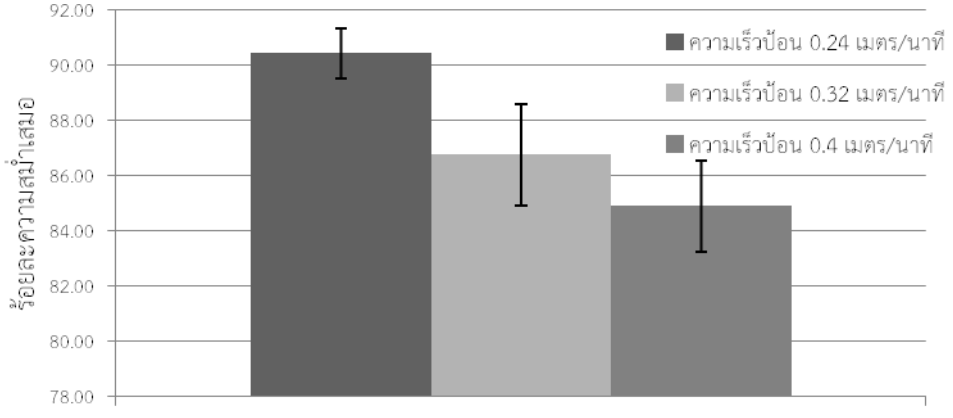
ตาราง 4.2 ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบสมบัติของเส้นไหม ร้อยละความสม่ำเสมอเส้นไหม แรงดึงเส้นไหม ร้อยการยืดตัว ขนาดเส้นไหม (tex) จำนวนเกลียว/เมตร ที่ได้จากการทดลองเครื่องตีเกลียวเส้นไหม ที่ความเร็วป้อนต่างๆ และการทดสอบสมบัติของเส้นไหมแบบดั้งเดิม

ความเร็วป้อน (เมตร/นาที)	ขนาดเส้นไหม (มิลลิเมตร)	ร้อยละความสม่ำเสมอ	ขนาดเส้นไหม (tex)	แรงดึง (นิวตัน)	การยืดตัว (%)	จำนวนเกลียว (เกลียว/เมตร)
0.24	0.976±0.09	90.44±0.91	345.1±38.6	10.38±2.08	24.0±5.3	234.61±6.17
0.32	1.493±0.07	86.77±1.84	443.1±52.2	13.18±2.60	45.92±6.5	176.58±3.70
0.4	1.975±0.06	84.90±1.66	648.1±75.9	15.45±4.0	67.72±5.1	141.56±3.96
ดั้งเดิม 1	0.94	94.15	297.3	7.83	13.05	180.67
ดั้งเดิม 2	1.43	92.73	412.0	11.06	26.92	132.45
ดั้งเดิม 3	1.90	90.65	553.6	12.73	37.04	90.31

ผลการทดสอบเครื่องตีเกลียวเส้นไหม

1) ความสม่ำเสมอเส้นไหม

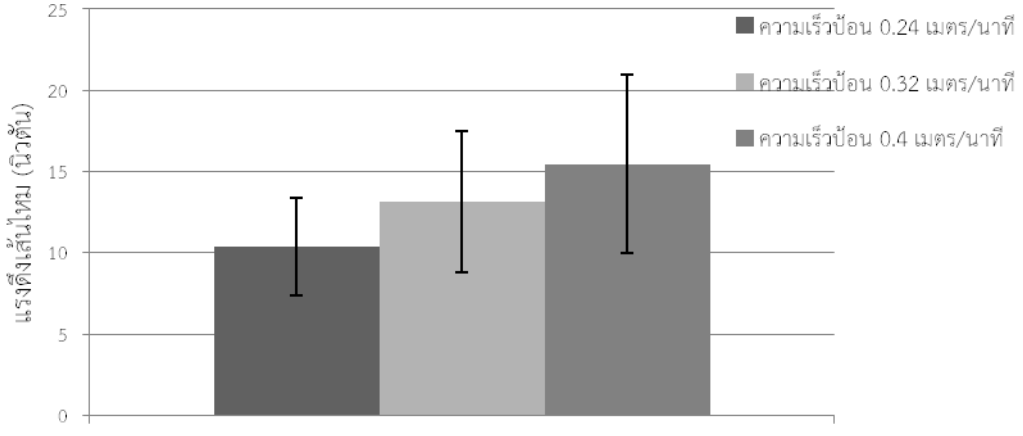
ปัจจัยของความเร็วป้อนใยไหมที่มีผลต่อความสม่ำเสมอของเส้นไหมอีรี่ จากตารางที่ 4.2 การป้อนใยไหมที่ความเร็วป้อน 0.24 เมตร/นาที จะได้ร้อยละความสม่ำเสมอของเส้นไหมเฉลี่ย 90.44 การป้อนใยไหมที่ความเร็วป้อน 0.32 เมตร/นาที จะได้ร้อยละความสม่ำเสมอของเส้นไหมเฉลี่ย 86.77 และการป้อนใยไหมที่ความเร็วป้อน 0.4 เมตร/นาที จะได้ร้อยละความสม่ำเสมอของเส้นไหมเฉลี่ย 84.90 จากการทดสอบทางสถิติความเร็วป้อนใยไหม พบว่า ปัจจัยความเร็วป้อนมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ ($p<0.05$) จากการเพิ่มความเร็วป้อนใยไหมจะส่งผลให้ความสม่ำเสมอของเส้นไหมลดลง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4.16 เนื่องมาจากที่ความเร็วป้อนใยไหม 0.4 เมตร/นาที จะทำให้ตีเกลียวได้น้อยและดึงเก็บเข้าไจไหมไม่ทัน ทำให้เส้นไหมที่ได้มีปุ่มปมมาก จึงทำให้ขนาดของเส้นไหมสม่ำเสมอน้อยกว่า เมื่อเทียบกับความเร็วป้อนใยที่ความความเร็วป้อน 0.24 เมตร/นาที จะปล่อยใยไหมช้าทำได้ตีเกลียวได้แน่น จึงทำให้เกิดปุ่มปมน้อยกว่าและได้เส้นไหมมีขนาดใกล้เคียงกัน



ภาพประกอบ 4.16 ปัจจัยของความเร็วป้อนใยไหมที่มีผลต่อร้อยละความสม่ำเสมอของเส้นไหม

2) แรงดึงเส้นไหม

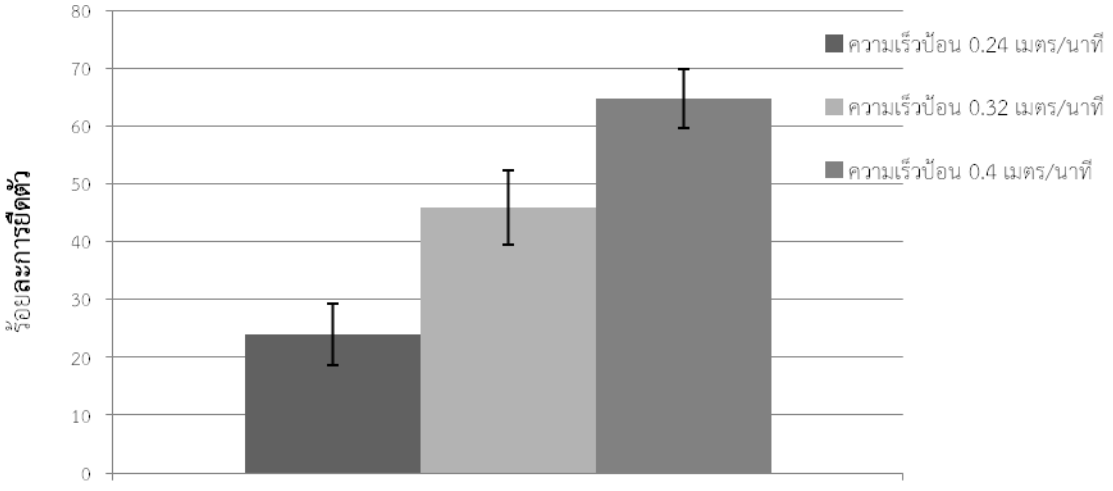
ปัจจัยของความเร็วป้อนใยไหม ที่มีผลต่อแรงดึงของเส้นไหมอีรี่ จากตารางที่ 4.2 พบว่า การป้อนใยไหมที่ความเร็วป้อน 0.24 เมตร/นาที จะได้แรงดึงของเส้นไหมเฉลี่ย 10.38 นิวตัน การป้อนใยไหมที่ความเร็วป้อน 0.32 เมตร/นาที จะได้ความแรงดึงของเส้นไหมเฉลี่ย 13.18 นิวตัน และการป้อนใยไหมที่ความเร็วป้อน 0.4 เมตร/นาที จะได้แรงดึงของเส้นไหมเฉลี่ย 15.45 นิวตัน จากการทดสอบทางสถิติความเร็วป้อนใยไหม พบว่าความเร็วป้อนมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อทดลองครบทั้ง 3 ความเร็วป้อนพบว่าการเพิ่มความเร็วป้อนใยไหม จะส่งผลให้แรงดึงเส้นไหมลดลง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4.17 ทั้งนี้เนื่องมาจากความเร็วป้อนใยไหม 0.4 เมตร/นาที จะทำให้เส้นไหมตีเกลียวกันอย่างหลวมๆ จึงได้แรงดึงน้อยเมื่อเปลี่ยนความเร็วป้อนใยไหม เป็น 0.24 เมตร/นาที จะเกิดการตีเกลียวของเส้นไหมที่เพิ่มขึ้นและแน่นขึ้น ทำให้เส้นไหมมีแรงดึงเฉลี่ยเพิ่มขึ้น



ภาพประกอบ 4.17 ปัจจัยความเร็วป้อนใยไหมที่มีผลต่อแรงดึงของเส้นไหม

3) การยืดตัว

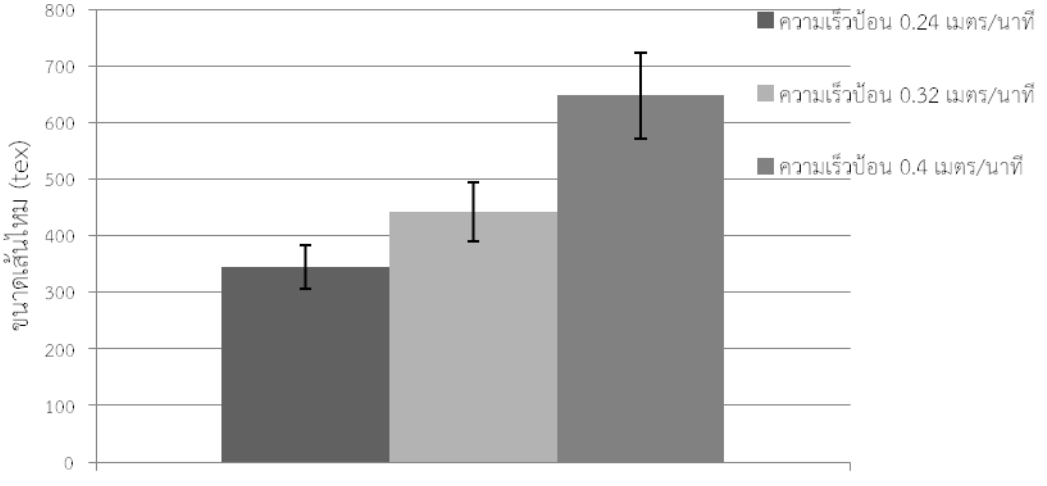
ปัจจัยของความเร็วป้อนใยไหมที่มีผลต่อร้อยละการยืดตัวของเส้นไหมอีรี่ จากตาราง 4.2 พบว่า การป้อนใยไหมที่ความเร็วป้อน 0.24 เมตร/นาที จะได้ร้อยละการยืดตัวของเส้นไหมเฉลี่ย 24 การป้อนใยไหมที่ความเร็วป้อน 0.32 เมตร/นาที จะได้ร้อยละการยืดตัวของเส้นไหมเฉลี่ย 45.92 และการป้อนใยไหมที่ความเร็วป้อน 0.4 เมตร/นาที จะได้ร้อยละการยืดตัวของเส้นไหมเฉลี่ย 67.72 จากการทดสอบทางสถิติด้วยความเร็วป้อนใยไหมทั้งหมด พบว่า ความเร็วป้อนมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อทดลองครบทั้ง 3 ความเร็วพบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วป้อนใยไหมจะส่งผลให้ร้อยละการยืดตัวเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4.18 ทั้งนี้เนื่องมาจากร้อยละการยืดตัวของเส้นไหมจะมีแนวโน้มคล้ายกันกับแรงดึง เมื่อความเร็วป้อนใยไหม 0.4 เมตร/นาที จะทำให้เส้นไหมมีขนาดใหญ่ มีแรงดึงมากจึงได้ร้อยละการยืดตัวมากที่สุด เมื่อเทียบกับความเร็วป้อนที่ 0.32 และ 0.24 เมตร/นาที



ภาพประกอบ 4.18 ปัจจัยความเร็วป้อนใยไหมที่มีผลต่อร้อยละการยืดตัวของเส้นไหม

4) ขนาดของเส้นไหม

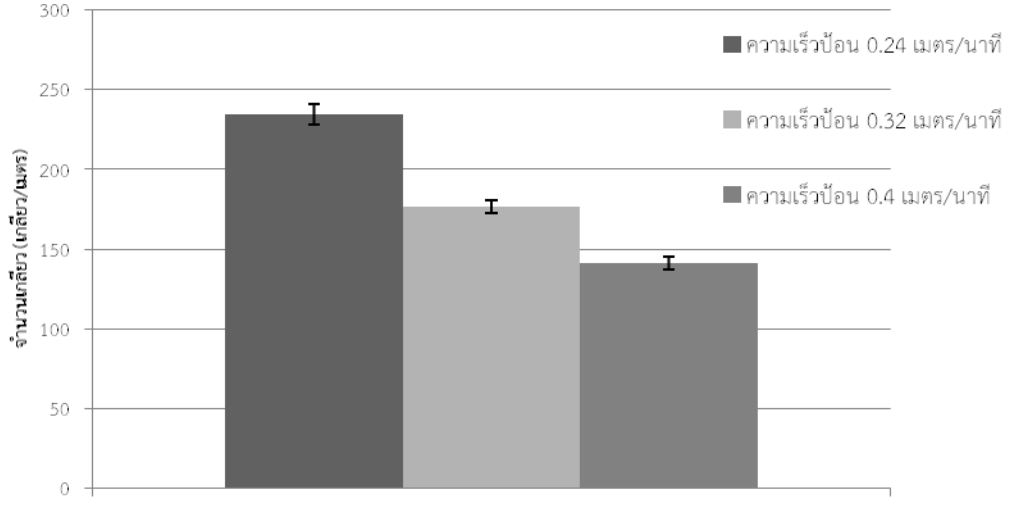
ปัจจัยของความเร็วป้อนใยไหม ที่มีผลต่อขนาดของเส้นไหมอีรี่ จากตาราง 4.2 พบว่า การป้อนใยไหมที่ความเร็วป้อน 0.24 เมตร/นาที จะได้ขนาดของเส้นไหมเฉลี่ย 345.1 tex (0.976 มิลลิเมตร) การป้อนใยไหมที่ความเร็วป้อน 0.32 เมตร/นาที จะได้ขนาดของเส้นไหมเฉลี่ย 443 tex (1.493 มิลลิเมตร) และการป้อน ใยไหมที่ความเร็วป้อน 0.4 เมตร/นาที จะได้ขนาดของเส้นไหมเฉลี่ย 648 tex (1.975 มิลลิเมตร) จากการทดสอบทางสถิติความเร็วป้อนใยไหม พบว่าความเร็วป้อนมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเพิ่มความเร็วป้อนใยไหมจะส่งผลให้ขนาดเส้นไหมมีขนาดใหญ่ขึ้น ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4.19 ทั้งนี้เนื่องมาจากความเร็วป้อนใยไหม 0.4 เมตร/นาที จะป้อนใยไหมเร็วทำให้ตีเกลียวได้น้อย ได้เส้นไหมมีขนาดโตกว่ามากกว่า เมื่อเทียบกับความเร็วป้อนใยที่ความความเร็วป้อน 0.32 และ 0.24 เมตร/นาที จะป้อนรังไหมเข้าช้ากว่าจึงเกิดการตีเกลียวที่แน่นขึ้น ทำให้ได้เส้นไหมที่มีขนาดเล็ก



ภาพประกอบ 4.19 ปัจจัยความเร็วป้อนใยไหมที่มีผลต่อขนาดของเส้นไหม (tex)

5) จำนวนเกลียว

ปัจจัยของความเร็วป้อนใยไหม ที่มีผลต่อจำนวนเกลียวของเส้นไหมอีรี่ จากตาราง 4.2 พบว่า การป้อนใยไหมที่ความเร็วป้อน 0.24 เมตร/นาที จะได้จำนวนเกลียวในเส้นไหมเฉลี่ย 235 เกลียว/เมตร การป้อนใยไหมที่ความเร็วป้อน 0.32 เมตร/นาที จะได้จำนวนเกลียวในเส้นไหมเฉลี่ย 177 เกลียว/เมตร และการป้อน ใยไหมที่ความเร็วป้อน 0.4 เมตร/นาที จะได้จำนวนเกลียวในเส้นไหมเฉลี่ย 142 เกลียว/เมตร จากการทดสอบทางสถิติความเร็วป้อนใยไหม พบว่าความเร็วป้อนมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ ($p<0.05$) ผลจากการทดลองพบว่าความเร็วป้อนใยไหมที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้จำนวนเกลียวในเส้นไหมมีค่าลดลง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4.20 ทั้งนี้เนื่องมาจากความเร็วป้อนใยไหม 0.24 เมตร/นาที จะปล่อยใยไหมเข้าไปตีเกลียวช้าทำให้ได้จำนวนเกลียว/เมตร มากกว่าความเร็วป้อน 0.32 และ 0.4 เมตร/นาที



ภาพประกอบ 4.20 ปัจจัยความเร็วป้อนใยไหมที่มีผลจำนวนเกลียวต่อเมตรของเส้นไหม

4.2.3 การจัดกลุ่มเส้นไหม

ผลจากการทดลองตัวอย่างเส้นไหมที่ได้จากการทำงานของเครื่องตีเกลียวทั้งหมด 36 ตัวอย่าง โดยพบว่าตัวอย่างเส้นไหมที่ได้ทั้ง 3 ความเร็วป้อน 0.16, 0.24, 0.32 เมตร/นาที มีขนาดเส้นไหม (tex) ที่แตกต่าง ดังแสดงในตารางที่ 4.3 จึงนำตัวอย่างทดลอง ทั้งหมดมาจัดกลุ่ม 3 กลุ่ม เพื่อทำการประเมินคะแนน สมบัติทางกายภาพของเส้นไหม ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.4 และจากการทดสอบทางสถิติ (Duncan) สามารถนำมาแบ่งกลุ่มการให้คะแนน ของความสม่ำเสมอของเส้นไหม แรงดึง และร้อยละการยืดตัว จำนวนเกลียว ดังแสดงในตาราง 4.5

ตาราง 4.3 ค่าเฉลี่ย ร้อยละความสม่ำเสมอเส้นไหม แรงดึงเส้นไหม ร้อยละการยืดตัว ขนาดเส้นไหม tex จำนวนเกลียว/เมตร เมื่อทดสอบจากปัจจัยความเร็วป้อนรังใยไหม

ตัวอย่างการทดลอง	การจัดเรียงหนาม	มุมของหนาม	ความเร็วป้อน (เมตร/นาที)	ความเร็วป้อน (เมตร/นาที)	ขนาดเส้นไหม (มิลลิเมตร)	ร้อยละความสม่ำเสมอ	แรงดึง (นิวตัน)	ร้อยละการยืดตัว	ขนาดเส้นไหม (tex)	จำนวน (เกลียว/เมตร)
1	เรียงตรง	45°	0.24	0.24	0.900	90.47	7.3	19.33	334.00	237
2				0.32	1.434	89.35	9.5	43.33	410.67	173
3				0.4	2.006	86.09	11.9	58.67	495.00	143
4			0.32	0.24	0.961	90.48	8.2	24.33	335.67	238
5				0.32	1.551	85.15	12.1	43.00	438.33	178
6				0.4	1.957	82.56	15.2	62.00	609.33	141
7			0.4	0.24	0.952	91.72	9.3	17.67	364.00	241
8				0.32	1.520	87.41	12.3	33.00	428.00	175
9				0.4	1.976	86.24	14.4	67.67	715.00	139
10		90°	0.24	0.24	0.980	91.01	11.6	30.00	358.33	223
11				0.32	1.378	88.25	14.5	43.33	531.00	170
12				0.4	1.948	84.91	16.3	60.00	640.33	138
13			0.32	0.24	0.976	91.42	13.9	29.40	418.33	224
14				0.32	1.468	87.76	15.7	41.33	548.33	171
15				0.4	1.943	86.22	16.9	55.00	732.67	140
16			0.4	0.24	0.969	89.11	12.5	32.67	335.33	231
17				0.32	1.493	84.51	15.6	44.67	461.67	177
18				0.4	1.993	84.99	16.4	68.33	731.67	140
19	เรียงสลับฟันปลา	45°	0.24	0.24	0.994	91.56	8.8	21.33	323.00	234
20				0.32	1.568	88.76	11.0	51.67	424.33	178
21				0.4	2.020	85.58	14.5	63.67	645.00	139
22			0.32	0.24	1.028	90.14	8.2	19.67	262.33	236
23				0.32	1.523	87.96	10.4	45.33	409.33	178
24				0.4	2.072	85.21	14.6	74.00	557.67	141
25			0.4	0.24	0.965	90.11	11.7	22.00	339.00	233
26				0.32	1.556	87.67	14.5	58.33	354.00	180
27				0.4	2.057	86.57	13.8	65.00	656.00	141
28		90°	0.24	0.24	1.029	88.76	8.2	20.00	325.00	242
29				0.32	1.406	84.27	12.6	46.67	436.67	178
30				0.4	1.872	81.42	15.8	68.33	595.00	148
31			0.32	0.24	0.987	90.00	12.3	20.67	393.67	241
32				0.32	1.600	84.34	14.2	46.33	433.00	183
33				0.4	1.920	85.95	17.5	67.00	741.00	146
34			0.4	0.24	0.966	90.48	12.5	31.00	352.33	235
35				0.32	1.421	85.82	15.7	54.00	442.33	177
36				0.4	1.935	83.08	18.0	67.00	658.33	143

ตาราง 4.4 เกณฑ์การกำหนดขนาดของเส้นไหม (tex)

เกณฑ์การแบ่งขนาดเส้นไหม	**เบอร์**
<390	3
391-489	2
>490	1

ตาราง 4.5 เกณฑ์การให้คะแนนคุณภาพของเส้นไหม

ร้อยละความสม่ำเสมอ	
เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
>88.9	3
85.8-88.8	2
<85.7	1
แรงดึง(นิวตัน)	
เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
>14.3	3
11.6-14.2	2
<11.5	1
ร้อยละการยืดตัว	
เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
>54.5	3
35.1-54.4	2
<35.0	1
จำนวนเกลียว/เมตร	
เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
>230	3
140-230	2
<140	1

1) เส้นไหมเบอร์ 1

การจัดกลุ่มไหมเบอร์ 1 เส้นไหมมีขนาดเฉลี่ย 1.9 มิลลิเมตร (>490 tex) คะแนนสมบัติต่างๆของเส้นไหมเบอร์ 1 แสดงดังตารางที่ 4.6 พบว่าได้คะแนนแรงดึงเฉลี่ย 2.86 คะแนน ซึ่งมีค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับไหมเบอร์ 3 ที่ 1.55 และ เบอร์ 2 ที่ 1.91 คะแนน ร้อยละการยืดตัวเฉลี่ยได้คะแนน 2.86 คะแนน ซึ่งมีค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับไหมเบอร์ 3 ที่ 1.18 และ เบอร์ 2 ที่ 1.73 คะแนน แต่ได้คะแนนความสม่ำเสมอเฉลี่ย และจำนวนเกลียว/เมตรเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 1.50 คะแนน เนื่องจาก

เป็นเส้นไหมที่ใหญ่ จำนวนเกลียว คือ 140 เกลียว/เมตร และเส้นไหมตัวอย่างการทดลองที่ 3, 6, 9, 11, 12, 14, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36 โดยมีคะแนนการประเมินรวมที่ 2.25 คะแนน และปัจจัยในการผลิตเส้นไหมเบอร์ 1 ความเร็วป้อนใยไหมเข้าเครื่องตีเกลียวคือ 0.4 เมตร/นาที เมื่อนำค่าไปเทียบกับแบบดั้งเดิม ในตารางที่ 4.2 พบว่า เส้นไหมมีขนาดใกล้เคียงกัน มีค่าความสม่ำเสมอน้อยกว่า แต่ได้ผลของแรงดึง ร้อยละการยืดตัวและจำนวนเกลียวมากกว่า ทั้งนี้เมื่อดูเส้นไหมทางกายภาพ จะพบว่าเส้นไหมที่ได้จากเครื่องตีเกลียว มีขนาดที่ใหญ่กว่าเล็กน้อยและมีปุ่มปมมากกว่าเส้นไหมแบบดั้งเดิม ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4.21 ทั้งนี้เนื่องมาจากความสามารถในการป้อนของคนที่ดึงใยไหมได้ดีกว่าเครื่องจักร การเก็บเศษปนเปื้อนออกได้ดีกว่า แต่การตีเกลียวที่แน่นกว่าของเครื่องตีเกลียวจึงมีแรงดึงที่มากกว่า

ตาราง 4.6 ผลการทดลองการประเมินให้คะแนนไหมเบอร์ 1

ตัวอย่างทดลอง	ร้อยละความสม่ำเสมอ	แรงดึง (นิวตัน)	ร้อยละการยืดตัว	ขนาดเส้นไหม (tex)	จำนวน (เกลียว/เมตร)	ขนาดเส้นไหม (มิลลิเมตร)	คะแนนความสม่ำเสมอ	คะแนนแรงดึง	คะแนนร้อยละการยืดตัว	คะแนนจำนวนเกลียว	คะแนนรวม
3	86.09	11.9	58.67	495	143	2.006	2	2	3	2	2.25
6	82.56	15.2	62	609.33	141	1.957	1	1	3	2	1.75
9	86.24	14.4	67.67	715	139	1.976	2	2	1	1	1.50
11	88.25	14.5	43.33	531	170	1.378	3	3	3	2	2.75
12	84.91	16.3	60	640.33	138	1.948	1	2	1	1	1.25
14	87.76	15.7	41.33	548.33	171	1.468	2	3	3	2	2.50
15	86.22	16.9	55	732.67	140	1.943	2	3	1	2	2.00
18	84.99	16.4	68.33	731.67	140	1.993	1	3	1	2	1.75
21	85.58	14.5	63.67	645	139	2.02	2	1	3	1	1.75
24	85.21	14.6	74	557.67	141	2.072	1	1	3	2	1.75
27	86.57	13.8	65	656	141	2.057	1	2	3	2	2.00
30	81.42	15.8	68.33	595	148	1.872	1	2	3	2	2.00
33	85.95	17.5	67	741	146	1.92	1	3	3	2	2.25
36	83.08	18	67	658.33	143	1.935	1	3	3	2	2.25
เฉลี่ย	85.35	15.39	61.52	632.60	145.71	1.9	1.50	2.86	2.86	1.79	2.25

ภาพประกอบ 4.21 เส้นไหมเบอร์ 1 ภาพด้านซ้าย คือเส้นไหมที่ได้จากเครื่อง และภาพด้านขวา คือ เส้นไหมที่จากวิธีแบบดั้งเดิม

2) เส้นไหมเบอร์ 2

การจัดกลุ่มไหมเบอร์ 2 เส้นไหมมีขนาดเฉลี่ย 1.41 มิลลิเมตร (391-489 tex) คะแนนสมบัติต่างๆของเส้นไหมเบอร์ 2 แสดงดังตาราง 4.7 พบว่าจะได้คะแนน ที่อยู่ระหว่าง ไหมเบอร์ 1 และเบอร์ 3 เส้นไหมที่ได้มีขนาดกลาง จำนวนเกลียว คือ 176.58 เกลียว/เมตร และเส้นไหมตัวอย่างการทดลองที่ 2, 5, 8, 13, 17, 20, 23, 29, 31, 32, 35 โดยมีคะแนนการประเมินรวมที่ 1.91 คะแนน และปัจจัยในการผลิตเส้นไหมเบอร์ 2 ความเร็วป้อนใยไหมเข้าเครื่องตีเกลียวคือ 0.32 เมตร/นาที เมื่อนำค่าไปเทียบกับแบบดั้งเดิม ในตาราง 4.2 พบว่า เส้นไหมมีขนาดใกล้เคียงกัน มีค่าความสม่ำเสมอน้อยกว่า แต่ได้ผลของแรงดึง ร้อยละการยืดตัวและจำนวนเกลียวมากกว่า ทั้งนี้เมื่อดูเส้นไหมทางกายภาพ จะพบว่าเส้นไหมที่ได้จากเครื่องตีเกลียว มีขนาดที่ใหญ่กว่าเล็กน้อย แต่มีความเรียบใกล้เคียงกันกับเส้นไหมแบบดั้งเดิม ดังแสดงในภาพประกอบ 4.22 ทั้งนี้เนื่องมาจากความสามารถในการป้อนของคนที่ดึงใยไหมได้ดีกว่าเครื่องจักร การเก็บเศษปนเปื้อนออกได้ดีกว่า แต่การตีเกลียวที่แน่นกว่าของเครื่องตีเกลียวจึงมีแรงดึงที่มากกว่า

ตาราง 4.7 ผลการทดลองการประเมินให้คะแนนไหมเบอร์ 2

ตัวอย่างทดลอง	ร้อยละความสม่ำเสมอ	แรงดึง (นิวตัน)	ร้อยละการยืดตัว	ขนาดเส้นไหม (tex)	จำนวน (เกลียว/เมตร)	ขนาดเส้นไหม (มิลลิเมตร)	คะแนนความสม่ำเสมอ	คะแนนแรงดึง	คะแนนร้อยละการยืดตัว	คะแนนจำนวนเกลียว	คะแนนรวม
2	89.35	9.5	43.33	410.67	173	1.434	3	1	2	2	2.00
5	85.15	12.1	43	438.33	178	1.551	1	2	2	2	1.75
8	87.41	12.3	33	428	175	1.52	2	2	1	2	1.75
13	91.42	13.9	29.4	418.33	224	0.976	3	2	1	2	2.00
17	84.51	15.6	44.67	461.67	177	1.493	1	3	2	2	2.00
20	88.76	11	51.67	424.33	178	1.568	2	1	2	2	1.75
23	87.96	10.4	45.33	409.33	178	1.523	2	1	2	2	1.75
29	84.27	12.6	46.67	436.67	178	1.406	1	2	2	2	1.75
31	90	12.3	20.67	393.67	241	0.987	3	2	1	3	2.25
32	84.34	14.2	46.33	433	183	1.6	1	2	2	2	1.75
35	85.82	15.7	54	442.33	177	1.421	2	3	2	2	2.25
เฉลี่ย	87.18	12.69	41.64	426.94	187.45	1.41	1.91	1.91	1.73	2.09	1.91

ภาพประกอบ 4.22 เส้นไหมเบอร์ 2 ภาพด้านซ้าย คือเส้นไหมที่ได้จากเครื่อง และภาพด้านขวา คือ เส้นไหมที่จากวิธีแบบดั้งเดิม

3) เส้นไหมเบอร์ 3

การจัดกลุ่มไหมเบอร์ 3 เส้นไหมมีขนาดเฉลี่ย 1.02 มิลลิเมตร (<390 tex) คะแนนสมบัติต่างๆของเส้นไหมเบอร์ 3 แสดงดังตาราง 4.8 พบว่าได้คะแนนแรงดึงเฉลี่ย 1.55 คะแนน ซึ่งมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับไหมเบอร์ 1 ที่ 2.86 และ เบอร์ 2 ที่ 1.91 คะแนน ร้อยละการยืดตัวเฉลี่ยได้คะแนน 1.18 คะแนน ซึ่งมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับไหมเบอร์ 1 ที่ 2.86 และ เบอร์ 2 ที่ 1.73 คะแนน แต่ได้คะแนนความสม่ำเสมอเฉลี่ย และจำนวนเกลียว/เมตรเฉลี่ยมากที่สุด คือ 2.82 คะแนน เนื่องจากเป็นเส้นไหมที่เล็ก จำนวนเกลียว คือ 230 เกลียว/เมตร และเส้นไหมตัวอย่างการทดลองที่ 1, 4, 7, 10, 16, 19, 22, 25, 26,

28, 34, โดยมีคะแนนการประเมินรวมที่ 2.09 คะแนน และปัจจัยในการผลิตเส้นไหมเบอร์ 1 ความเร็วป้อนใยไหมเข้าเครื่องตีเกลียวคือ 0.24 เมตร/นาที เมื่อนำค่าไปเทียบกับแบบดั้งเดิม ในตารางที่ 4.2 พบว่า เส้นไหมมีขนาดใกล้เคียงกัน มีค่าความสม่ำเสมอน้อยกว่า แต่ได้ผลของแรงดึง ร้อยละการยืดตัวและจำนวนเกลียวมากกว่า ทั้งนี้เมื่อดูเส้นไหมทางกายภาพ จะพบว่าเส้นไหมที่ได้จากเครื่องตีเกลียว มีขนาดที่ใหญ่กว่าเล็กน้อย แต่มีความเรียบใกล้เคียงกันกับเส้นไหมแบบดั้งเดิม แต่ได้แรงดึงที่มากกว่า ดังแสดงในภาพประกอบ 4.23 ทั้งนี้เนื่องมาจากความสามารถในการป้อนของคนที่ดึงใยไหมได้ดีกว่าเครื่องจักร การเก็บเศษปนเปื้อนออกได้ดีกว่า แต่การตีเกลียวที่แน่นกว่าของเครื่องตีเกลียวจึงมีแรงดึงที่มากกว่า

ตาราง 4.8 ผลการทดลองการประเมินให้คะแนนไหมเบอร์ 3

ตัวอย่างทดลอง	ร้อยละความสม่ำเสมอ	แรงดึง (นิวตัน)	ร้อยละการยืดตัว	ขนาดเส้นไหม (tex)	จำนวน (เกลียว/เมตร)	ขนาดเส้นไหม (มิลลิเมตร)	คะแนนความสม่ำเสมอ	คะแนนแรงดึง	คะแนนร้อยละการยืดตัว	คะแนนจำนวนเกลียว	คะแนนรวม
1	90.47	7.3	19.33	334	237	0.9	3	1	1	3	2.00
4	90.48	8.2	24.33	335.67	238	0.961	3	1	1	3	2.00
7	91.72	9.3	17.67	364	241	0.952	3	1	1	3	2.00
10	91.01	11.6	30	358.33	223	0.98	3	2	1	2	2.00
16	89.11	12.5	32.67	335.33	231	0.969	3	2	1	3	2.25
19	91.56	8.8	21.33	323	234	0.994	3	1	1	3	2.00
22	90.14	8.2	19.67	262.33	236	1.028	3	1	1	3	2.00
25	90.11	11.7	22	339	233	0.868	3	2	1	3	2.25
26	87.67	14.5	58.33	354	180	1.556	2	3	3	2	2.50
28	88.76	8.2	20	325	242	1.029	2	1	1	3	1.75
34	90.48	12.5	31	352.33	235	0.966	3	2	1	3	2.25
เฉลี่ย	90.14	10.25	26.94	334.82	230.00	1.02	2.82	1.55	1.18	2.82	2.09

ภาพประกอบ 4.23 เส้นไหมเบอร์ 3 ภาพด้านซ้าย คือเส้นไหมที่ได้จากเครื่อง และภาพด้านขวา คือเส้นไหมที่จากวิธีแบบดั้งเดิม

4.2.4 อัตราการทำงานของเครื่อง

การทำงานของเครื่องสางรังไหมและตีเกลียวเส้นไหม อัตราการผลิตจากรังไหมคือ 0.125 กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยใช้แรงงานทำงาน 1 คน จุดเด่นของเครื่องใช้วิธีการตีเกลียวเส้นไหมแบบแห้ง โดยใช้รังไหมที่ผ่านการต้มลอกกาวเหนียวแล้วเป็นวัตถุดิบในการผลิตเส้นไหม ทำให้ลดอันตรายในการทำงาน ซึ่งแตกต่างจากวิธีดั้งเดิมและเครื่องที่มีก่อนหน้านี้ที่ใช้วิธีต้มลอกกาวแล้วสาวเป็นเส้นทันที ซึ่งจะมีอันตรายของน้ำร้อน และข้อดี วิธีแบบแห้งคือเครื่องสามารถหยุดทำงานได้โดยเก็บรังไหมที่สางแล้วไว้ในถุง ซึ่งสามารถนำมาผลิตต่อได้ ไม่จำเป็นต้องผลิตให้หมดเมื่อต้มแล้ว อีกทั้งยังมีความปลอดภัยในการทำงานจากอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ ของเครื่อง

4.3 การคำนวนทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหม

4.3.1 จุดคุ้มทุน คือ จุดที่รายได้กับรายจ่ายเท่ากัน หรือ กำไรเป็นศูนย์

1) ต้นทุนในการดำเนินงาน

ต้นทุนคงที่

เงินลงทุนเครื่อง	60,000	บาท
ค่าอาคารสถานที่ทำงาน	40,000	บาท
ค่าสูญเสียโอกาสการลงทุน สินทรัพย์อื่น 4%/ปี	4,000	บาท
รวม	104,000	บาท

2) ต้นทุนผันแปร ในการผลิตเส้นไหมด้วยเครื่องจักร 1 กิโลกรัม/1 วัน

รังไหมสด 1 กิโลกรัม	300	บาท
โซเดียมคาร์บอเนต+สบู่+น้ำ+เชื้อเพลิง	100	บาท
ค่าแรงงาน 1 คน	300	บาท
ค่าไฟฟ้าสำหรับเดินเครื่อง	40	บาท
ซ่อมบำรุง 10% ราคาเครื่อง/เดือน	200	บาท
รวม	940	บาท
ราคาขายเส้นไหม 1 กิโลกรัม	1,300	บาท

หาจุดคุ้มทุนในการผลิต คือ

จากสูตร

$$N^* = F / (p - v)$$

โดยที่

F ต้นทุนคงที่

p ราคาขายต่อหน่วย

v ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย

ปริมาณผลิตที่จุดคุ้มทุนพอดี

แทนค่า $N^* = \frac{104,000}{1300-940}$

จะได้ $N^* =$ 289 กิโลกรัม

จุดคุ้มในการใช้เครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหมในการผลิต คือ 289 กิโลกรัม

4.3.2 ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิ จากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับมูลค่าในการลงทุนทั้งหมด

จากสูตร

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{มูลค่าในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนจากการขาย}}$$

แทนค่า

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{104{,}000}{360}$$

ระยะเวลาคืนทุน = 289 วัน

ระยะเวลาการคืนทุนในการใช้เครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหม คือ 289 วัน

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการพัฒนาและสร้างเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหมสำหรับไหมอีรี่ โดยเริ่มต้นการออกแบบการทำงานของเครื่องด้วยแนวคิดของการปั่นฝ้ายและการปั่นเส้นไหมด้วยมือ ทำการสร้างเครื่องตามแบบ ทดลองการสางรังไหมและตีเกลียวเส้นไหม ด้วยปัจจัยที่มีผลต่อการสางรังไหมและการตีเกลียวเส้นไหม ทดสอบสมบัติของเส้นไหม และคำนวณทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งจากผลการทดลองได้ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1.1 การสร้างเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหม

1) การสร้างเครื่องสางรังไหมมีขนาดโดยรวมคือมีความสูง 120 เซนติเมตร กว้าง 60 เซนติเมตร และยาว 110 เซนติเมตร การทำงานของเครื่อง คือนำรังไหมใส่ลงในถาดป้อน ลูกรีดป้อนจะดึงรังไหม เข้าสู่ลูกหนามสาง ใยไหมจะติดที่หนามสาง รังไหมที่ไม่แตกตัวจะถูกเป่าออกไปข้างนอก

2) การสร้างเครื่องตีเกลียวมีขนาดโดยรวมคือ มีขนาดโดยรวมคือมีความสูง 90 เซนติเมตร กว้าง 120 เซนติเมตร และยาว 180 เซนติเมตร ประกอบด้วยชุดตีเกลียวใยไหมและตีเกลียวเส้นไหม โดยการหลักการทำงาน หลังจากตัดใยไหมที่ได้จากหัวสางรังไหม เข้าชุดตีเกลียวใยไหมเพื่อรวมใยไหมให้มีขนาดเล็กก่อนเข้าไปชุดตีเกลียวเส้นไหม ซึ่งจะได้เส้นไหมออกมาแล้วเก็บไว้ที่ไจไหม

5.1.2 การทำงานของเครื่องสางรังไหมและตีเกลียวเส้นไหม

อัตราการผลิตจากรังไหมคือ 0.125 กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยใช้แรงงานทำงาน 1 คน จุดเด่นของเครื่องใช้วิธีการตีเกลียวเส้นไหมแบบแห้ง โดยใช้รังไหมที่ผ่านการต้มลอกกาวเหนียวแล้วเป็นวัตถุดิบในการผลิตเส้นไหม ทำให้ลดอันตรายในการทำงาน ซึ่งแตกต่างจากวิธีดั้งเดิมและเครื่องที่มีก่อนหน้านี้ ที่ใช้วิธีต้มลอกกาวแล้วสาวเป็นเส้นทันที โดยจะมีอันตรายของน้ำร้อน และข้อดี วิธีแบบแห้งคือเครื่องสามารถหยุดทำงานได้โดยเก็บรังไหมที่สางแล้วไว้ในถุง ซึ่งสามารถนำมาผลิตต่อได้ ไม่จำเป็นต้องผลิตให้หมดเมื่อต้มแล้ว อีกทั้งยังมีความปลอดภัยในการทำงานจากอุปกรณ์ป้องกันส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง

5.1.3 การทดลองปัจจัยที่มีผลการสางรังไหมและการตีเกลียวเส้นไหม

1) การทดสอบเครื่องสางรังไหม โดยการป้อนรังไหม 50 กรัม เข้าเครื่องสางรังไหม ปัจจัยที่ทำการทดสอบเครื่องสางรังไหม คือ การเรียงตัวของหนามสางแบบเรียงตรงเฉียงและแบบสลับฟันปลา มุมของหนามสางที่ 45° และ 90° ความเร็วป้อนที่ 0.24, 0.32, 0.4 เมตร/นาที ผลทดลอง พบว่า หนามสางที่เรียงตัวแบบสลับฟันปลา ทำมุม 45° และความเร็วป้อน 0.24 เมตร/นาที จะได้น้ำหนักรังไหมที่แตกตัวดีที่สุดเฉลี่ย คือ 36.38 กรัม หรือร้อยละการแตกตัวของรังไหมที่ 72.8

2) การทดสอบเครื่องตีเกลียว โดยนำใยไหม 10 กรัม ผ่านชุดตีเกลียวใยไหมและเข้าชุดตีเกลียวเส้นไหม ปัจจัยที่ทำการทดสอบเครื่องตีเกลียวใยไหม คือ ความเร็วป้อน 0.24, 0.32, 0.4 เมตร/นาที จากนั้นทดสอบสมบัติเส้นไหมและนำมาเปรียบเทียบกับไหมดั้งเดิม จากการทดลอง สามารถแบ่งเส้นไหมได้เป็น 3 เบอร์ ดังนี้

(1) เส้นไหมเบอร์ 1 จะได้เส้นไหมที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีขนาดเฉลี่ย 1.9 มิลลิเมตร (>490 tex) ได้คะแนนประเมินในด้านแรงดึงและร้อยละการยืดตัวมากที่สุด ซึ่งมากกว่าไหมเบอร์ 2 และเบอร์ 1 และปัจจัยในการผลิตเส้นไหมเบอร์ 1 ความเร็วป้อนใยไหมเข้าเครื่องตีเกลียวคือ 0.4 เมตร/นาที เมื่อนำสมบัติไปเทียบกับขนาดดั้งเดิม พบว่า เส้นไหมมีขนาดใกล้เคียงกัน มีค่าความสม่ำเสมอน้อยกว่า แต่ได้ผลของแรงดึง ร้อยละการยืดตัวและจำนวนเกลียวมากกว่า

(2) เส้นไหมเบอร์ 2 เส้นไหมมีขนาดกลาง ขนาดเฉลี่ย 1.41 มิลลิเมตร (391- 489 tex) คะแนนสมบัติต่าง ๆ ของเส้นไหมเบอร์ 2 อยู่ระหว่าง ไหมเบอร์ 1 และเบอร์ 3 เส้นไหมที่ได้ จำนวนเกลียว คือ 176.58 เกลียว/เมตร ปัจจัยในการผลิตเส้นไหมเบอร์ 1 ความเร็วป้อนใยไหมเข้าเครื่องตีเกลียวคือ 0.32 เมตร/นาที เมื่อนำไปเทียบแบบดั้งเดิม พบว่า เส้นไหมมีขนาดใกล้เคียงกัน มีค่าความสม่ำเสมอน้อยกว่า แต่ได้ผลของแรงดึง ร้อยละการยืดตัวและจำนวนเกลียวมากกว่า

(3) เส้นไหมเบอร์ 3 จะได้ไหมที่มีขนาดเล็กที่สุด เส้นไหมมีขนาดเฉลี่ย 1.02 มิลลิเมตร (<390 tex) คะแนนสมบัติต่าง ๆ ของเส้นไหมเบอร์ 3 ได้คะแนนประเมินในด้านความสม่ำเสมอและจำนวนเกลียวมากที่สุด และปัจจัยในการผลิตเส้นไหมเบอร์ 3 ความเร็วป้อนใยไหมเข้าเครื่องตีเกลียวคือ 0.24 เมตร/นาที เมื่อนำไปเทียบแบบดั้งเดิม พบว่า เส้นไหมมีขนาดใกล้เคียงกัน มีค่าความสม่ำเสมอน้อยกว่า แต่ได้ผลของแรงดึง ร้อยละการยืดตัวและจำนวนเกลียวมากกว่า

5.1.4 จุดคุ้มทุนระยะเวลาคืนทุนของเครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหม

ต้นทุนทางตรง คือการลงทุนเครื่องและสถานที่ 104,000 บาท จากกำลังการผลิตเส้นไหม 1 กิโลกรัม/วัน จะมีต้นทุนผันแปรในการผลิต 940 บาท ไหมที่ผลิตได้มาราคาขายเฉลี่ยที่ 1,300 บาท โดยจุดคุ้มทุนในการผลิต คือ 289 กิโลกรัม และระยะเวลาคืนทุน คือ 289 วัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ในสภาวะการทำงานกับใยไหมจะต้องสะอาด เพราะถ้าไหมโดนฝุ่นละอองจะทำให้ใยไหมไม่เหนียว ไม่สามารถตีเกลียวเป็นเส้นไหมได้

2) วัสดุที่นำมาใช้งานกับไหมจะต้องมีความลื่นพอ เพราะเมื่อรังไหมที่ผ่านการสางแล้วจะมีความเหนียว ซึ่งจะเกาะกับวัสดุต่างๆ ทำให้ใยไหมขาด

3) การใช้ละอองน้ำช่วย จะทำให้ใยไหมเหนียว ช่วยลดการขาดของในการตีเกลียวเส้นไหมได้ ซึ่งอาจจะเพิ่มเติมอุปกรณ์ ฉีดละอองน้ำอัตโนมัติ

4) การปรับปรุง หนามสางที่มีความแข็งแรง ปลายแหลม และยาวมากกว่านี้ จะทำให้เพิ่มร้อยละการแตกตัวของรังไหมได้ดียิ่งขึ้น

5) ถ้าเพิ่มเส้นรอบวงของหัวสางไหม จะลดการพันตัวของใยไหมได้ดีขึ้น

6) จัดทำคู่มือการใช้งาน เครื่องสางรังไหมและเครื่องตีเกลียวเส้นไหม

7) ไม่ควรสร้างหนามสางที่สั้น และเส้นรอบวงน้อย เพราะจะทำให้ใยไหมพันกัน และไม่สามารถนำไปตีเป็นเส้นไหมได้

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กฤตพร ชูเส้ง. (2546). *ปั่นมือจากไหมป่าอีรี่*. กรุงเทพ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณะสำรวจภาวะการผลิตและการค้ามันสำปะหลังฤดูการผลิต. (2555). *การสำรวจภาวะการผลิตและการค้ามันสำปะหลังฤดูการผลิต 2555/56.* [ออนไลน์]. ได้จาก : http://www.nettathai.org/ [สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2555]

ชิกเลย์, โจเซฟ เอดวาร์ด. (2547). การ*ออกแบบเครื่องจักรกล 1 Mechanical Engineering Design1*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท๊อป.

ชิกเลย์, โจเซฟ เอดวาร์ด. (2548). การ*ออกแบบเครื่องจักรกล 2 Mechanical Engineering Design2*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท๊อป.

ไชยชาญ หินเกิด. (2541). *เครื่องกลไฟฟ้า 2 (Electrical Machines2).* กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ฐานันดร ปรีดากัญญารัตน์. (2551). *จุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน* [ออนไลน์]. ได้จาก : http://www2.feu.ac.th/acad/ac/articles_detail.php?id=112 [สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2555]

ทวีศักดิ์ ศรีช่วย. (2549). *Solid Works Handbook คู่มือสำหรับผู้ใช้ SolidWorks ฉบับสมบูรณ์.* กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

ทิพย์วดี อรรถธรรม และคณะ. (2549). *การให้บริการไหมอีรี่เพื่อการดำเนินการวิจัย. ชุด โครงการ "การพัฒนาไหมอีรี่สู่อุตสาหกรรม"*. งานวิจัย ภาควิชากีฏวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ธำรงค์ เมฆโหรา. (2551). "โซ่อุปทานของไหมป่าอีรี่," *ประชาคมวิจัย*, 93, 14.

ธำรงค์ เมฆโหรา และ ปรเมศร์ อัศวเรืองพิภพ (2551) *การศึกษากระบวนการผลิต กิจกรรมเพิ่มมูลค่าและต้นทุนการผลิตรังไหมและเส้นไหมอีรี่ในระดับฟาร์ม*. รายงานการวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นิตยา มหาไชยวงศ์ สิริชัย ส่งเสริมพงษ์ และทิพย์วดี อรรถธรรม (2553). *การพัฒนาเชื่อมโยงการผลิตไหมอีรี่จากภาคเกษตรสู่อุตสาหกรรม*. รายงานการวิจัย ศูนย์วิชาการและเทคโนโลยีสิ่งทอพื้นบ้าน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิตยา มหาไชยวงศ์ (2551). *การพัฒนากรรมวิธี /เครื่องมือในการผลิตเส้นไหมอีรี่และผลิตภัณฑ์จากไหมอีรี่ และตลาดทางเลือก*. รายงานการวิจัย โครงการฝ้ายแกมไหม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นวลแข ปาลิวนิช. (2542). *ความรู้เรื่องผ้าและเส้นใย*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น

บุญธรรม ภัทราจารุกุล. (2555). *ชิ้นส่วนเครื่องกล.* กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น

พิพิธภัณฑ์ผ้า มหาลัยวิทยาลัยนเรศวร. (2551). *จากฝ้ายกลายเป็นเส้น –การปั่นฝ้ายให้กลายเป็นเส้น*. [ออนไลน์]. ได้จาก : http://www.openbase.in.th/node/5621 [สืบค้นเมื่อ 1 กันยายน 2555]

มนูญ จิตต์ใจฉ่ำ และคณะ. (2550). *การพัฒนาไหมอีรี่ล้วนด้วยเครื่องจักรอุตสาหกรรมสิ่งทอ. ชุดโครงการ "การพัฒนาไหมอีรี่สู่อุตสาหกรรม"*. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช 8000. (2548). *เส้นไหมไทย.*1-11

มานพ ตันตระบัณฑิตย์. (2539) *ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ. (2554). [ออนไลน์]. ได้จาก http://edu.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web/ sara03.htm. [สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2555]

รังสิมา ชลคุป และคณะ. (2549). *การผลิตเส้นด้ายและผ้าจากไหมอีรี่ผสมฝ้ายในระดับหัตถอุตสาหกรรม.* ชุดโครงการ การพัฒนาไหมอีรี่สู่อุตสาหกรรม. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิวิลัย สิริมังครารัตน์ และคณะ. (2551). *การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตไหมอีรี่ในระดับเกษตรกรและการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ประจำตำบล*. ชุดโครงการ "การพัฒนาไหมอีรี่สู่อุตสาหกรรม". ขอนแก่น: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ศุภชัย กมลทิพย์ และคณะ. (2551*). การพัฒนาและสร้างเครื่องจักรเพื่อการผลิตเส้นไหมอีรี่. ชุดโครงการ "การพัฒนาไหมอีรี่สู่อุตสาหกรรม"*. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (2555). *เส้นใย*. [ออนไลน์].ได้จาก http://www2.mtec.or.th/th/research/textile/textile_sci.html [สืบค้นเมื่อ 1 กันยายน 2555]

ศูนย์วิจัยกีฏวิทยาป่าไม้ที่ 1 จังหวัดลำปาง. (2555). [ออนไลน์] ได้จาก http://www.dnp.go.th/FOREMIC/NForemic/Caterpillars%20Food/Philips%20pet%20Caterpillar/Group%20Worm%201/Mos.html [สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2555]

สุชาดา อุชชิน และนภาภรณ์ พรหมชนะ. (2552). *การวิเคราะห์ราคาขายและจุดคุ้มทุนการผลิตไหมอีรี่ในงานหัตถกรรม*. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Burkhard Wulfhorst, Thomas Gries and Dieter Veit. (2006). *Textile Technology*. U.S.A. : Hanser Gardner

Publications,Inc Webdee. (2012). [online]. ได้จาก http://webdee.8m.com/motor3.html [สืบค้นเมื่อ วันที่ 20 ตุลาคม 2555]

DebasisChattopadhyay, Rajiv Munshi, N.V. Padaki, S.N. Mishra and Subrata Roy. (2010). *Spinning of Eri Silk Yarn using Amber Charka Technique*. Indian silk [online]. Available from : http://www.fibre2fashion.com/industry-article/32/3193/spinning-of-eri-silk-yarn-using-amber-charka-technique1.asp [Cited 2 September 2012]

Maiwa Handprints. (2008). *Maiwa Handprints* [online]. Available from : http://maiwahandprints.blogspot.com/2010/01/eri-silk-orissa.html [Cited 2 September 2012]

Sirimungkararat, S. Kamoltip S. and Saksirirat W. (2005). “Reeling of Eri Cocoon (Philosamia ricini B.) for Silk Yarn Production,” *Journal Science and Technology MSU*, 24(3), 24-27, July-September.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ข้อมูลการทดสอบน้ำหนักรังไหมที่แตกตัวจากเครื่องสางรังไหม

ตารางภาคผนวก ก.1 ผลการทดลองเครื่องสาง น้ำหนักรังไหมที่แตกตัว เมื่อทดสอบจากปัจจัยใน การเรียงหนามสาง มุมของหนามสาง และความเร็วป้อนรังไหม

การจัดเรียงหนาม	มุมของหนาม (องศา)	ความเร็วป้อน (เมตร/นาที)	น้ำหนักรังไหมที่แตกตัวเฉลี่ย (กรัม)					
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
เรียงตรง	45	0.24	36.2	35.5	33.5	35.4	34.3	34.98±1.07
		0.32	26.1	29.3	24.2	26.1	25.0	26.14±1.94
		0.4	18.3	17.5	21.1	14.9	24.2	19.2±3.56
	90	0.24	33.8	32.7	32.8	30.6	33.1	32.6±1.19
		0.32	23.9	24.5	23.8	26.3	23.6	24.4±1.1
		0.4	14.6	16.7	16.4	13.9	17.4	15.8±1.48
สลับฟันปลา	45	0.24	38.3	37.2	33.5	37.5	35.4	36.38±1.92
		0.32	29.0	28.2	33.3	27.8	25.4	28.74±2.88
		0.4	24.3	20.2	21.6	21.3	24.0	22.28±1.78
	90	0.24	35.3	34.2	33.5	35.5	34.3	34.56±0.83
		0.32	26.3	28.1	24.8	26.3	27.2	26.54±1.22
		0.4	18.4	15.6	18.4	14.3	24.0	18.14±3.73

ภาคผนวก ข
ข้อมูลการทดสอบการวัดขนาดของเส้นไหม เพื่อคำนวณค่าความสม่ำเสมอจากเครื่องตีเกลียว

ตารางภาคผนวก ข.1 ผลการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นไหม ชุดที่ 1 จากการทดลองเครื่องตีเกลียวเส้นไหม

เส้นไหมทดลอง	การจัดเรียงหนาม	มุมของหนามสาง	ความเร็วป้อนเครื่องสาง (เมตร/นาที)	ความเร็วป้อนเครื่องตีเกลียว (เมตร/นาที)	วัดขนาด 1 (มิลลิเมตร)	วัดขนาด 2 (มิลลิเมตร)	วัดขนาด 3 (มิลลิเมตร)	วัดขนาด 4 (มิลลิเมตร)	วัดขนาด 5 (มิลลิเมตร)	ขนาดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
1	เรียงตรง	45°	0.24	0.24	0.755	0.815	0.905	0.865	0.985	0.865
2				0.32	1.365	1.405	1.295	1.265	1.732	1.412
3				0.4	1.755	2.020	2.325	2.435	1.835	2.074
4			0.32	0.24	0.865	0.780	0.800	1.055	0.985	0.897
5				0.32	1.255	1.300	1.325	1.465	1.555	1.380
6				0.4	2.020	1.745	1.765	1.765	2.235	1.906
7			0.4	0.24	0.875	0.856	1.020	0.765	0.895	0.882
8				0.32	1.450	1.535	1.565	1.655	1.780	1.597
9				0.4	2.020	2.115	1.840	1.325	2.235	1.907
10		90°	0.24	0.24	0.985	0.955	0.865	1.015	0.915	0.947
11				0.32	1.365	1.415	1.390	1.605	1.455	1.446
12				0.4	1.560	1.835	1.655	2.215	1.755	1.804
13			0.32	0.24	0.835	0.965	0.925	0.965	0.835	0.905
14				0.32	1.435	1.465	1.535	1.235	1.565	1.447
15				0.4	1.955	2.104	1.735	2.225	1.735	1.951
16			0.4	0.24	1.015	0.985	0.935	1.125	1.065	1.025
17				0.32	1.435	1.405	1.380	1.265	1.835	1.464
18				0.4	1.955	1.745	2.235	2.405	1.535	1.975
19	สลับฟันปลา	45°	0.24	0.24	0.985	1.015	0.975	1.025	1.155	1.031
20				0.32	1.455	1.365	1.500	1.650	1.435	1.481
21				0.4	1.965	1.980	2.035	2.225	1.975	2.036
22			0.32	0.24	0.865	0.935	1.250	1.035	0.965	1.010
23				0.32	1.565	1.635	1.405	1.325	1.505	1.487
24				0.4	2.010	1.656	2.000	2.435	1.545	1.929
25			0.4	0.24	0.765	0.895	0.910	0.965	1.025	0.912
26				0.32	1.560	1.615	1.395	1.655	1.545	1.554
27				0.4	2.235	1.535	2.015	2.455	2.565	2.161
28		90°	0.24	0.24	0.955	0.975	0.980	1.125	0.935	0.994
29				0.32	1.355	1.425	1.430	1.255	1.015	1.296
30				0.4	2.015	2.365	1.990	1.565	2.315	2.050
31			0.32	0.24	0.875	0.975	0.930	1.045	1.030	0.971
32				0.32	1.465	1.550	1.375	1.755	1.325	1.494
33				0.4	2.105	2.325	2.135	2.325	1.435	2.065
34			0.4	0.24	0.775	0.955	0.875	0.795	1.135	0.907
35				0.32	1.565	1.485	1.500	1.765	1.345	1.532
36				0.4	2.235	2.130	1.955	1.635	1.645	1.920

ตารางภาคผนวก ข.2 ผลการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นไหม ชุดที่ 2 จากการทดลองเครื่องตีเกลียวเส้นไหม

เส้นไหมทดลอง	การจัดเรียงหนาม	มุมของหนามสาง	ความเร็วป้อนเครื่องสาง (เมตร/นาที)	ความเร็วป้อนเครื่องตีเกลียว (เมตร/นาที)	วัดขนาด 1 (มิลลิเมตร)	วัดขนาด 2 (มิลลิเมตร)	วัดขนาด 3 (มิลลิเมตร)	วัดขนาด 4 (มิลลิเมตร)	วัดขนาด 5 (มิลลิเมตร)	ขนาดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
1	เรียงตรง	45°	0.24	1.015	0.865	0.895	0.945	0.960	0.936	1.015
2				1.545	1.635	1.465	1.400	1.315	1.472	1.545
3				1.655	1.910	1.755	2.235	1.915	1.894	1.655
4			0.32	1.065	0.975	0.925	1.055	0.930	0.990	1.065
5				1.725	1.435	1.285	1.805	1.835	1.617	1.725
6				2.225	1.965	1.625	1.435	2.425	1.935	2.225
7			0.4	0.965	0.965	1.025	0.985	1.015	0.991	0.965
8				1.230	1.565	1.425	1.825	1.315	1.472	1.230
9				1.675	2.215	2.235	2.325	1.965	2.083	1.675
10		90°	0.24	1.105	0.975	0.895	0.965	1.055	0.999	1.105
11				1.235	1.125	1.565	1.435	1.585	1.389	1.235
12				2.205	1.765	2.155	1.635	2.320	2.016	2.205
13			0.32	0.925	1.025	1.105	1.055	0.965	1.015	0.925
14				1.875	1.425	1.435	1.255	1.535	1.505	1.875
15				1.650	1.925	2.325	2.065	1.655	1.924	1.650
16			0.4	0.885	0.865	0.965	1.135	0.855	0.941	0.885
17				1.725	1.265	1.245	1.825	1.485	1.509	1.725
18				1.656	1.875	2.435	1.865	2.125	1.991	1.656
19	สลับฟันปลา	45°	0.24	0.985	0.955	1.105	0.875	0.935	0.971	0.985
20				1.525	1.875	1.765	1.535	1.355	1.611	1.525
21				1.835	2.235	2.525	1.635	1.905	2.027	1.835
22			0.32	0.985	1.025	0.935	1.125	1.015	1.017	0.985
23				1.645	1.735	1.565	1.215	1.315	1.495	1.645
24				2.295	1.655	2.125	2.055	2.325	2.091	2.295
25			0.4	0.965	0.855	1.035	1.135	0.965	0.991	0.965
26				1.325	1.765	1.765	1.345	1.805	1.601	1.325
27				1.935	1.956	1.905	2.265	1.865	1.985	1.935
28		90°	0.24	0.865	1.205	1.145	0.980	1.015	1.042	0.865
29				1.435	1.470	1.345	1.215	1.865	1.466	1.435
30				1.765	2.345	1.865	1.545	1.435	1.791	1.765
31			0.32	0.985	0.865	1.075	1.035	1.125	1.017	0.985
32				1.655	1.575	1.185	1.955	1.905	1.655	1.655
33				1.945	1.825	1.965	1.765	1.455	1.791	1.945
34			0.4	1.015	0.985	0.975	1.035	0.965	0.995	1.015
35				1.265	1.235	1.565	1.125	1.705	1.379	1.265
36				2.035	2.025	1.855	2.435	1.365	1.943	2.035

ตารางภาคผนวก ข.3 ผลการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นไหม ชุดที่ 3 จากการทดลองเครื่องตีเกลียวเส้นไหม

เส้นไหมทดลอง	การจัดเรียงหนาม	มุมของหนามสาง	ความเร็วป้อนเครื่องสาง (เมตร/นาที)	ความเร็วป้อนเครื่องตีเกลียว (เมตร/นาที)	วัดขนาด 1 (มิลลิเมตร)	วัดขนาด 2 (มิลลิเมตร)	วัดขนาด 3 (มิลลิเมตร)	วัดขนาด 4 (มิลลิเมตร)	วัดขนาด 5 (มิลลิเมตร)	ขนาดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
1	เรียงตรง	45°	0.24	1.020	0.870	0.905	0.735	0.960	0.898	1.020
2				1.545	1.635	1.365	1.225	1.315	1.417	1.545
3				1.655	1.910	1.895	2.323	2.465	2.050	1.655
4			0.32	1.035	0.980	1.065	0.965	0.930	0.995	1.035
5				1.835	1.435	1.365	1.805	1.835	1.655	1.835
6				2.225	2.365	1.725	1.435	2.395	2.029	2.225
7			0.4	0.915	0.935	1.045	0.985	1.035	0.983	0.915
8				1.335	1.570	1.425	1.825	1.295	1.490	1.335
9				1.656	2.215	1.895	1.955	1.965	1.937	1.656
10		90°	0.24	1.170	0.975	0.905	0.865	1.055	0.994	1.170
11				1.121	1.125	1.485	1.360	1.405	1.299	1.121
12				2.235	1.805	2.205	1.545	2.325	2.023	2.235
13			0.32	0.935	1.035	1.125	0.985	0.965	1.009	0.935
14				1.765	1.335	1.265	1.355	1.535	1.451	1.765
15				1.625	1.825	2.325	2.325	1.670	1.954	1.625
16			0.4	0.905	0.835	0.965	1.135	0.865	0.941	0.905
17				1.715	1.235	1.265	1.825	1.485	1.505	1.715
18				1.656	1.875	2.435	1.865	2.230	2.012	1.656
19	สลับฟันปลา	45°	0.24	0.985	0.965	1.125	0.850	0.975	0.980	0.985
20				1.525	1.865	1.765	1.545	1.365	1.613	1.525
21				1.655	2.265	2.525	1.585	1.955	1.997	1.655
22			0.32	0.990	1.105	0.935	1.135	1.115	1.056	0.990
23				1.765	1.835	1.555	1.465	1.315	1.587	1.765
24				2.295	1.895	2.205	1.945	2.635	2.195	2.295
25			0.4	0.955	0.935	0.965	1.135	0.965	0.991	0.955
26				1.235	1.765	1.735	1.345	1.485	1.513	1.235
27				1.935	1.956	1.905	2.435	1.895	2.025	1.935
28		90°	0.24	0.865	1.225	1.150	0.965	1.055	1.052	0.865
29				1.215	1.400	1.435	1.365	1.865	1.456	1.215
30				1.815	2.285	1.895	1.600	1.285	1.776	1.815
31			0.32	0.965	0.765	1.115	0.965	1.055	0.973	0.965
32				1.675	1.650	1.195	1.865	1.865	1.650	1.675
33				1.945	1.830	1.965	1.655	2.125	1.904	1.945
34			0.4	1.020	0.985	0.980	1.035	0.965	0.997	1.020
35				1.300	1.265	1.195	1.320	1.675	1.351	1.300
36				2.035	2.025	1.855	2.435	1.365	1.943	2.035

ตารางภาคผนวก ข.4 ผลการคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นไหมและร้อยละความสม่ำเสมอ

เส้นไหมทดลอง	การจัดเรียงหนาม	มุมของหนามสาง	ความเร็วป้อนเครื่องสาง (เมตร/นาที)	ความเร็วป้อนเครื่องตีเกลียว (เมตร/นาที)	ขนาดเฉลี่ย 1 (มิลลิเมตร)	ขนาดเฉลี่ย 2 (มิลลิเมตร)	ขนาดเฉลี่ย 3 (มิลลิเมตร)	ขนาดค่าเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	ค่าเฉลี่ย SD	%CV	ร้อยละความสม่ำเสมอ
1	เรียงตรง	45°	0.24	0.24	0.865	1.015	1.020	0.900	0.086	9.53	90.47
2				0.32	1.412	1.545	1.545	1.434	0.153	10.7	89.35
3				0.4	2.074	1.655	1.655	2.006	0.279	13.9	86.09
4			0.32	0.24	0.897	1.065	1.035	0.961	0.091	9.52	90.48
5				0.32	1.380	1.725	1.835	1.551	0.230	14.9	85.15
6				0.4	1.906	2.225	2.225	1.957	0.341	17.4	82.56
7			0.4	0.24	0.882	0.965	0.915	0.952	0.079	8.28	91.72
8				0.32	1.597	1.230	1.335	1.520	0.191	12.6	87.41
9				0.4	1.907	1.675	1.656	1.976	0.272	13.8	86.24
10		90°	0.24	0.24	0.947	1.105	1.170	0.980	0.088	8.99	91.01
11				0.32	1.446	1.235	1.121	1.378	0.162	11.8	88.25
12				0.4	1.804	2.205	2.235	1.948	0.294	15.1	84.91
13			0.32	0.24	0.905	0.925	0.935	0.976	0.084	8.58	91.42
14				0.32	1.447	1.875	1.765	1.468	0.180	12.2	87.76
15				0.4	1.951	1.650	1.625	1.943	0.268	13.8	86.22
16			0.4	0.24	1.025	0.885	0.905	0.969	0.106	10.9	89.11
17				0.32	1.464	1.725	1.715	1.493	0.231	15.5	84.51
18				0.4	1.975	1.656	1.656	1.993	0.299	15	84.99
19	สลับฟันปลา	45°	0.24	0.24	1.031	0.985	0.985	0.994	0.084	8.44	91.56
20				0.32	1.481	1.525	1.525	1.568	0.176	11.2	88.76
21				0.4	2.036	1.835	1.655	2.020	0.291	14.4	85.58
22			0.32	0.24	1.010	0.985	0.990	1.028	0.101	9.86	90.14
23				0.32	1.487	1.645	1.765	1.523	0.183	12	87.96
24				0.4	1.929	2.295	2.295	2.072	0.306	14.8	85.21
25			0.4	0.24	0.912	0.965	0.955	0.965	0.095	9.89	90.11
26				0.32	1.554	1.325	1.235	1.556	0.192	12.3	87.67
27				0.4	2.161	1.935	1.935	2.057	0.276	13.4	86.57
28		90°	0.24	0.24	0.994	0.865	0.865	1.029	0.116	11.2	88.76
29				0.32	1.296	1.435	1.215	1.406	0.221	15.7	84.27
30				0.4	2.050	1.765	1.815	1.872	0.348	18.6	81.42
31			0.32	0.24	0.971	0.985	0.965	0.987	0.099	10	90.00
32				0.32	1.494	1.655	1.675	1.600	0.251	15.7	84.34
33				0.4	2.065	1.945	1.945	1.920	0.270	14	85.95
34			0.4	0.24	0.907	1.015	1.020	0.966	0.092	9.52	90.48
35				0.32	1.532	1.265	1.300	1.421	0.201	14.2	85.82
36				0.4	1.920	2.035	2.035	1.935	0.327	16.9	83.08

ตารางภาคผนวก ข.5 ผลการทดลองเครื่องตีเกลียวเส้นไหม ด้วยปัจจัยความเร็วรอบป้อน 0.24, 0.32, 0.4 เมตร/นาที และการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นไหมและคำนวณค่าเป็นร้อยละความสม่ำเสมอ

ความเร็วป้อนเครื่องตีเกลียว (เมตร/นาที)	เส้นไหมทดลอง	ขนาดเฉลี่ย 1 (มิลลิเมตร)	ขนาดเฉลี่ย 2 (มิลลิเมตร)	ขนาดเฉลี่ย 3 (มิลลิเมตร)	ขนาดค่าเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	ค่าเฉลี่ย SD	%cv	ร้อยละความสม่ำเสมอ
0.24	1	0.865	0.936	0.898	0.900	0.086	9.53	90.47
	4	0.897	0.990	0.995	0.961	0.091	9.52	90.48
	7	0.882	0.991	0.983	0.952	0.079	8.28	91.72
	10	0.947	0.999	0.994	0.980	0.088	8.99	91.01
	13	0.905	0.015	1.009	0.976	0.084	8.58	91.42
	16	1.025	0.941	0.941	0.969	0.106	10.9	89.11
	19	1.031	0.971	0.980	0.994	0.084	8.44	91.56
	22	1.010	1.017	1.056	1.028	0.101	9.86	90.14
	25	0.912	0.991	0.991	0.965	0.095	9.89	90.11
	28	0.994	1.042	1.052	1.029	0.116	11.2	88.76
	31	0.971	1.017	0.973	0.987	0.099	10.0	90.00
	33	0.907	0.995	0.997	0.966	0.092	9.52	90.48
ค่าเฉลี่ย					0.976	0.093		90.44
0.32	2	1.412	1.472	1.417	1.434	0.153	10.7	89.35
	5	1.380	1.617	1.655	1.551	0.230	14.9	85.15
	8	1.597	1.472	1.490	1.520	0.191	12.6	87.41
	11	1.446	1.389	1.299	1.378	0.162	11.8	88.25
	14	1.447	1.505	1.451	1.468	0.180	12.2	87.76
	17	1.464	1.509	1.505	1.493	0.231	15.5	84.51
	20	1.481	1.611	1.613	1.568	0.176	11.2	88.76
	23	1.487	1.495	1.587	1.523	0.183	12	87.96
	26	1.554	1.601	1.513	1.556	0.192	12.3	87.67
	29	1.296	1.466	1.456	1.406	0.221	15.7	84.27
	32	1.494	1.655	1.650	1.600	0.251	15.7	84.34
	35	1.532	1.379	1.351	1.421	0.201	14.2	85.82
ค่าเฉลี่ย					1.493	0.198		86.77
0.4	3	2.074	1.894	2.050	1.993	0.279	13.9	86.09
	6	1.906	1.935	2.029	2.006	0.341	17.4	82.56
	9	1.907	2.083	1.937	1.976	0.272	13.8	86.24
	12	1.804	2.016	2.023	1.948	0.294	15.1	84.91
	15	1.951	1.924	1.954	1.943	0.268	13.8	86.22
	18	1.975	1.991	2.012	1.993	0.299	15.0	84.99
	21	2.036	2.027	1.997	2.020	0.291	14.4	85.58

ตารางภาคผนวก ข.5 (ต่อ)

ความเร็วป้อนเครื่องตีเกลียว (เมตร/นาที)	เส้นไหมทดลอง	ขนาดเฉลี่ย 1 (มิลลิเมตร)	ขนาดเฉลี่ย 2 (มิลลิเมตร)	ขนาดเฉลี่ย 3 (มิลลิเมตร)	ขนาดค่าเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	ค่าเฉลี่ย SD	%CV	ร้อยละความสม่ำเสมอ
	24	1.929	2.091	2.195	2.072	0.306	14.8	85.21
	27	2.161	1.985	2.025	2.057	0.276	13.4	86.57
	30	2.050	1.791	1.776	1.872	0.348	18.6	81.42
	33	2.065	1.791	1.904	1.920	0.270	14.0	85.95
	36	1.920	1.943	1.943	1.935	0.327	16.9	83.08
ค่าเฉลี่ย					1.975	0.298		84.90

ภาคผนวก ค
ข้อมูลการทดสอบน้ำหนักของเส้นไหม เพื่อคำนวณค่าขนาดเส้นไหมในหน่วย tex จากเครื่องตีเกลียว

ตารางภาคผนวก ค.1 ผลการชั่งน้ำหนักของเส้นไหม ที่ได้จากการทดลองเครื่องตีเกลียว

เส้นไหมทดลอง	การจัดเรียงหนาม	มุมของหนามสาง	ความเร็วป้อนเครื่องสาง (เมตร/นาที)	ความเร็วป้อนเครื่องตีเกลียว (เมตร/นาที)	ชั่งชิ้นที่ 1 (กรัม)	ชั่งชิ้นที่ 2 (กรัม)	ชั่งชิ้นที่ 3 (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ย(กรัม)
1	เรียงตรง	45°	0.24	0.24	0.315	0.345	0.342	0.334
2				0.32	0.465	0.365	0.402	0.411
3				0.4	0.51	0.485	0.49	0.495
4			0.32	0.24	0.323	0.332	0.352	0.336
5				0.32	0.475	0.413	0.427	0.438
6				0.4	0.623	0.574	0.631	0.609
7			0.4	0.24	0.363	0.367	0.362	0.364
8				0.32	0.423	0.425	0.436	0.428
9				0.4	0.725	0.712	0.708	0.715
10		90°	0.24	0.24	0.355	0.355	0.365	0.358
11				0.32	0.54	0.553	0.5	0.531
12				0.4	0.664	0.635	0.622	0.640
13			0.32	0.24	0.435	0.365	0.455	0.418
14				0.32	0.535	0.545	0.565	0.548
15				0.4	0.713	0.76	0.725	0.733
16			0.4	0.24	0.368	0.335	0.303	0.335
17				0.32	0.435	0.485	0.465	0.462
18				0.4	0.753	0.712	0.73	0.732
19	สลับฟันปลา	45°	0.24	0.24	0.315	0.338	0.316	0.323
20				0.32	0.465	0.383	0.425	0.424
21				0.4	0.653	0.64	0.642	0.645
22			0.32	0.24	0.295	0.256	0.236	0.262
23				0.32	0.435	0.398	0.395	0.409
24				0.4	0.53	0.585	0.558	0.558
25			0.4	0.24	0.345	0.35	0.322	0.339
26				0.32	0.355	0.345	0.362	0.354
27				0.4	0.638	0.665	0.665	0.656
28		90°	0.24	0.24	0.315	0.32	0.34	0.325
29				0.32	0.482	0.393	0.435	0.437
30				0.4	0.625	0.585	0.575	0.595
31			0.32	0.24	0.365	0.423	0.393	0.394
32				0.32	0.456	0.412	0.431	0.433
33				0.4	0.724	0.715	0.784	0.741
34			0.4	0.24	0.362	0.342	0.353	0.352
35				0.32	0.435	0.436	0.456	0.442
36				0.4	0.675	0.655	0.645	0.658

ตารางภาคผนวก ค.2 ผลการคำนวนค่าน้ำหนัก เป็นขนาดเส้นไหม tex

ความเร็วป้อนเครื่องตีเกลียว (เมตร/นาที)	เส้นไหมทดลอง	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	ขนาดเส้นไหม (tex)
0.24	1	0.334	334
	4	0.336	335.67
	7	0.364	364
	10	0.358	358.33
	13	0.418	418.33
	16	0.335	335.33
	19	0.323	323
	22	0.262	262.33
	25	0.339	339
	28	0.325	325
	31	0.394	393.67
	33	0.352	352.33
ค่าเฉลี่ย		0.345	345.08
0.32	2	0.411	410
	5	0.438	438.33
	8	0.428	428
	11	0.531	531
	14	0.548	548
	17	0.462	461.67
	20	0.424	424.33
	23	0.409	409.33
	26	0.354	354
	29	0.437	436
	32	0.433	433
	35	0.442	442
ค่าเฉลี่ย		0.443	443.14

ตารางภาคผนวก ค.2 (ต่อ)

ความเร็วป้อนเครื่องตีเกลียว (เมตร/นาที)	เส้นไหมทดลอง	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	ขนาดเส้นไหม (tex)
0.4	3	0.495	495
	6	0.609	609.33
	9	0.715	715
	12	0.640	640.33
	15	0.733	732.67
	18	0.732	731.67
	21	0.645	645.00
	24	0.558	557.67
	27	0.656	656
	30	0.595	595
	33	0.741	741
	36	0.658	658
ค่าเฉลี่ย		0.648	648.08

ภาคผนวก ง
ข้อมูลการทดสอบแรงดึงและร้อยละการยืดตัวของเส้นไหมจากเครื่องตีเกลียว

Mahasarakham University

ตารางภาคผนวก ง.1 ผลการทดสอบแรงดึงเส้นไหม ที่ได้จากการทดลองเครื่องตีเกลียว
ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง

เส้นไหมทดลอง	การจัดเรียงหนาม	มุมของหนามสาง	ความเร็วป้อนเครื่องสาง (เมตร/นาที)	ความเร็วป้อนเครื่องตีเกลียว (เมตร/นาที)	แรงดึง 1 (นิวตัน)	แรงดึง 2 (นิวตัน)	แรงดึง 3 (นิวตัน)	แรงดึงเฉลี่ย (นิวตัน)
1	เรียงตรง	45°	0.24	0.24	6.8	7.8	7.3	7.3
2				0.32	10.2	9.1	9.2	9.5
3				0.4	12.6	11.5	11.7	11.9
4			0.32	0.24	8.3	8.4	8.0	8.2
5				0.32	12.4	12.1	11.8	12.1
6				0.4	15.8	16.3	13.5	15.2
7			0.4	0.24	9.8	9.1	8.9	9.3
8				0.32	12.6	11.8	12.5	12.3
9				0.4	13.5	14.2	15.6	14.4
10		90°	0.24	0.24	11.1	12.4	11.3	11.6
11				0.32	13.5	15.3	14.7	14.5
12				0.4	16.7	15.8	16.4	16.3
13			0.32	0.24	14.2	13.8	13.7	13.9
14				0.32	15.8	15.7	15.5	15.7
15				0.4	16.5	15.8	18.3	16.9
16			0.4	0.24	12.5	12.3	12.7	12.5
17				0.32	15.3	15.8	15.6	15.6
18				0.4	16.4	16.3	16.5	16.4
19	สลับฟันปลา	45°	0.24	0.24	8.3	9.5	8.5	8.8
20				0.32	10.3	11.2	11.6	11.0
21				0.4	12.3	15.6	15.7	14.5
22			0.32	0.24	8.4	8.5	7.8	8.2
23				0.32	10.8	10.5	9.9	10.4
24				0.4	13.1	15.5	15.3	14.6
25			0.4	0.24	12.5	11.9	10.8	11.7
26				0.32	14.8	13.5	15.2	14.5
27				0.4	13.6	13.6	14.2	13.8
28		90°	0.24	0.24	9.8	7.5	7.3	8.2
29				0.32	12.8	13.3	11.8	12.6
30				0.4	15.6	16.3	15.4	15.8
31			0.32	0.24	11.8	12.6	12.5	12.3
32				0.32	13.4	14.6	14.6	14.2
33				0.4	16.7	18.3	17.6	17.5
34			0.4	0.24	12.5	12.6	12.5	12.5
35				0.32	15.5	15.7	15.9	15.7
36				0.4	16.7	18.8	18.5	18.0

ตารางภาคผนวก ง.2 ผลการวัดความยาวที่เปลี่ยนไปก่อนขาด เพื่อคำนวณหาร้อยละการยืดตัว

เส้นไหมทดลอง	การจัดเรียงหนาม	มุมของหนามสาง	ความเร็วป้อนเครื่องสาง (เมตร/นาที)	ความเร็วป้อนเครื่องตีเกลียว (เมตร/นาที)	ความยาว 1 (เซนติเมตร)	ความยาว 2 (เซนติเมตร)	ความยาว 3 (เซนติเมตร)	ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร)	ร้อยละการยืดตัว
1	เรียงตรง	45°	0.24	0.24	11.8	12.3	11.7	11.9	19.33
2				0.32	14.9	13.8	14.3	14.3	43.33
3				0.4	16	15.6	16	15.9	58.67
4			0.32	0.24	11.5	13.2	12.6	12.4	24.33
5				0.32	14.4	13.7	14.8	14.3	43.00
6				0.4	15.6	16.5	16.5	16.2	62.00
7			0.4	0.24	11.4	13.5	10.4	11.8	17.67
8				0.32	13.3	13.6	13	13.3	33.00
9				0.4	17.5	16.5	16.3	16.8	67.67
10		90°	0.24	0.24	12.3	13.2	13.5	13.0	30.00
11				0.32	14.5	14.2	14.3	14.3	43.33
12				0.4	15.5	16.3	16.2	16.0	60.00
13			0.32	0.24	12.5	13.12	13.2	12.9	29.40
14				0.32	14.4	13.6	14.4	14.1	41.33
15				0.4	15.6	15.4	15.5	15.5	55.00
16			0.4	0.24	12.3	13.3	14.2	13.3	32.67
17				0.32	14.3	14.6	14.5	14.5	44.67
18				0.4	16.8	17.3	16.4	16.8	68.33
19	สลับฟันปลา	45°	0.24	0.24	12.3	11.6	12.5	12.1	21.33
20				0.32	14.6	15.6	15.3	15.2	51.67
21				0.4	16.7	16.9	15.5	16.4	63.67
22			0.32	0.24	11.2	12.3	12.4	12.0	19.67
23				0.32	14.5	13.5	15.6	14.5	45.33
24				0.4	16.6	17.9	17.7	17.4	74.00
25			0.4	0.24	12.2	11.8	12.6	12.2	22.00
26				0.32	14.5	16.5	16.5	15.8	58.33
27				0.4	16.8	15.9	16.8	16.5	65.00
28		90°	0.24	0.24	11.3	12.8	11.9	12.0	20.00
29				0.32	14.5	15.5	14	14.7	46.67
30				0.4	16.8	17	16.7	16.8	68.33
31			0.32	0.24	11.3	12.5	12.4	12.1	20.67
32				0.32	13.5	14.6	15.8	14.6	46.33
33				0.4	16.8	17.2	16.1	16.7	67.00
34			0.4	0.24	13.3	12.8	13.2	13.1	31.00
35				0.32	15.5	15.3	15.4	15.4	54.00
36				0.4	17.2	16.5	16.4	16.7	67.00

ตารางภาคผนวก ง.3 ผลการทดสอบเส้นไหมที่ได้จากเครื่องตีเกลียวเส้นไหม ด้วยปัจจัยความเร็วรอบป้อน ที่ความเร็วรอบ 0.24, 0.32, 0.4 เมตร/นาที การวัดแรงดึง และร้อยละการยืดตัว

ความเร็วป้อนเครื่องตีเกลียว (เมตร/นาที)	เส้นไหมทดลอง	แรงดึง (นิวตัน)	ร้อยละการยืดตัว
0.24	1	7.3	19.33
	4	8.23	24.33
	7	9.27	17.67
	10	11.6	30.0
	13	13.9	29.40
	16	12.5	32.67
	19	8.77	21.33
	22	8.23	29.67
	25	11.73	22.0
	28	8.2	20.0
	31	12.3	20.67
	33	12.53	31.0
ค่าเฉลี่ย		10.38	24.0
0.32	2	9.5	43.33
	5	12.1	43.0
	8	12.3	33.0
	11	14.5	43.33
	14	15.67	41.33
	17	15.57	44.67
	20	11.03	51.67
	23	10.4	45.33
	26	14.5	58.33
	29	12.63	46.67
	32	14.2	46.33
	35	15.7	54.0
ค่าเฉลี่ย		13.18	45.92

ตารางภาคผนวก ง.3 (ต่อ)

ความเร็วป้อนเครื่องตีเกลียว (เมตร/นาที)	เส้นไหมทดลอง	แรงดึง (นิวตัน)	ร้อยละการยืดตัว
0.4	3	11.93	58.67
	6	15.20	62.0
	9	14.43	67.67
	12	16.3	60.0
	15	16.87	55.0
	18	16.4	68.33
	21	14.53	63.67
	24	14.63	74.0
	27	13.8	65.0
	30	15.77	68.33
	33	17.53	67.0
	36	18.0	67.0
ค่าเฉลี่ย		15.45	67.72

ภาคผนวก จ
ข้อมูลการวัดจำนวนเกลียวเส้นไหม

ตารางภาคผนวก จ.1 ผลการทดลองเครื่องตีเกลียว การวัดจำนวนเกลียวในเส้นไหม

เส้นไหมทดลอง	การจัดเรียงหนาม	มุมของหนามสาง	ความเร็วป้อนเครื่องสาง (เมตร/นาที)	ความเร็วป้อนเครื่องตีเกลียว (เมตร/นาที)	เกลียว 1 (เกลียว/เมตร)	เกลียว 2 (เกลียว/เมตร)	เกลียว 3 (เกลียว/เมตร)	เกลี่ยวเฉลี่ย (เกลียว/เมตร)
1	เรียงตรง	45°	0.24	0.24	233	236	242	237
2				0.32	178	169	172	173
3				0.4	141	143	145	143
4			0.32	0.24	232	243	238	238
5				0.32	178	175	180	178
6				0.4	136	142	144	141
7			0.4	0.24	245	236	241	241
8				0.32	176	168	182	175
9				0.4	142	136	140	139
10		90°	0.24	0.24	215	230	225	223
11				0.32	173	165	172	170
12				0.4	135	140	138	138
13			0.32	0.24	232	223	218	224
14				0.32	170	176	168	171
15				0.4	140	143	136	140
16			0.4	0.24	221	240	232	231
17				0.32	183	175	173	177
18				0.4	142	140	137	140
19	สลับฟันปลา	45°	0.24	0.24	239	236	228	234
20				0.32	178	175	182	178
21				0.4	140	136	142	139
22			0.32	0.24	243	238	228	236
23				0.32	183	176	175	178
24				0.4	146	138	140	141
25			0.4	0.24	225	234	241	233
26				0.32	182	176	183	180
27				0.4	145	140	138	141
28		90°	0.24	0.24	242	245	238	242
29				0.32	186	173	175	178
30				0.4	146	149	148	148
31			0.32	0.24	236	245	241	241
32				0.32	190	183	176	183
33				0.4	145	148	145	146
34			0.4	0.24	226	230	249	235
35				0.32	187	175	169	177
36				0.4	136	145	149	143

ตารางภาคผนวก จ.2 ผลการทดสอบเส้นไหมที่ได้จากเครื่องตีเกลียวเส้นไหม ด้วยปัจจัยความเร็วรอบป้อน ที่ความเร็วรอบ 0.24, 0.32, 0.4 เมตร/นาที การวัดจำนวนเกลียว

ความเร็วป้อนเครื่องตีเกลียว (เมตร/นาที)	เส้นไหมทดลอง	เกลียวเฉลี่ย (เกลียว/เมตร)
0.24	1	237
	4	238
	7	241
	10	223
	13	224
	16	231
	19	234
	22	236
	25	233
	28	242
	31	241
	33	235
ค่าเฉลี่ย		234.61
0.32	2	173
	5	178
	8	175
	11	170
	14	171
	17	177
	20	178
	23	178
	26	180
	29	178
	32	183
	35	177
ค่าเฉลี่ย		176.58

ตารางภาคผนวก จ.2 (ต่อ)

ความเร็วป้อนเครื่องตีเกลียว (เมตร/นาที)	เส้นไหมทดลอง	เกลียวเฉลี่ย (เกลียว/เมตร)
0.4	3	143
	6	141
	9	139
	12	138
	15	140
	18	140
	21	139
	24	141
	27	141
	30	148
	33	146
	36	143
ค่าเฉลี่ย		141.56

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ นาย ภูริพงศ์ อักษรพิมพ์

วันเกิด วันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ. 2530

สถานที่เกิด บ้านเลขที่ 147/1 หมู่ 2 ซอย 10 ถนนเหล่านาดี ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2536	ประถมศึกษา โรงเรียนเทศบาลสวนสนุก อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
พ.ศ. 2542	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
พ.ศ. 2545	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
พ.ศ. 2548	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (พลังงาน) คณะวิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ. 2552	ประกาศนียบัตรวิชาชีพครู (ปวค.) มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
พ.ศ. 2556	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ บ้านเลขที่ 147/1 หมู่ 2 ซอย 10 ถนนเหล่านาดี ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

ตำแหน่งหน้าที่การงาน อาจารย์พิเศษสอน ประจำแผนกวิชาช่างยนต์ สาขาวิชาเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคน้ำพอง อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น 40310

สถานที่ทำงาน วิทยาลัยเทคนิคน้ำพอง 486 หมู่ 4 ถนนหินกอง-หนองอ้อ อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น 40310