การพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมเพื่อพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

Water Hyacinth Yarns and Their Transformed Materials Dyeing Machine for Developing Small and Medium-Sized Enterprises

กาญจนา ลือพงษ์
สัมภาษณ์ สุวรรณคีรี
ภัทราวุธ ภัทระธนกุลชัย

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ 2560
คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมเพื่อพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

ผู้วิจัย ดร.กาญจนา ลือพงษ์
นายสัมภาษณ์ สุวรรณคีรี
จ.ส.ต.ภัทราวุธ ภัทระธนกุลชัย

พ.ศ. 2560

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมเพื่อพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดสร้างเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาต้นแบบใช้งานที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนขนาดกลาง ในพื้นที่จังหวัดนครปฐม

เครื่องย้อมสีต้นแบบนี้จัดสร้างขึ้นโดยใช้วัสดุประเภทสแตนเลสสตีล มีขนาดโครงสร้างภายนอกสูง 100 เซนติเมตร ความยาว 130 เซนติเมตร และความกว้าง 90 เซนติเมตร โครงสร้างภายในเป็นถังสแตนเลสทรงกระบอกมีรูพรุน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร ความยาวทรงกระบอก 90 เซนติเมตร สามารถบรรจุวัตถุดิบประเภทเกลียวผักตบชวาแห้งได้ 10 กิโลกรัม หรือต้นผักตบชวาแห้ง 5 กิโลกรัม ใช้น้ำ 270 ลิตร ทดสอบการใช้งานด้วยการย้อมสีสังเคราะห์ประเภทสีรีแอคทีฟ อุณหภูมิ 80°C เวลา 30 นาที

เครื่องย้อมนี้ช่วยลดเวลาการทำงานได้ 5 เท่า ประหยัดแก๊สได้ 2.83 เท่า มีจุดคุ้มทุนของการใช้งานเป็น 1.09 ปี ค่า B/C ratio เท่ากับ 2.22 นอกจากนี้ยังสามารถลดปัญหาการพันกันของเส้นด้าย และไอระเหยที่เกิดขึ้นจากการย้อมตามวิธีการเดิม เมื่อนำผลการศึกษาไปถ่ายทอดองค์ความรู้ ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนจักสานบ้านคลองนกกระทุง จังหวัดนครปฐมพบว่าผู้รับบริการมีความพึงพอใจในระดับมากถึงมากที่สุด

คำสำคัญ : เครื่องย้อมสีต้นแบบ, เกลียวผักตบชวาแห้ง, รากผักตบชวาแห้ง, ถ่ายทอดองค์ความรู้วิสาหกิจชุมชน

Title : Water Hyacinth Yarns and Their Transformed Materials Dyeing Machine for Developing Small and Medium-Sized Enterprises

Researcher : Dr.Kanchana Luepong
Mr.Sampas Suwanakeree
Master Sergeant Third Class Phatravudth Phataratanakulchai

Year : 2017

ABSTRACT

Water Hyacinth Yarns and Their Transformed Materials Dyeing Machine for Developing Small and Medium-Sized Enterprises was a research project what an aim for producing a prototype dyeing machine. The machine was used at the small enterprise in Nakhon Prathom province.

The dyeing machine was contributed by stainless steel. The outer dimension was 100 centimeters in height, 130 centimeters in length, and 90 centimeters in width. The inner structure contains with perforate stainless steel drum. It had diameter as 80 centimeters with 90 centimeters length. The container capacity was 27 liters for the raw material as 10 kg of the dry Water Hyacinth Yarns or 5 kg of the dry Water Hyacinth roots. The machine was running test for reactive dyeing process at 80°C for 30 minutes.

The machine was achieved for reduce time operation as 5 times and gas consumption as 2.38 times. The break-even point was 1.09 year and B/C as 2.22. Moreover, it can solve the fuzzy yarns problem and the volatile smoke during the tradition dyeing. The knowledge was transferred to the stakeholders at the target area as “Chumchonjaksanpaktobchawha Bann klongnokkratum” enterprise in Nakhon Pra thom province. They were satisfied in this benefit in good to very good level.

Keywords: prototype dyeing machine, dry Water Hyacinth Yarns, dry Water Hyacinth roots knowledge transferred enterprise

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
กิตติกรรมประกาศ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	2
1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.7 ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัย	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ผักตบชวา	6
2.2 วิศวกรรมย้อนกลับ	9
2.3 ทฤษฎีเชิงกลที่เกี่ยวข่องกับการประดิษฐ์เครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริม	10
2.4 ทฤษฎีทางไฟฟ้าที่เกี่ยวข่องกับการประดิษฐ์เครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริม	18
2.5 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน	25
2.6 การวิเคราะห์อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน	32
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	39
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	39
3.2 ขั้นตอนการดำเนินการ	40
บทที่ 4 ผลการวิจัย	46
4.1 การพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริม	46
4.2 การประเมินผลการใช้งาน	55
4.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการใช้งาน	58
4.4 การประเมินความคุ้มค่าโครงการต่อการลงทุน	60

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5 การประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน	61
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	63
5.1 สรุปผลการวิจัย	63
5.2 ข้อเสนอแนะ	63
บรรณานุกรม	65
ภาคผนวก 1 ตารางประกอบการคำนวณ	67
ภาคผนวก 2 ตารางเศรษฐศาสตรวิศวกรรม เมื่อ i = 0.25%	72
ประวัติย่อผู้วิจัย	74

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
	1.1 แนวคิดการวิจัย	4
	2.1 ผักตบชวา	6
	2.2 ส่วนประกอบของตลับลูกปืน	13
	2.3 ขนาดพิกัดแหวนใน (Internal ring)	14
	2.4 การเชื่อมไฟฟ้า	16
	2.5 การเชื่อมด้วยแก๊ส	16
	2.6 การเชื่อมด้วยความต้านทานไฟฟ้า	17
	2.7 ชนิดของรอยเชื่อม	17
	2.8 ลักษณะรอยเชื่อมมุม	18
	2.9 ลักษณะของมอเตอร์	18
	2.10 ลักษณะของสายวีเอเอฟ	20
	2.11 ลักษณะของสายเอชดับเบิลยู	20
	2.12 ลักษณะของสายเอ็นวายวาย (NYY)	21
	2.13 ลักษณะของสายวีซีที (VCT)	22
	2.14 เซอร์กิตเบรกเกอร์ประเภท Mold case	22
	2.15 เซอร์กิตเบรกเกอร์ประเภท Thermal unit	23
	2.16 เซอร์กิตเบรกเกอร์ประเภท Magnetic unit	23
	2.17 เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ Solid state trip	24
	2.18 เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ Air circuit breaker	24
	2.19 เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ Miniature circuit breaker	25
	2.20 แผนภูมิแสดงต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน	28
	2.21 แผนภูมิแสดงรายรับ	29
	2.22 แผนภูมิของจุดคุ้มทุน	29
	2.23 แผนภูมิแสดงส่วนผลให้	30
	3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	40
	3.2 ร่างแบบเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริม	41
	3.3 เกจประกอบการใช้งาน	42
	3.4 ชุดช่องสำหรับใส่สายวัดประกอบติดกับเนื้อผ้า	42
	3.5 ชุดล๊อคฝาครอบและหม้อนึ่งแรงดัน	42
	3.6 ชุดขันแหวนล๊อคฝาครอบ	43
	3.7 ชุดอุปกรณ์และแก๊ส LPG สำหรับการย้อมสีฯ	43
	4.1 โครงสร้างภายนอกเครื่องย้อมสีฯ	47

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
	4.2 ส่วนประกอบภายในเครื่องย้อมสี	47
	4.3 การประกอบชุดโครงสร้าง	48
	4.4 ชุดถังตะแกรงใส่วัตถุดิบ	49
	4.5 โครงสร้างภายในชุดถังตะแกรงใส่วัตถุดิบ	49
	4.6 การขึ้นรูปโครงสร้างภายนอกเครื่องย้อมฯ	49
	4.7 ถังสแตนเลสพร้อมฉนวนความร้อน	50
	4.8 การประกอบชุดตะแกรงถังย้อม	50
	4.9 การติดตั้งมอเตอร์เกียร์ทด	51
	4.10 ชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร	51
	4.11 การบรจุวัสดุที่ต้องการย้อมในตะแกรง	55
	4.12 การเติมน้ำลงในเครื่องย้อมสีฯ	56
	4.13 การปรับค่าอุณหภูมิ	56

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
2.1 ขนาดพิกัดงานสวมเพลา	15
3.1 แบบประเมินความพึงพอใจผู้รับบริการ	44
4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานเครื่องย้อมสีฯ	57
4.2 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายการย้อมสีในระบบเดิมและระบบที่พัฒนาขึ้น	60
4.3 ร้อยละความพึงพอใจในการรับบริการถ่ายทอดความรู้	61

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินการวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมเพื่อพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์ด้านต่าง ๆ จากกลุ่มบุคคลและหน่วยงานหลายแห่ง คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านดังรายนามต่อไปนี้

1. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สนับสนุนทุนวิจัย
2. คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่นมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สถานที่ประเมินผลการดำเนินงานวิจัย
3. คุณเพ็ญศรี ฉอ้อนชม ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนจักสานผักตบชวา บ้านคลองนกกระทุง อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม พร้อมสมาชิกในกลุ่ม ที่ให้ความร่วมมือในการถ่ายทอดเทคโนโลยี และข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและอุปกรณ์เสริม จนสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัย
4. นายกองค์กรบริหารส่วนตำบลบ้านคลองนกกระทุง สำหรับความร่วมมือและการประสานงานการวิจัย
5. บิดา มารดา และบุคคลอีกหลายท่านที่มีส่วนช่วยผลักดันให้โครงการนี้สำเร็จ ทั้งด้านกำลังใจ และแง่คิดดี ๆ ในการทำงาน

ดร.กาญจนา ลือพงษ์
นายสัมภาษณ์ สุวรรณคีรี
จ.ส.ต.ภัทราวุธ ภัทระธนกุลชัย

บทที่ 1
บทนำ

การพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมเพื่อพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม เป็นการวิจัยประเภทพัฒนาทดลอง อาศัยความรู้ด้านวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย จัดเป็นการวิจัยในกลุ่มวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมวิจัย โครงการวิจัยมีความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติรายประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 4 การวิจัยด้านการขับเคลื่อนเศรษฐกิจพอ เพียงในภาคธุรกิจ มีเป้าประสงค์เพื่อสร้างงานวิจัยด้านเศรษฐกิจพอเพียงที่ได้รับการยอมรับและนำ ไปใช้จริงจากภาคธุรกิจ สอดคล้องของโครงการวิจัยกับยุทธศาสตร์ประเทศยุทธศาสตร์ที่ 2 การลดความเหลื่อมล้า (Inclusive Growth) ด้วยการสร้างโอกาสและรายได้แก่วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) และเศรษฐกิจชุมชน และสอดคล้องกับนโยบาย/เป้าหมายของรัฐบาลด้านการพัฒนาและส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี การวิจัยและพัฒนา และนวัตกรรม

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจไทย กระบวนการที่สามารถสร้างมูลค่าทางสิ่งทอได้แก่ การเตรียมสิ่งทอ การย้อมสีเส้นด้าย และผืนผ้า รวมถึง การพิมพ์สิ่งทอ ในปัจจุบันพบว่ากระบวนการเหล่านี้เริ่มแผ่ขยายไปยังผู้ประกอบขนาดกลางและขนาดย่อมโดยเฉพาะในส่วนการย้อมสีเส้นด้ายฝ้าย ไหม และวัสดุอื่น ๆที่ได้จากธรรมชาติ ทำให้เกิดการต่อยอดของธุรกิจมากมาย ผลผลิตด้านการย้อมสีเส้นด้ายเหล่านี้นำมาทำผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ ได้แก่ การย้อมสีผักตบชวา ไหม กก และอื่น ๆ

จากสิ่งที่กล่าวมาแล้วข้างต้นพบว่าการย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมต่างๆ ได้แก่กระดาษจากธรรมชาติมักจะประสบปัญหาในด้านความสม่ำเสมอ และการพันกันของเส้นด้ายในระหว่างกระบวนการ ทำให้เสียเวลาและเกิดความยุ่งยากเมื่อจะนำเส้นด้ายหรือวัสดุเสริมเหล่านั้นมาใช้งานในกระ บวนการต่อไป จากปัญหาดังกล่าวทำให้คณะนักวิจัยมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องย้อมเส้นด้ายผักตบชวาที่มีความสามารถทั้งการย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมอื่นๆ ที่ได้จากธรรมชาติเพื่อให้เกิดการพัฒนาต่อยอดอุตสาหกรรมการผลิตสินค้าจากผักตบชวาให้มีความสอดคล้องกับการเติบโตของวิสาหกิจชุมชนขนาดกลางและขนาดย่อม

ผลการศึกษาที่ได้สามารถนำไปสร้างอาชีพ ต่อยอดเทคโนโลยีด้านการผลิตผักตบชวาซึ่งเป็นวัชพืชน้ำที่สร้างปัญหาให้แก่ประเทศ เป็นการลดภาระด้านการกำจัดวัชพืชได้อีกทางหนึ่ง

นอกจากนี้ยังสามารถบูรณาการกับการเรียนการสอนในรายวิชาระบบการย้อมสีสิ่งทอ และการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งเป็นวิชาชีพของนักศึกษาในสาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และสามารถ

นำไปบูรณาการกับการบริการวิชาการแก่ชุมชนเพื่อสร้างอาชีพเสริม และส่งเสริมการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นได้อีกทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างนวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวา และวัสดุเสริมจากธรรมชาติ
2. เพื่อหาผลสัมฤทธิ์ในการใช้งานเทียบจากวิธีการเตรียมสีแบบดั้งเดิม
3. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมาย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. นวัตกรรมเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวา และวัสดุเสริมจากธรรมชาติ ทำจากสแตนเลสสตีลเพื่อความคงทนในการใช้งาน

2. ส่วนประกอบเสริม (Accessories) ประกอบการใช้งาน ได้แก่ ส่วนการย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวา และส่วนการย้อมสีวัสดุเสริมแบบแยกประกอบ

3. ผลสัมฤทธิ์ของโครงการจะรายงานผลในรูปแบบการเปรียบเทียบค่าพลังงาน ค่าใช้จ่าย และจุดคุ้มทุนตามหลักเศรษฐศาสตร์

4. การถ่ายทอดเทคโนโลยี ใช้วิธีการสอนเชิงปฏิบัติการในส่วนของวิธีการใช้ การแก้ปัญหา และการบำรุงรักษาเบื้องต้น ที่กลุ่มเป้าหมายหลังจากเสร็จสิ้นการสร้างและทดสอบผลสัมฤทธิ์ที่หน่วยงานวิจัย

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

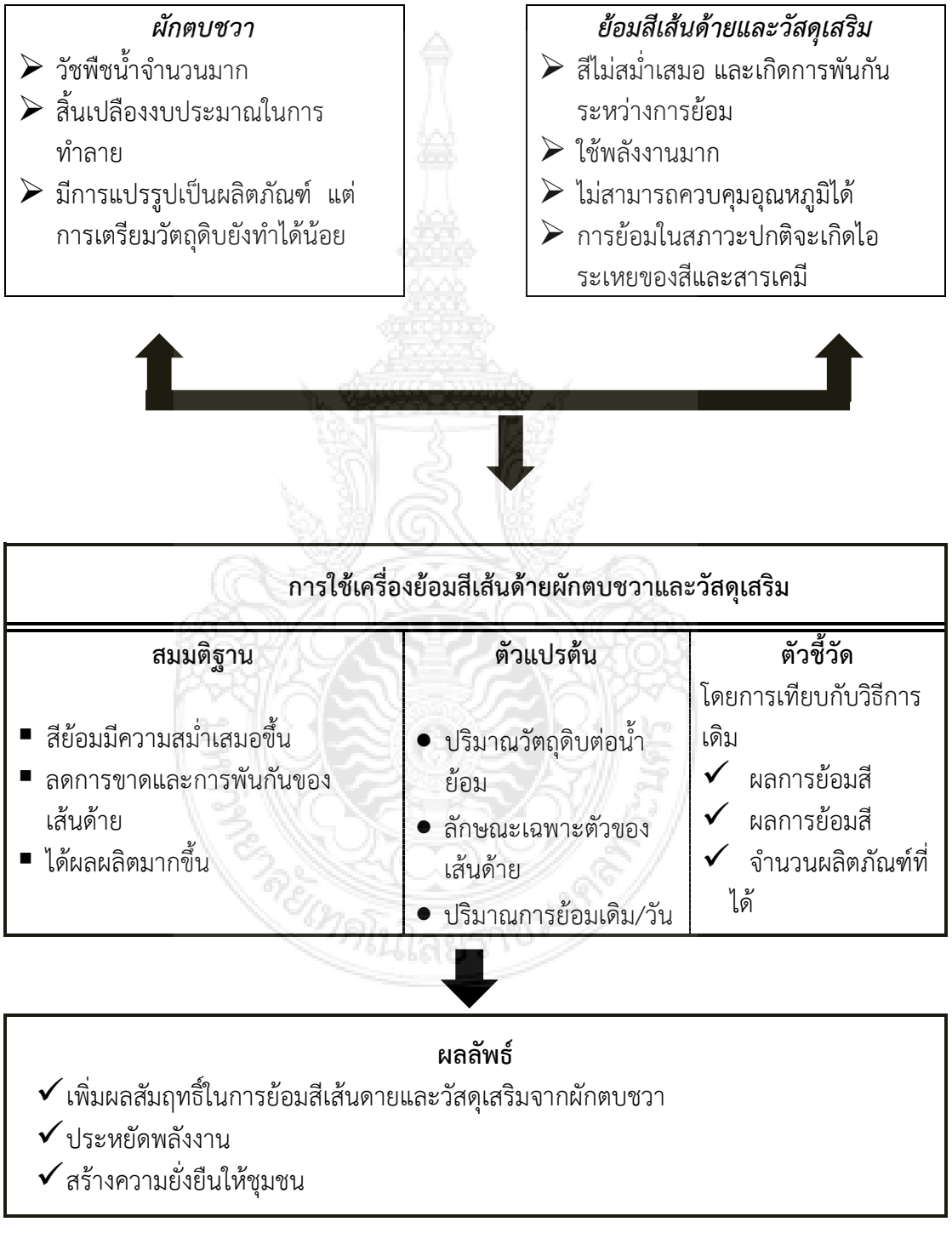
1. ศึกษาและเตรียมข้อมูลเบื้องต้น
2. ดำเนินการจัดซื้อวัสดุเพื่อสร้างนวัตกรรม
3. ดำเนินการสร้างนวัตกรรม
4. ทดสอบและประเมินผลสัมฤทธิ์
5. ถ่ายทอดเทคโนโลยีและผลสัมฤทธิ์สู่กลุ่มเป้าหมาย
6. สรุปผลการวิจัยและจัดทำรูปเล่มรายงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

กิจกรรม/ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปีงบประมาณ 2560											
	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน
1. สำรวจพื้นที่และความต้องการกลุ่มชุมชน												
2. ปรับแผนงานให้สอดคล้องชุมชน (ถ้าจำเป็น)												
3. ดำเนินการจัดซื้อวัสดุเพื่อสร้างนวัตกรรม												
4. ดำเนินการจัดสร้างนวัตกรรม												
5. ทดสอบและประเมินผลการจัดสร้าง												
6. ถ่ายทอดเทคโนโลยีและผลสัมฤทธิ์สู่กลุ่มเป้าหมาย												
7. สรุปผลการวิจัย และจัดทำรูปเล่มรายงานรายงาน												

1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะทำการสร้างเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมและส่วนประ กอบที่สำคัญต่างๆเพื่อใช้ให้เหมาะกับงานและสามารถประยุกต์ใช้งานกับเส้นด้ายอื่นๆ ได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 1.1 แนวคิดการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เผยแพร่นวัตกรรมสู่กลุ่มย้อมสีเส้นด้ายและวัดสุดเสริมจากผักตบชวา สู่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนอื่นๆ

2. เผยแพร่ความรู้และนวัตกรรมด้านการย้อมสีเส้นด้ายไปยังวัสดุประเภทอื่นๆ ได้แก่ ฝ้าย ไหม ป่าน และ ปอเป็นต้น

3. เผยแพร่ข้อมูลในวารสารที่ได้รับการยอมรับและมีความน่าเชื่อถือ

4. เผยแพร่ข้อมูลในงานนิทรรศการ และ/หรืองานสัมมนาระดับชาติและนานาชาติ

1.7 ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัย

ในการวิจัยนี้จะได้เครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมเพื่อเพิ่มจำนวนวัตถุดิบเพื่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ (Outcome) การทำงานด้วยหม้อนึ่งแรงดันสูงเป็นการทำงานในระบบปิดสามารถป้องกันความร้อนและไอระเหยสู่ผู้ปฏิบัติ ส่งผลให้ลดการสูดดมสารเคมีและไอร้อนเข้าสู่ร่างกายโดยตรงเป็นการเพิ่มความคุ้มกันทางสุขภาพ และความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน อีกทั้งยังเป็นการสร้างอาชีพและเสริมความเข้มแข็งชุมชนอีกทางหนึ่ง (Impact) ผลสำเร็จของงานวิจัย เป็นผลสำเร็จตามเป้าประสงค์ (Goal results, G) มีระดับความสำเร็จดังนี้

- ผลสำเร็จเบื้องต้น (Preliminary results, P) ได้องค์ความรู้ในการพัฒนาและสร้างเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริม
- ผลสำเร็จกึ่งกลาง (Intermediate results, I) เพิ่มความสม่ำเสมอและคุณสมบัติด้านการย้อมสีแก่เส้นด้ายและวัสดุเสริม
- ผลสำเร็จตามเป้าประสงค์ (Goal results, G) คาดว่าเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมที่ได้จะเพิ่มกำลังการผลิตให้แก่กลุ่มเป้าหมาย เป็นการสร้างอาชีพและเสริมความเข้มแข็งให้ชุมชน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผักตบชวา

ผักตบชวา เป็นวัชพืชน้ำประเภทหนึ่งที่เจริญเติบโตบนผิวน้ำ จัดอยู่ในกลุ่มพืชลอยน้ำ (Floating plant) โดยปกติรากจะไม่ยึดติดกับพื้นดิน จึงถูกกระแสลมหรือน้ำพัดพาได้ แต่ถ้าน้ำตื้นรากจะหยั่งยึดติดกับพื้นดินได้ ผักตบชวาขึ้นได้ทุกสภาพน้ำสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่ pH 4 - 10 และอุณหภูมิของน้ำไม่สูงกว่า 34 องศาเซลเซียส ลำดับพฤกษศาสตร์ของผักตบชวาเป็นดังนี้

ชื่อสามัญ : Water Hyacinth
ชื่อทางวิทยาศาสตร์: Eichhornia Crassipes (Mart.) Solms.
ชื่อวงศ์ (Family): Pontederiaceae

ภาพที่ 2.1 ผักตบชวา

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของผักตบชวา

1.ราก รากแตกออกจากลำต้นบริเวณข้อ รากมักมีสีม่วงดำโดยปกติรากจะไม่ยึดติดกับพื้นดิน จึงถูกกระแสลมหรือน้ำพัดพาไปได้ไกล ๆ แต่ถ้าน้ำตื้นแล้ว รากจะหยั่งยึดติดกับพื้นดินได้ รากของผักตบชวาเป็นแบบรากฝอย (Fibrous root) คือ มีรากย่อย ๆ เป็นกระจุก รากที่แทงออกจะมีลักษณะอวบ สีขาว เมื่อมีอายุมากขึ้นจะมีรากขนอ่อน (Root hair) ที่มีสีน้ำตาลอ่อน และเมื่อแก่ รากขนอ่อนนี้จะเป็นสีน้ำตาลแก่จนถึงสีดำ ความยาวของรากจะแตกต่างกันไป

2. ลำต้น ลักษณะทรงต้นประกอบด้วยกลุ่มของใบเรียงกันเป็นกระจุก ในต้นหนึ่งๆ จะมีใบตั้งแต่สองใบขึ้นไป ที่โคนก้านใบจะมีกาบใบ (Sheath) ลักษณะเป็นเยื่อบางสีขาวแกมเขียวอ่อน แต่เมื่อมีอายุมากขึ้นก็จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล บริเวณของกาบใบ เป็นสีน้ำตาลแกมม่วง จะเชื่อมติดต่อกันโดยมีไหลซึ่งเป็นลำต้นที่ทอดไปตามผิวน้ำช่วยในการขยายตัวของผักตบชวาให้เพิ่มขึ้น ต้นหนึ่งๆ ของผักตบชวาจะมีไหลแตกออกไปได้หลายอัน เมื่อไหลแตกออกไปแล้วก็จะเจริญขึ้นเป็นต้นใหม่แต่ยังติดกับต้นเดิมอยู่และเกิดเป็นกอขึ้นพร้อมทั้งมีรากเกิดขึ้น มีความสูงประมาณ 30-90 เซนติเมตร

3. ใบ ออกเป็นกลุ่มรอบลำต้น ใบกว้างใหญ่ มีรูปร่างค่อนข้างกลม ส่วนฐานใบเว้าเข้าหาก้านใบ มีหูใบ ส่วนของใบพองออก ภายในมีรูพรุนคล้ายฟองน้ำ ใบมี 2 ชนิด คือใบปรกติมีรูปร่างแบบรูปไข่ (Ovate) รูปหัวใจ (Cordate) กลมคล้ายใบบัว (Orbicular) หรือรูปไต (Reniform) ส่วนอีกชนิดเกิดบนช่อดอกเป็นใบขนาดเล็กรูปหัวใจ โคนก้านใบแผ่ออกเป็นกระเปาะหุ้มช่อดอก

4. ดอก ออกเป็นช่อแบบช่อเชิงลด (Spike) คือดอกย่อยเรียงอยู่บนแกนกลางอันเดียวไม่มีก้านดอกย่อย ช่อหนึ่งๆ มีดอกย่อยประมาณ 4-60 ดอก ก้านช่อดอกยาวประมาณ 15-30 เซนติเมตร ฐานกลีบดอกหลวมรวมกันเป็นรูปกรวย กลีบเลี้ยงและกลีบดอกหลอมรวมกันเป็นมีสีม่วง ดอกย่อยเป็นสมบูรณ์เพศแบบไซโกมอฟิค (Zygomorphic) โคนกลีบดอกเป็นท่อ (Tube) ปลายกลีบแยกจากกันแต่เรียวซ้อนเหลี่ยมกัน สีม่วง กลีบตรงกลางขนาด 2.3 x 3.5 เซนติเมตร ส่วนกลีบอื่นๆ ขนาด 1.2 x 3.5 เซนติเมตร เกสรตัวผู้ 6 อัน สั้น 3 อัน ยาวประมาณ 0.6 เซนติเมตร ส่วนเกสรตัวผู้ยาว 3 อัน มีความยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร ก้านเกสรตัวผู้มีขนตรงปลาย ขนพองกลม เกสรตัวเมีย มีรังไข่อยู่เหนือโคนกลีบ (Superrior ovary) มี 3 ห้อง ไข่อ่อนยึดติดแกนรังไข่ (Axial placentation) ก้านเกสรตัวเมียมีขนสั้นๆ ปลายขนพองกลม การพัฒนาของช่อดอกเกิดจากลำต้นโดยตรง ลำต้นเจริญชูสูงขึ้นตรงปลายมีแผ่นใบรูปหัวใจเล็กๆ มีกาบบางใสหุ้มรอบและมีกาบหนาหุ้มรอบส่วนนี้กับโคนก้านใกล้เคียง และบริเวณโคนก้านใบที่อยู่บนลำต้นนี้มีลักษณะป่องเล็กน้อย เป็นส่วนของกระเปาะที่เกิดของช่อดอก เมื่อช่อดอกเจริญ ลำต้น และก้านใบนี้ยืดยาวขึ้น ทำให้กาบใบที่หุ้มขาดออกจากกัน เมื่อช่อดอกเจริญมากขึ้นจะค่อยๆ แทงออกทำให้กระเปาะปริและดอกย่อยทยอยบานจากโคนช่อ ดอกย่อยแต่ละดอกบานเพียงวันเดียว และบานช่วงเช้าเมื่อได้รับแสงอาทิตย์ พอตกเย็นดอกย่อยจะหุบกลีบดอกขดเป็นเกลียว ช่อดอกจะโค้งงอลงสู่พื้นน้ำและพัฒนาเป็นผลต่อไป

ดอก ผักตบชวามีดอกสีม่วง ดอกออกเป็นช่อ ไม่มีก้านดอก ดอกแต่ละดอกประกอบด้วยกลีบดอก (Perianth) 6 กลีบ ปลายกลีบแยกเป็นแฉก มีขนาดแตกต่างกัน ส่วนโคนกลีบจะติดกันเป็นหลอด (Tube) มีสีเขียว มีเกสรตัวผู้ (Stamen) 6 อัน สั้น 3 ยาว 3 ติดอยู่ที่ตอนล่างของกลีบดอก อับเกสรตัวผู้ (Anther) มีสีเหลือง ส่วนเกสรตัวเมีย (Pistil) มีส่วนตรงปลายเรียกว่า Stigma มีสีม่วงอ่อน อยู่บนก้าน ต่อมากจากรังไข่ (Ovary) ซึ่งอยู่เหนือกลีบดอก (Superior ovary) รังไข่นี้เมื่อได้รับการผสมแล้ว จะเจริญขึ้นเป็นผล แต่ตามปกติแล้วในสภาพแวดล้อมในประเทศไทยมักจะไม่ค่อยพบว่า มีการผสมของดอกผักตบชวา จึงไม่ค่อยพบเมล็ด ผักตบชวา ในกรณีที่มีการผสม เมล็ดมีขนาดเล็กมาก สีน้ำตาลเข้ม หลังจากที่ดอกบานได้ 48 ชั่วโมง และไม่มีแมลงมาช่วยผสมเกสร จะเกิดการผสมตัวเอง หลังจากนั้น 3 สัปดาห์ เมล็ดเล็กๆ สีดำจะแก่ และก้านช่อดอกจะโค้งงอลงเบื้องล่าง เมื่อกระเปาะผลแตก เมล็ดก็จะหลุดลงสู่พื้นท้องน้ำ ในเนื้อที่ 1 ไร่ จะมีเมล็ดตกในโคลนตมใต้พื้นน้ำถึง 18

ล้านเมล็ด และสามารถรักษาความงอกอยู่ได้นานถึง 15 ปี เพราะฉะนั้น ภายใต้พื้นน้ำของดินแดนต่างๆ ที่เคยมีผักตบชวาขึ้นอยู่อาจจะมีเมล็ดผักตบชวาสะสมอยู่นับเป็นพันล้านเมล็ด รอคอยที่จะงอกจากเมล็ดเป็นต้นอ่อนเมื่อถึงคราวจำเป็น

5. ผล แบบผลแห้งแตก (Capsule) แบ่งเป็น 3 พู เมื่อแก่แตกกลางพู่ (Loculicidal cap sule) ลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ฐานกลมขนาด 0.3 x 1.0 เซนติเมตร ปลายผลมีแหลมยื่นออกมาจากเมล็ด มีเมล็ดจำนวนมาก เมล็ดกลมอยู่ภายในผล มีขนาด 0.25 x 1.17 มิลลิเมตร มีสันตามแนวยาวของเมล็ด 10 - 12 สัน การติดเมล็ดของผักตบชวาตามธรรมชาติมีเปอร์เซ็นต์ไม่สูงมากนักและปริมาณการติดเมล็ดจะแตกต่างกันไปในแต่ละท้องที่ เช่น อินเดียมีรายงานการติดเมล็ด 35 เปอร์เซ็นต์ ญี่ปุ่น 16 - 25 เปอร์เซ็นต์ และไทย 9 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้ามีการช่วยผสมเกสรการติดเมล็ดจะสูงขึ้นคือประมาณ 20 - 91 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่ผักตบชวานั้นๆ ขึ้นอยู่จำนวนเมล็ดผักตบชวาในธรรมชาตินั้นได้มีรายงานว่าในพื้นที่ 1ไร่ มีเมล็ดของผักตบชวาจมอยู่ในโคลน 18 ล้านเมล็ด และมีชีวิตอยู่ในดินได้นานถึง 15 ปี เมล็ดสามารถมีชีวิตอยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 4 - 40 องศาเซลเซียส ปกติเมล็ดงอกได้ในสภาพอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 22 องศาเซลเซียส และอยู่ในสภาพที่มีแสง

ผักตบชวาเป็นพืชน้ำล้มลุกประเภทหนึ่งจัดอยู่ในกลุ่มวัชพืชที่พบได้ทั่วไปตามแหล่งน้ำในประเทศไทย สามารถแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็วจนกลายเป็นปัญหาต่อระบบนิเวศ และสิ่งแวดล้อมทางน้ำ เช่นการกีดขวางทางเดินเรือ ปิดกั้นทางระบายน้ำ ขัดขวางการสังเคราะห์แสงและการส่องผ่านของแสงอาทิตย์ลงไปยังสิ่งมีชีวิตใต้น้ำ ในการกำจัดผักตบชวาในปัจจุบันมีด้วยกัน 2 รูปแบบคือ การกำจัดโดยการเผาหรือฝัง รูปแบบนี้สามารถใช้ได้ดีในกรณีมีจำนวนผักตบชวาน้อย และพื้นที่การขยายพันธ์ผักตบชวาเป็นพื้นที่ปิดและจำกัด ส่วนอีกรูปแบบหนึ่งคือการนำผักตบชวาไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ ได้แก่ การนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ การทำปุ๋ยหมักได้อีกด้วย ที่ผ่านมามีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านการวิจัยหลายๆ ผลงาน ที่นำโดยคณะนักวิจัยจากคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่นได้แก่การนำต้นผักตบชวามาทำเป็นเยื่อเซลลูโลสสำหรับทำกระดาษในรูปแบบต่าง ๆ เช่นกระดาษวาดภาพ กระดาษห่อของขวัญ กระดาษเพื่องานบรรจุภัณฑ์ ทำให้ได้กระดาษรูปแบบใหม่ๆ มีความน่าสนใจมากขึ้น หรือการนำผักตบแห้งมาตีเกลียวเพื่อนำมาทำเป็นเส้นด้ายผักตบชวาสำหรับงานสาน เป็นเส้นด้ายสำหรับการทอผืนผ้าผักตบชวา การทำผลิตภัณฑ์รูปแบบต่าง ๆ จากผ้าทอผักตบชวาเป็นต้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าการวิจัยและการพัฒนาผักตบชวาสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผักตบชวา จนสามารถนำไปใช้งานได้อย่างแพร่หลาย สามารถเรียกได้ว่าผักตบชวาเป็น วัชพืชเงินล้าน ที่ไม่เพียงแต่สร้างมูลค่าให้กับตัวเองผ่านการใช้งานในรูปแบบต่าง ๆได้ แต่ยังเป็นการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม สามารถสร้างอาชีพ ลดงบประมาณของภาครัฐในการกำจัดผักตบชวาได้อีกด้วย

2.2 วิศวกรรมย้อนกลับ

ในงานด้านวิศวกรรมการออกแบบและกระบวนการสามารถแบ่งกระบวนการในการศึกษาวิจัยได้เป็นรูปแบบใหญ่ๆ 2 รูปแบบคือ 1) วิศวกรรมไปข้างหน้า (Forward engineering) หมายถึงกระบวนการที่อาศัยความรู้ทางด้านวิศวกรรมในการดำเนินงานตามลำดับขั้นตอนที่อาศัยหลักการ หรือทฤษฎีทางกลศาสตร์ และโครงสร้างต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้คำนวณออกแบบ กำหนดขนาดและวัสดุ ของเครื่องจักร หรือชิ้นส่วนต่าง ๆ ก่อนจะนำไปสู่กระบวนการผลิตให้ออกมาเป็นชิ้นงาน (Physical model) และ 2) วิศวกรรมย้อนกลับ (Reverse engineering) หรือในบางครั้งอาจเรียกวิศวกรรมย้อนรอยก็ได้ เป็นกระบวนการอีกรูปแบบหนึ่งที่เป็นการพัฒนา ต่อยอด หรือการผลิตชิ้นงานจากการสร้างแบบจำลองที่มีอยู่ เพื่อผลิตชิ้นงานใหม่ ๆที่มีรูปแบบเหมือนกับชิ้นงานเดิมหรือการนำข้อมูลของชิ้นงานที่ต้องการผลิต ได้แก่ ขนาด ประเภทวัสดุ รูปร่าง รูปทรง มาศึกษาและนำไปคำนวณย้อนกลับไปตามหลักด้านกลศาสตร์ และวิศวกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ใช้ชิ้นงานใหม่ หรือแก้ไขข้อบกพร่องของชิ้นงานเดิม (Redesign) รวมไปถึงการหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบของชิ้นงานที่สนใจ นำมาปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นเป็นต้น

2.2.1 วัตถุประสงค์ของการทำวิศวกรรมย้อนกลับ

วิศวกรรมย้อนกลับเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรมให้ความสนใจเนื่องจากเหตุผลด้านสภาพเศรษฐกิจ และความจำเป็นอื่น ๆ เช่น

- เพื่อศึกษาถึงแนวทางการผลิตและการออกแบบสินค้าของบริษัทคู่แข่ง หรือบริษัทจากต่างประเทศ
- เพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์เดิมที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น แต่ขาดข้อมูลทางด้านเทคนิค หรือมีข้อมูลเดิมไม่ครบถ้วน
- ต้องการผลิตชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ส่วนควบอื่น ๆ ที่เป็นส่วนประกอบหลักของการทำงานเครื่องมือเครื่องจักรที่มีอยู่ทดแทนการสั่งซื้อจากบริษัทผู้ผลิตเดิม เนื่องจากมีการยกเลิกการผลิตชิ้นส่วนนั้น ๆ หรือลดระยะเวลาการนำเข้าชิ้นส่วนจากต่างประเทศ
- ลดการนำเข้าเครื่องมือและเครื่องจักรจากต่างประเทศที่มีราคาแพง เพื่อให้ผู้ประกอบการรายย่อยสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีได้ง่ายขึ้น เช่นสำนักส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสนับสนุนงบประมาณให้กับหน่วยงานการศึกษา เพื่อพัฒนาเครื่องมือและเครื่องจักรให้แก่ผู้ประกอบการ ภายใต้โครงการพัฒนาสร้างเครื่องจักรต้นแบบด้วยกระบวนการวิศวกรรมเพื่อการสร้างสรรค์คุณค่า

2.2.2 การเลือกวัสดุเพื่องานวิศวกรรมย้อนกลับ

วัสดุเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพการทำงานวิศวกรรมย้อนรอย เพื่อให้สมบัติของวัสดุมีความสอดคล้องกับการใช้งานจริง การเลือกวัสดุเพื่อการทำพัฒนาเครื่องมือ เครื่องใช้จากวิศวกรรมย้อนกลับสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ 1) การเลือกวัสดุตามมาตรฐาน และ 2) การเลือกวัสดุตามสภาวะการใช้งาน

- การเลือกวัสดุตามมาตรฐาน สามารถลือกวัสดุและอุปกรณ์ตามข้อมูลในเอกสารมาตรฐานสากลต่าง ๆ หรือในใบประกอบผลิตภัณฑ์นั้น ๆ จากบริษัทผู้ผลิต ทั้งนี้ในการเลือกวัสดุและอุปกรณ์เพื่อการใช้งาน ผู้เลือกควรมีความรู้ ความเข้าใจด้านโลหะวิทยา เพื่อให้วัสดุและอุปกรณ์ที่นำมาใช้งานมีความเหมาะสม และให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งาน

- การเลือกวัสดุตามสภาวะการใช้งาน ในบางครั้งวัสดุและอุปกรณ์ไม่ตรงกับสภาพการใช้งาน เช่นมิติด้านความกว้าง หรือความยาว หรือบางครั้งเกิดจากเครื่องจักรนั้น ๆ มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมของการใช้งาน ชิ้นส่วนเดิมไม่สามารถรองรับระบบการทำงานในสภาวะใหม่ได้ เพื่อให้การทำงานของเครื่องมือและเครื่องจักรสามารถทำงานได้ และมีความจำเป็นต้องที่ปรับปรุงวัสดุ และอุปกรณ์เพื่อการผลิตใหม่ ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดการเลือกใช้วัสดุในสภาวะการใช้งานได้แก่ การรับแรงบนตัวอุปกรณ์ทั้งในสภาวะเคลื่อนที่และหยุดนิ่ง ผลของอุณหภูมิในการทำงาน สภาพการกัดกร่อนของวัสดุและอุปกรณ์ ตัวอย่างการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักร เช่นเพลา ท่อไอน้ำ ลูกรีด ฟันโม่และเล็บขุด ใบพัดกังหันไอน้ำ

สามารถสรุปได้ว่าการทำวิศวกรรมย้อนกลับเป็นงานที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ประกอบการในกลุ่มอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้ แต่ในการทำต้องมีการควบคุมคุณภาพของงานให้ใกล้เคียงหรือดีกว่าเดิม ส่งผลให้เกิดความก้าวหน้าทางอุตสาหกรรมไทย ลดการพึ่งพาต่างชาติ และอาจนำไปสู่การเป็นผู้นำของงานวิศวกรรมย้อนกลับ และการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่เองได้ในอนาคต ดังเช่นประเทศญี่ปุ่น เกาหลี และ จีน

2.3 ทฤษฎีเชิงกลที่เกี่ยวของกับการประดิษฐเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริม

2.3.1 การหาขนาดมอเตอร

เพื่อเปนการเลือกใชมอเตอรใหเหมาะสมกับงานที่ไดทำมอเตอรนี้จะนำไปใชเปนเครื่องตนกำลังเพื่อที่จะขับเพลาที่หมุนตามตองการในการเลือกใชงานของมอเตอรนั้นสิ่งแรกที่ตองคำนึงถึงคือ ขนาดของมอเตอรที่จะใชซึ่งในการหาขนาดของมอเตอรนี้เพื่อที่จะหาภาระของมอเตอรที่จะไดรับเมื่อใชงานเพื่อที่จะทำใหขนาดของมอเตอรนั้นไมใหใหญจนเกินไปทำใหสิ้นเปลือง และไมเล็กจนไมสามารถใชงานได ซึ่งปญหาของมอเตอรนี้เริ่มตนจาก

1) แรงบิด

$$T = FxR \qquad \text{---------- (2.1)}$$

กำหนดให

T = แรงบิด (นิวตันตอมิลลิเมตร)

F = ภาระที่เพลาไดรับ (นิวตัน)

R = รัศมีเฟองโซตาม (มิลลิเมตร)

2) ความเร็วรอบ

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{N_1}{N_2} \qquad \text{---------- (2.2)}$$

กำหนดให้

N1= ความเร็วของมอเตอร (รอบ/นาที)

N2= ความเร็วรอบเพลา (รอบ/นาที)

D1= ความโตของลอสายพานขับ (มิลลิเมตร)

D2= ความโตของลอสายพานตาม (มิลลิเมตร)

$$W_p = 2\pi TN \qquad \text{---------- (2.3)}$$

กำหนดให

Wp = ขนาดของมอเตอร (วัตต)

N = ความเร็วรอบใชงาน (รอบ/วินาที)

3) ความเคนดึงหรือกด

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

กำหนดให

σa = ความเคนดึงหรือกด (นิวตันต่อเมตร)

F = แรงกระทำ (เมตร)

D = เสนผานศูนยกลางเพลา (เมตร)

4) ความเคนเฉือน

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi D^3} \qquad \text{---------- (2.5)}$$

กำหนดให

τ_{xy} = ความเคนเฉือน (นิวตัน/ตารางเมตร)

T = แรงบิดเพลา (นิวตัน-เมตร)

D = เสนผาศูนยกลางเพลา (เมตร)

5) แรงบิด (Torsional loaded) หมายถึงสวนของโครงสร้างที่รับแรงหรือโมเมนต ที่พยายามบิดสวนของโครงสร้างนั้นไปจากตำแหนงเดิมโมเมนตบิด (Torque) คือโมเมนตที่พยายามบิดทอนวัสดุใหเปลี่ยนไปจากตำแหน่งเดิมมีคาเทากับพีชคณิตของโมเมนตของแรงตางๆ รอบแกนของวัสดุนั้นชิ้นสวนเครื่องจักรกลที่มีพื้นที่หนาตัดกลมอยูภายใตโมเมนตบิดจะบิดไปเปนมุมเท่ากับ

$$\theta = \frac{TL}{JG} \qquad \text{---------- (2.6)}$$

กำหนดให

θ= มุมที่บิด (เรเดียน)

T = โมเมนตบิด (นิวตัน-เมตร)

J = ความยาวเพลาที่ถูกบิด (เมตร)

G = โมดูลลัสของการเฉือน (นิวตันตอตารางเมตร)

6) ความเร็ววิกฤต ในขณะที่เพลากำลังหมุน ความเยื้องศูนย์กลางของเพลาอาจก่อให้เกิดแรงเหวี่ยงซึ่งต้านทานโดยความแข็งเชิงดัด (El) และตราบเท่าที่แรงเหวี่ยงยังน้อยก็จะยังไม่มีอันตรายอย่างไรก็ตาม สาเหตุของปัญหา คือ ความเร็ววิกฤตความเร็วที่ทำให้เพลาเริ่มแกว่งพร้อมกับโก่งงอเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ไม่หยุด ดังนั้น การออกแบบความเร็วในการใช้งานของเพลาจึงต้องระวังไม่ให้กลายเป็นความเร็ววิกฤต (แต่จะต่ำกว่าความเร็ววิกฤต) ซึ่งคาทั้งสองตัวนี้เทากันหรือใกลเคียงกันมากจะทำใหเวลาเพลาทำงานเกิดการสั่นสะเทือนอยางรุนแรง ความเร็ววิกฤตสามารถหาได้จาก

$$n_c = 945\left[\frac{\sum(wy)}{\sum(wy^2)}\right]^{1/2} \qquad \text{---------- (2.7)}$$

กำหนดให้

n_c = ความเร็ววิกฤต (รอบต่อนาที)

w = น้ำหนักที่กระทำต่อเพลา (นิวตัน)

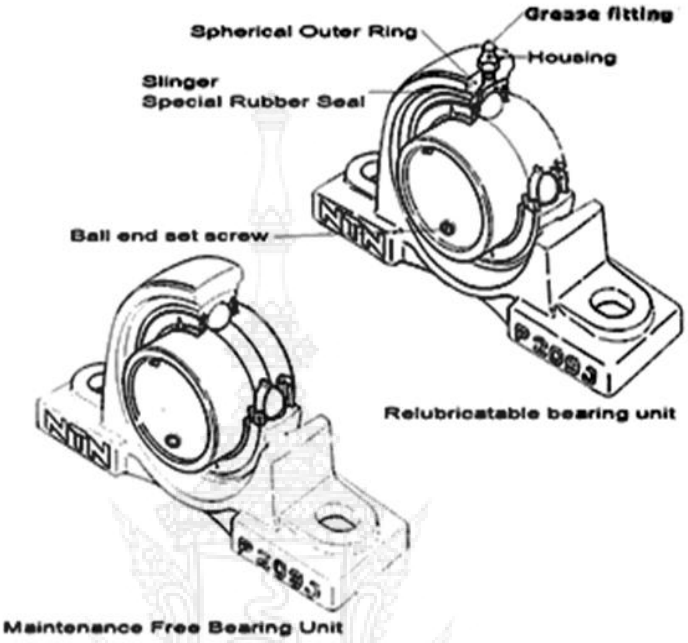
y = การโก่งตัวของเพลา (มิลลิเมตร)

2.3.2 การออกแบบและเลือกใช้งานตลับลูกปืนและเพลา

2.3.2.1 ตลับลูกปืน

การเลือกใช้งานตลับลูกปืน หรือแบริ่งใช้การอ้างอิงจากคู่มือการเลือกใช้งานตลับลูกปืนของบริษัท NTN (1977) โดยยึดการอ้างอิงตามมาตรฐาน JIS B1518-1981 และ ISO 281/1-1977 วิธีการเลือกใช้งานและหลักการคำนวณมีดังนี้

- ส่วนประกอบของตลับลูกปืน สามารถแบ่งส่วนประกอบออกเป็น 7 ส่วน ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบของตลับลูกปืน

หน้าที่การทำงานและข้อจำกัดในการบำรุงรักษาตลับลูกปืนของ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ซีลกันฝุ่น (Rubber seal) ทำหน้าที่ป้องกันฝุ่นละอองเข้าด้านในเม็ดแบริ่ง สามารถแบ่งวัสดุและหน้าที่เป็น 4 แบบหลัก คือ แบบแรกยางสังเคราะห์เหมาะสำหรับงานที่ใช้งานอุณหภูมิไม่สูงมากนัก แบบที่สองฝาเหล็กเหมาะสำหรับงานที่ใช้งานอุณหภูมิสูง แบบที่สาม2 ชั้นที่ประกอบด้วยแบบ 1 ผสมกับแบบ 2 เหมาะสำหรับงานที่ใช้งานอุณหภูมิไม่สูงมากนักแต่มีผงฝุ่นละอองมาก และแบบสุดท้ายไม่มีฝากันฝุ่นใช้สำหรับห้องเกียร์ที่มีน้ำมันหล่อลื่นและไม่มีผงฝุ่นและยังสามารถใช้งานแบบไม่หล่อลื่นได้ด้วยแต่เหมาะสำหรับกับพื้นที่ไม่มีฝุ่นละอองและความเร็วรอบต่ำ

2) ตัวเรือนลูกปืน (Housing) ยึดติดกับโครงสร้างเครื่องจักรและอุปกรณ์ชิ้นส่วนทั้งหมดของตลับลูกปืนโดยสามารถแบ่งวัสดุออกเป็น 3 แบบ ดังนี้ แบบแรกเหล็กหล่อ แบบที่สองเหล็กปั๊มขึ้นรูป และแบบสุดท้ายพลาติก ซึ่งเหมาะสำหรับงานที่ป้องกันการกัดกร่อนสูงโดยมีคุณสมบัติเด่นด้าน น้ำหนักเบา ความแข็งแรงสูงติดตั้งง่าย ความเที่ยงตรงของขนาด ถอดเปลี่ยนตลับลูกปืนได้ง่ายสามารถแบ่งตามรูปแบบได้ 4 ชนิด คือ แบบ Pillow block แบบ Flanged units แบบ Cart - ridge units แบบ Take up unit รูปร่างทั้ง 4 ชนิดไม่มีผลต่อการคำนวณอายุการใช้งานของตลับลูกปืน

3) เม็ดลูกปืน (Ball steel) ทำหน้าที่ขั้นกลางระหว่างแหวนนอกและแหวนในเพื่อลดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น แบ่งออกตามรูปแบบเป็น 4 แบบ คือ 1) แบบ Sphere ball 2) แบบ Roller noddle 3) แบบ Taper roller noddle และ 4) แบบ Cyclodritical roller

4) รังยึดเม็ดลูกปืน (Ring) ทำหน้าที่ยึดเม็ดลูกปืนและทำหน้าที่ให้เม็ดลูกปืนกระจายแรงเท่าๆกัน

5) แหวนนอก (Outer ring) ทำหน้าที่ยึดติดกับส่วนที่อยู่กับที่

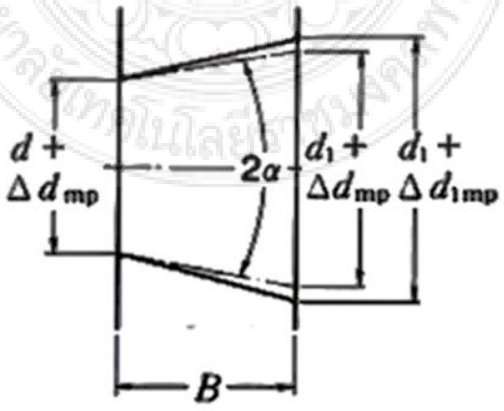
6) แหวนใน (Inter ring) ทำหน้าที่ยึดติดกับส่วนที่เคลื่อนที่

7) ฝาครอบกันฝุ่น (Cover) ทำหน้าที่ป้องกันฝุ่นผงจากด้านนอก

8) การบำรุงรักษาตลับแบริงสามารถพิจารณาได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

- แบริ่งแบบที่ไม่ต้องการบำรุงรักษา คือแบบที่มีจารบีบรรจุด้านใน ไม่สามารถเปลี่ยนถ่ายจารบีได้มีประโยชน์คือ ลดต้นทุนซ่อมบำรุง
- แบริ่งแบบที่สามารถเปลี่ยนถ่ายจารบีได้ คือ กรณีใช้งานอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียล ในกรณีที่มีฝุ่นผงละอองมาก กรณีที่บริเวณต้องสัมผัสกับละอองน้ำ กรณีที่มีความชื้นสูง กรณีใช้งานมีค่า C_r/P_r น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 รวมทั้งความเร็วรอบในการหมุนต่ำกว่าหรือเท่ากับ 10 รอบต่อนาที และกรณีความเร็วรอบสูงต้องการลงเสียงดัง

ทั้งนี้ในการออกแบบแบริ่งเพื่อให้การดำเนินงานเกิดประสิทธิภาพด้านการใช้งานต้องคำนึงถึงขนาดความคลาดเคลื่อน (Tolerance) โดยตลับลูกปืนเม็ดกลมรับแรงในแนวรัศมีผิวด้านนอกตัวตลับลูกปืนและผิวด้านในของตัวเสื้อตุ๊กตาถูกออกแบบให้มีลักษณะโค้งมนทำให้ตลับลูกปืนตุ๊กตานี้สามารถปรับแนวในการรับแรงได้แต่ไม่เกิน 5 องศาการเลือกขนาดพิกัดงานสวมของเพลาโดยเลือกเพลาให้มีขนาดพิกัดงานสวมเพลา (Tolerances) ให้มีขนาดเท่ากับค่า Nominal bore diameter Δ : dmp ดังแสดงดังตารางที่ 2.1 และภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ขนาดพิกัดแหวนใน (Internal ring)

ตารางที่ 2.1 ขนาดพิกัดงานสวมเพลา

Cylindrical bore (UC, UCS, AS, ASS, UEL, UELS, AEL, AELS

Nominal bore diameter				Cylindrical bore						Radial runout
d				Bore diameter				Width		
Over		incl.		Δ_{dmp}		Δ_{ds}		Δ_{Bs}. Δ_{Cs}		Kia
				Deviations		Deviations		Deviations		(max.)
mm	inch	mm	inch	high	low	high	low	high	low	
10	0.3937	18	0.7087	+18	0	+22	-4	0	-120	15
				+7	0	+9	-2	0	-47	6
18	0.7087	30	1.1811	+21	0	+25	-4	0	-120	18
				+8	0	+10	-2	0	-47	7
30	1.1811	50	1.9685	+25	0	+30	-5	0	-120	20
				+10	0	+12	-2	0	-47	8
50	1.9685	80	3.1496	+30	0	+36	-6	0	-150	25
				+12	0	+14	-2	0	-59	10
80	3.1496	120	4.7244	+35	0	+42	-7	0	-200	30
				+14	0	+17	-3	0	-79	12
120	4.7244	180	7.0866	+40	0	+48	-8	0	-250	35
				+16	0	+19	-3	0	-98	14

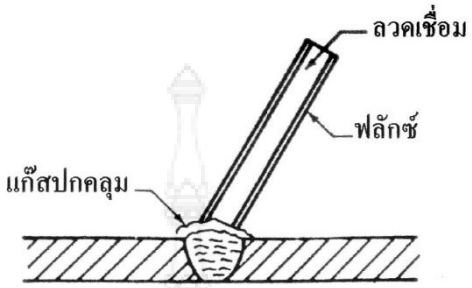
ที่มา:

2.3.3 การเชื่อมต่อ

การเชื่อมต่อ (Welded joints) เป็นการจับยึดแบบถาวรชนิดหนึ่ง โดยวิธีการต่อชิ้นงานเข้าด้วยกัน ซึ่งนิยมใช้กันมากในงานทางด้านอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ โดยปกติแล้วลวดเชื่อมจะมีความต้านทานแรงไม่น้อยกว่าความต้านทานแรงของแผ่นโลหะที่จะนำมาต่อกัน ดังนั้นประสิทธิภาพของรอยเชื่อมจะอยู่ในระดับเข้าใกล้ 100% สำหรับรอยเชื่อมที่ต้องการรับแรงสูงจะนิยมใช้วิธีการเชื่อมดังต่อไปนี้

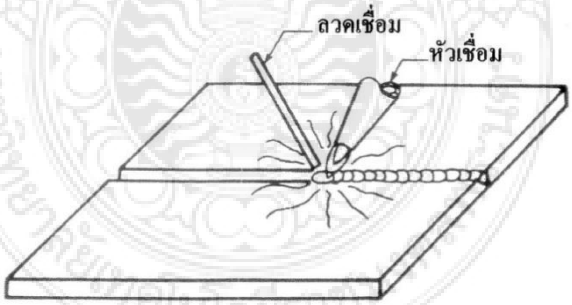
- การเชื่อมด้วยไฟฟ้า การเชื่อมด้วยวิธีนี้เป็นการเชื่อมไฟฟ้าโดยใช้ลวดเชื่อม (Elec trode) เป็นตัวนำไฟฟ้าแล้วในขณะเดียวกันโลหะลวดเชื่อมก็จะละลายลงไปในตำแหน่งรอยที่ต้องการ

เชื่อม ดังแสดงในภาพที่ 2.4 ลวดเชื่อมมักห่อหุ้มไว้ด้วยสารชนิดหนึ่ง เรียกว่า ฟลักซ์ (Flux) ซึ่งจะระเหยกลายเป็นแก๊สในขณะทำการเชื่อม แก๊สนี้จะป้องกันมิให้เกิดออกซิเดชั่น (Oxidation) ที่รอยเชื่อม เป็นการช่วยให้คุณภาพของรอยเชื่อมดีขึ้น



ภาพที่ 2.4 การเชื่อมไฟฟ้า

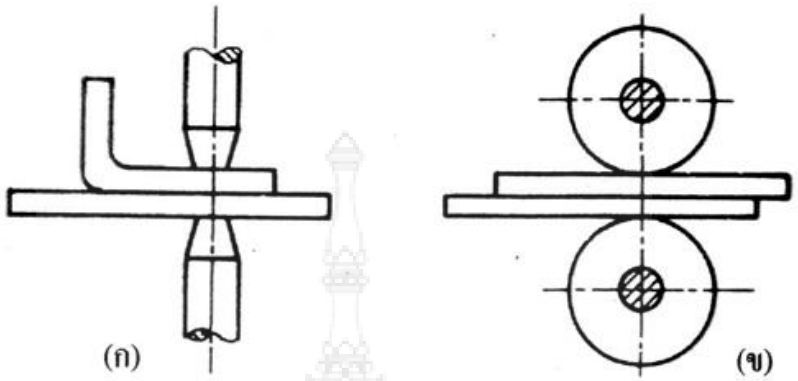
- การเชื่อมด้วยแก๊ส เป็นวิธีการเผาไหม้ระหว่างส่วนผสมของแก๊สออกซิเจนกับไฮโดรเจน หรือ ออกซิเจนกับอะเซทิลีน (Acetylene) เป็นตัวให้ความร้อน แก๊สทั้งสองชนิดนี้จะผสมกันในหัวเชื่อม (Torch) ในการเชื่อมจะปรับส่วนผสมของแก๊สทั้งสองในอัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่ง ซึ่งจะได้อุณหภูมิเพียงพอที่จะละลายโลหะได้ จากนั้นจึงทำการเผาชิ้นงานให้ร้อน แล้วจึงใช้เปลวไฟละลายลวดเชื่อมลงไปในรอยเชื่อม ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 การเชื่อมด้วยแก๊ส

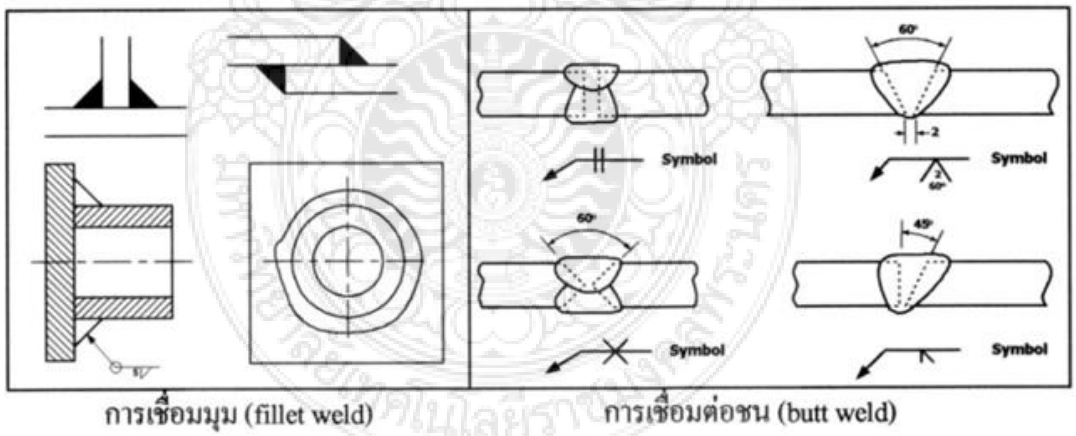
- การเชื่อมด้วยความต้านทานไฟฟ้า การเชื่อมวิธีนี้จะใช้แรงกดชิ้นงานส่วนตรงที่ต้องการจะเชื่อมติดกัน แล้วจึงผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในชิ้นงานตรงรอยที่ต้องการเชื่อม จนกระทั่งเนื้อโลหะละลายติดกัน ถ้าแรงกดนี้มาจาก อิเล็กโทรด (Electrode) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้าด้วย ดังภาพที่ 2.6 (ก) รอยเชื่อมจะเป็นจุดเรียกว่าการเชื่อมจุด (Spot welding) แต่ถ้าใช้ลูกกลิ้งออกแรง

กดและเป็นตัวนำไฟฟ้าดังภาพที่ 2.6 (ข) แนวเชื่อมที่ได้จะเป็นเส้นแนวยาว เรียกว่า การเชื่อมแบบตะเข็บ (Seam welding)

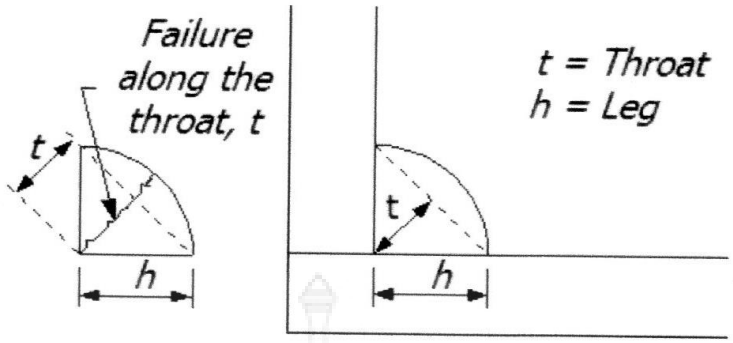


ภาพที่ 2.6 การเชื่อมด้วยความต้านทานไฟฟ้า

ชนิดของรอยเชื่อมที่นิยมใช้กันทั่วไปคือ การเชื่อมมุม (Fillet Weld) และการเชื่อมต่อชน (Butt Weld) ดังภาพที่ 2.7 การเชื่อมมุมนั้นไม่จำเป็นจะต้องเท่ากับความหนาของแผ่นโลหะ และโดยปกติแล้วผิวบนของรอยเชื่อมมุม ตามภาพที่ 2.8จะมีลักษณะดังเส้นประส่วนเกินนี้เรียกว่า ส่วนเสริม (Reinforcement)



ภาพที่ 2.7 ชนิดของรอยเชื่อม

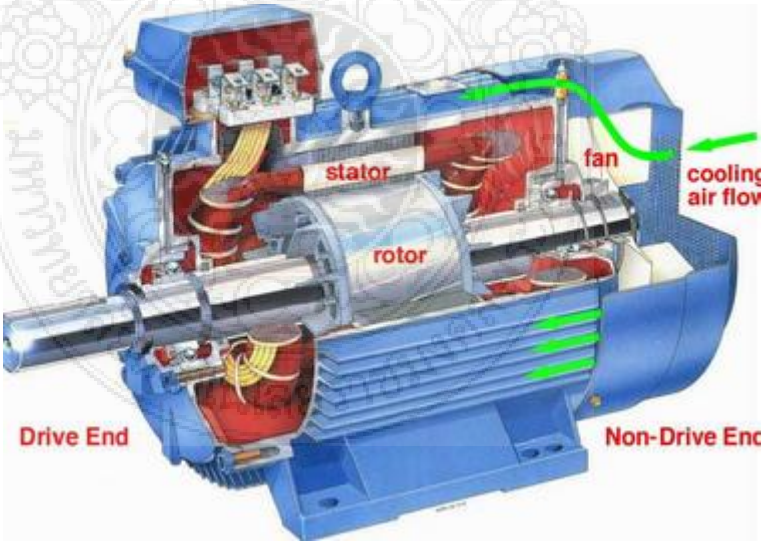


ภาพที่ 2.8 ลักษณะรอยเชื่อมมุม

2.4 ทฤษฎีทางไฟฟ้าที่เกี่ยวของกับการประดิษฐเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริม

2.4.1 มอเตอรไฟฟา

ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้มอเตอร์ 1 เฟส เพื่อให้สะดวกและเหมาะกับการใช้ในบ้านเรือนทั่วไป นอกจากนี้มอเตอร์ชนิดนี้มีลักษณะของมอเตอรเป็นสายไฟ 1 สาย มีขนาดตั้งแต 1/2 แรงมาและขนาดใหญ 400 แรงม้าขึ้นไปก็มีใช้กันบาง มอเตอรแบบนี้ใช้กันมากตามบานเรือนและโรงงานประเภทตาง ๆ ซึ่งมีลักษณะดังในภาพที่ 2.9 โดยทั่วไปมอเตอร์ทุกประเภทจะมีส่วนประกอบหลักหรือส่วนประกอบเบื้องต้นคล้ายกันคือสเตเตอร์หรือตัวที่อยู่กับที่และโรเตอร์หรือตัวหมุน แต่จะแตกต่างกันในเรื่องของรายละเอียดของส่วนประกอบปลีกย่อยอื่น ๆ



ภาพที่ 2.9 ลักษณะของมอเตอร์

สวนประกอบของมอเตอรซิงเกอรเฟสที่สำคัญมีอยู3 อยางคือ สเตเตอร โรเตอร และฝาปดทั้งสองขาง ซึ่งสวนประกอบตาง ๆ มีรายละเอียดดังนี้

- สเตเตอร ส่วนของสเตเตอรของมอเตอรสามเฟสจะเหมือนมอเตอรสปลิทเฟสและมอเตอรคาพาซิสเตอรที่เหมือนมอเตอร แตขดลวดที่พันไวที่สเตเตอรจะมีขดรันและขดสตารเหมือนมอเตอร

- โรเตอร โรเตอรที่เปนตัวหมุนของมอเตอรซิงเกอรเฟสสามารถแยกได 2 ประเภท คือ แบบวาวดโรเตอร และแบบสควิเรลเคจ

- แบบวาวดโรเตอร (Wound Rotor) เปนโรเตอรที่มีลวดอาบฝ้ายาหรือลวดหุ้มด้ายพันอยูมีวงแหวน สลิปริง (Slip Ring) อยู่ 3 วง ขดลวดพันอยู่บนโรเตอรจะพันตอออกมาเข่าสลิปริงทั้ง 3 จะมีแปรงถาน 3 ชุด และตอสายไปเข่าตัวควบคุมกระแสหรือรีโอสตัด(Rheostat) จะมีลวดความต่านทาน 3 ชุด แตละชุดจะมีไวในแตละเฟสของคอยล โรเตอร และสวิตชสำหรับเลือกความตานทานควบคุมมอเตอรให่หมุนช่า ๆ จนกระทั่งหมุนเร็วสูงสุดเมื่อมอเตอรเริ่มหมุนช่า ๆ จนกระทั่งหมุนเร็วสูงสุด เมื่อมอเตอรเริ่มหมุนความตานทานทั้ง 3 ชุด จะตออันดับกับขดลวดของโรเตอรขณะโรเตอรเริ่มหมุนไปจะคอย ๆ ลดความตานทานทั้ง 3 ชุด ทีละนอย ๆ พร่อมๆ กัน ทำให่ความเร็วของมอเตอรเพิ่มขึ้น เมื่ออุปกรณมอเตอรหมุนไปเต็มที่ความต่านทานทั้ง3 ชุด จะถูกตัดออกหมดและคอยล์ทั้งหมดจะถูกลัดวงจรเอาไว

- แบบสควิเรลเคจ (Squirel cage) โรเตอรแบบนี้เหมือนโรเตอรสปลิทเฟสและคาปาซิสเตอรมอเตอรขนาดเล็กจะมีโรเตอรแบบสควิเรลเคจบางที่จะออกแบบใหมี สควิเรลเคจ 2 ชุด หรือ2 ชั้น เพื่อให่มีกำลังสตารทสูงฝาปิดทั้งสองข่าง เปนที่ติดตั้งลูกปนเพื่อรองรับเพลาหรือแกนโรเตอรเหมือนกับสปลิทเฟสหรือคาปาซิสเตอรมอเตอร แตเนื่องจากมอเตอรสามเฟสมีเฉพาะขดรันอยางเดียว ที่ฝาปดของมอเตอรจึงไมมีเซนตริฟูลกัลปสวิทช

2.4.2 สายไฟฟ้า

สายไฟฟาแบงออกเปน 2 ประเภท คือ สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Low voltage power cable) และสายไฟฟ้าแรงดันสูง (High voltage power cable)

- สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Low voltage power cable) : เปนสายไฟที่ใชกับแรงดันไม่เกิน 750 โวลต์ เป็นสายหุ้มฉนวน ทำด้วยทองแดงหรืออลูมิเนียม โดยทั่วไปเป็นสายทองแดงสายขนาด เล็กจะเป็นตัวนำเดี่ยวแต่สายขนาดใหญเป็นตัวนำตีเกลียววัสดุฉนวนที่ใช้กับสายแรงดันต่ำคือ Polyvinyl chloride (PVC) และ Cross-linked polyethylene (XLPE) สำหรับงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงสายไฟที่ใช้ตามอาคารบ้านเรือนซึ่งจัดเป็นสายไฟแรงดันต่ำ สำหรับประเทศไทย สายไฟแรงดันต่ำจะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.11-2531 หรือ TIS-11-2531 ตามมาตรฐานแล้วสายไฟแรงดันต่ำจะมีหลายขนาด (พื้นที่หน้าตัด) ตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ ซึ่งจะทนแรงดันไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 300 โวลต์ ถึง 750 โวลต์ สายไฟตามมาตรฐาน มอก.11-2531 จะแบ่งเป็นประเภทตามขนาดความทนแรงดันไฟและการใช้งาน ได้ดังนี้

1) สายไอวี (IV) สาย ชนิดนี้เป็นสายเดียวหรือแกนเดี่ยวชนิดทนแรงดันไฟ 300 โวลต์ใช้เป็นสายเดินเข้าอาคารสำหรับที่พักอาศัยที่ใช้ระบบ 1 เฟสและห้ามใช้กับระบบ3 เฟสที่มีแรงดัน 380 โวลต์ การใช้งาน ถ้าเดินสายลอยต้องยึดด้วยวัสดุฉนวน หรือ เดินในช่องเดินสายสายในสถานที่แห้ง แต่ห้ามร้อยท่อฝังดินหรือฝังดินโดยตรง

2) สายวีเอเอฟ (VAF) เป็น สายชนิดทนแรงดัน 300 โวลต์มีทั้งชนิดเป็นสายเดี่ยวสายคู่และที่มีสายดินอยู่ด้วย ถ้าเป็นสายเดี่ยวจะเป็นสายกลมและถ้าเป็นชนิด 2 แกนหรือ 3 แกนจะเป็นสายแบน ตัวนำนอกจากจะมีฉนวนหุ้มแล้วยังมีเปลือกหุ้มอีกชั้นหนึ่งสายคู่จะนิยมเดิน ตามฝาผนังด้วยเข็มขัดรัดสาย (Clip) หรือเดินในช่องเดินสาย แต่ห้ามเดินฝังดินโดยตรง การจะเดินสายประเภทนี้ใต้ดินจะต้องเดินในท่อฝังดินที่ปีกานป้องกันน้ำซึม เข้าท่อ ใช้ในบ้านอยู่อาศัยทั่วไปสายชนิดนี้ห้ามใช้ในวงจร 3 เฟสที่มีแรงดัน 380 โวลต์เช่นกัน (ในระบบไฟฟ้า 3 เฟสแต่แยกไปใช้งานเป็นแบบ 1 เฟสแรงดัน 220 โวลต์จะใช้ได้) ดังแสดงในภาพที่ 2.10

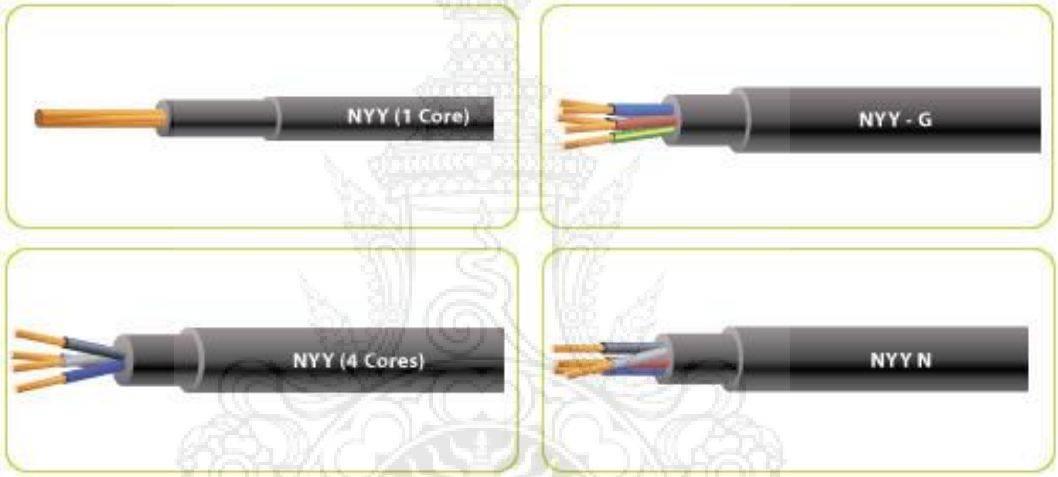
ภาพที่ 2.10 ลักษณะของสายวีเอเอฟ

3) สายเอชดับเบิลยู (THW) เป็น สายไฟฟ้า ชนิดทนแรงดัน 750โวลต์เป็นสายเดี่ยวนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากใช้ในวงจรไฟฟ้าสามเฟสปกติ แกนของสายประเภทนี้มีตัวนำทองแดงจะมีหลายสายร้อยเป็นสายใหญ่หนึ่งแกน การใช้งานคือใช้เดินลอยด้วยตัวยึดทำจากวัสดุฉนวน เดินในช่องเดินสาย หรือเดินในท่อฝังดินที่มีการป้องกันน้ำซึมเข้าสู่ท่อ แต่ห้ามฝังดินโดยตรง ดังแสดงในภาพที่ 2.11

ภาพที่ 2.11 ลักษณะของสายเอชดับเบิลยู

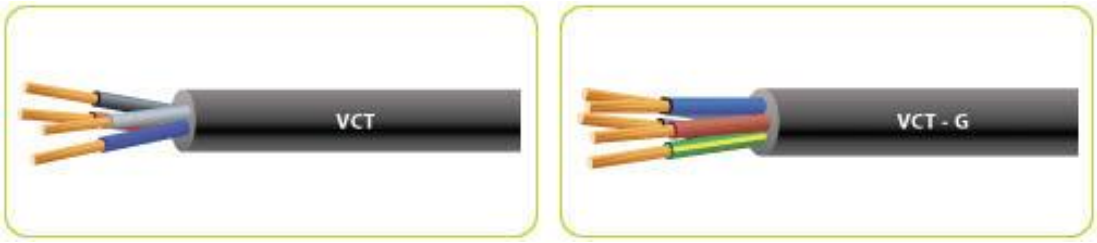
4) สายเอ็นวายวาย (NYY) มี ทั้งชนิดแกน เดียวและหลายแกนสายหลายแกนก็จะเป็นสายกลมเช่นกันสายชนิดนี้ทนแรงดัน 750 โวลต์นิยมใช้อย่างกว้างขวางเช่นกันเนื่องจากถูกออกแบบให้มีความคงทนต่อ สภาพแวดล้อมเพราะมีเปลือกหุ้มอีกชั้นหนึ่งบางสำหรับสายเอ็นวายวายชนิดสาย เดี่ยว สายชนิดนี้จะมีฉนวนหุ้มแกนหนึ่งชั้นและมีเปลือกเพียงชั้นเดียวทำหน้าที่ ป้องกันความเสียหายทางกาย สำหรับสายเอ็นวายวายที่มีหลายแกนขึ้นไปอาจจะถูกเรียกว่าสายฉนวน 3 ชั้น

ความจริงแล้วสายชนิดนี้มีฉนวนชั้นเดียวอีกสองชั้นที่เหลือเป็นเปลือกชั้นใน ทำหน้าที่เป็นแบบ (Form) ให้สายแต่ละแกนร้อยเกลียวเข้าด้วยกันจนมีลักษณะกลม และมีเปลือกนอกหุ้มแล้วอีกชั้นหนึ่งทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายทางกายภาพ สายเอ็นวายวายหลายแกนจะมีชนิด 2 แกนและ 4 แกนซึ่งแล้วแต่ความต้องการใช้งาน สายชนิดนี้จะมีเปลือกสองชั้นดังกล่าวแล้วข้างต้น สายเอ็นวายวายชนิด 4 แกนมีสายนิวทรัลรวมอยู่ด้วยเรียกว่าเป็นสายเอ็นวายวาย-เอ็น (NYY-N) คือมีสายไฟอยู่3 เส้นและมีสายนิวทรัลอีกหนึ่งเส้นมีขนาดพื้นที่หน้าตัดประมาณ ครึ่งหนึ่งของสายเส้นไฟจึงเหมาะที่จะใช้ในวงจร 3 เฟส 4 สาย อีกประเภทหนึ่งคือสายชนิดเอ็นวายวาย-กราวด์ (NYY-G) คือเป็นสายชนิด 2 แกน 3แกน และ 4 แกนที่มีสายดิน (Groud) รวมอยู่ด้วยอีกหนึ่งเส้นจึงเหมาะที่จะใช้ต่อเข้าอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลง ดิน สายเอ็นวายๆทุกชนิดสามารถเดินใต้ดินได้โดยตรงเพราะมีเปลือกชั้นอกทำให้ทนต่อ สภาพแวดล้อมดังแสดงในภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 ลักษณะของสายเอ็นวายวาย (NYY)

5) สายวีซีที (VCT) เป็น สายกลมมีทั้ง1แกน 2 แกน 3 แกนและ 4 แกน สามารถทนแรงดัน 750 โวลต์มีฉนวนและเปลือกเช่นกันกับสายเอ็นวายวาย มีข้อพิเศษกว่าก็คือตัวนำจะประกอบด้วยทองแดงฝอยเส้นเล็กๆร้อยรวมกันเป็น หนึ่งแกน ทำให้มีข้อดีคืออ่อนตัวและทนต่อสภาพการสั่นสะเทือนได้ดี เหมาะที่จะใช้เป็นสายเดินเข้าเครื่องจักรที่มีการสั่นสะเทือนขณะใช้งานสายชนิดนี้ใช้งานได้ทั่วไปเหมือนสายชนิดเอ็นวายวาย นอกจากนี้ยังมีสายวีซีทีเป็นชนิดวีซีที-กราวด์ (VCT-G) ซึ่งมี2 แกน 3 แกน และ 4 แกน และมีสายดินเดินรวมไปด้วยอีกเส้นหนึ่งเพื่อให้เหมาะสำหรับใช้กับเครื่อง อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องต่อลงดิน สายวีซีทีสามารถเดินแบบฝังดินโดยตรงได้ ดังแสดงในภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 ลักษณะของสายวีซีที (VCT)

2.4.3 เซอร์กิตเบรกเกอร์ CIRCUIT BREAKER

เซอร์กิตเบรกเกอร์ Circuit breaker หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำงาน เปิดและปิดวงจรไฟฟ้า แบบไม่อัตโนมัติ แต่สามารถเปิดวงจรได้อัตโนมัติ ถ้ามีกระแส ไหลผ่าน เกินกว่าค่าที่กำหนด โดยไม่มีความเสียหายเกิดขึ้น

เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit breaker) แรงดันต่ำ หมายถึง Breaker ที่ใช้กับแรงดันน้อยกว่า 1000 Volt แบ่งออกได้หลายชนิด ได้แก่

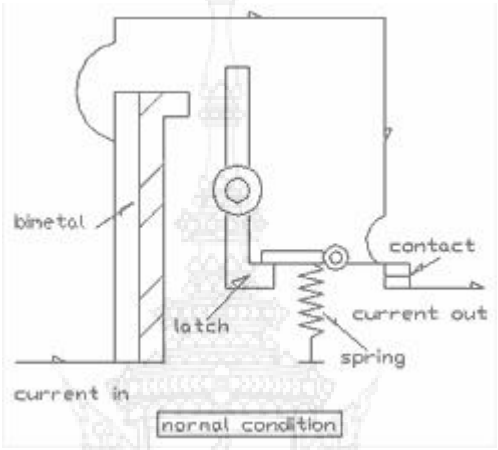
- Mold case circuit breaker โมลเคสเซอร์กิตเบรกเกอร์ หมายถึง breaker ที่ถูกห่อหุ้มมิดชิดโดย Mold 2 ส่วน มักทำด้วย phenolic ซึ่งเป็นฉนวนไฟฟ้าสามารถทนแรงดันใช้งานได้ breaker เบรกเกอร์แบบนี้ มีหน้าที่หลัก 2 ประการ คือ ทำหน้าที่เป็นสวิทซ์เปิด-ปิดด้วยมือ และเปิดวงจรโดยอัตโนมัติ เมื่อมีกระแสไหลเกิน หรือเกิดลัดวงจร โดย breaker เบรกเกอร์จะอยู่ในภาวะ trip ซึ่งอยู่กึ่งกลาง ระหว่าง ตำแหน่ง ON และ OFF เราสามารถ reset ใหม่ได้โดย กดคันโยกให้อยู่ ในตำแหน่ง OFF เสียก่อน แล้วค่อยโยกไปตำแหน่ง ON การทำงานแบบนี้เรียกว่า Quick make , Quick break ลักษณะของ Breaker ดังแสดงในภาพ 2.14

ภาพที่ 2.14 เซอร์กิตเบรกเกอร์ประเภท Mold case

Molded case circuit breaker โมลเคสเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่พบบ่อยในท้องตลาดมี 2 ประเภทคือ 1) Thermal magnetic CB และ 2) Solid state trip CB

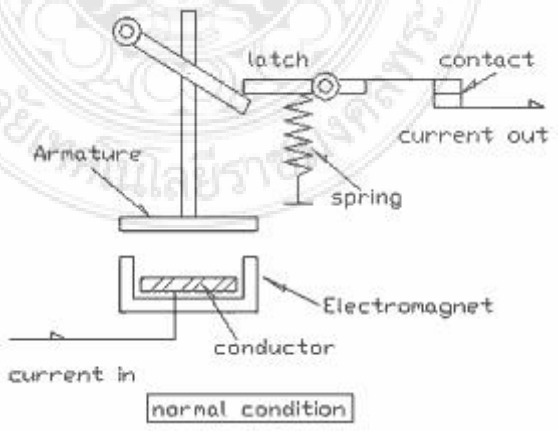
1) Thermal magnetic molded case circuit breaker มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนคือ

• Thermal unit ใช้สำหรับปลดวงจรเมื่อมีกระแสไหลเกินอันเนื่องมาจากการใช้โหลดมากเกินไป ลักษณะการทำงานดูได้จากรูป 2.14 เมื่อมีกระแสเกินไหลผ่านโลหะ Bimetal (เป็นโลหะ 2 ชนิด ที่มีสัมประสิทธิ์ ทางความร้อน ไม่เท่ากัน) จะทำให้ Bimetal โก่งตัว ไปปลดอุปกรณ์ทางกล และทำให้ CB. ตัดวงจร เรียกว่าเกิดการ trip การปลดวงจรแบบนี้ ต้องอาศัย เวลาพอสมควร ขึ้นอยู่กับ กระแสขณะนั้น และความร้อน ที่เกิดขึ้นจนทำให้ bimetal โก่งตัว



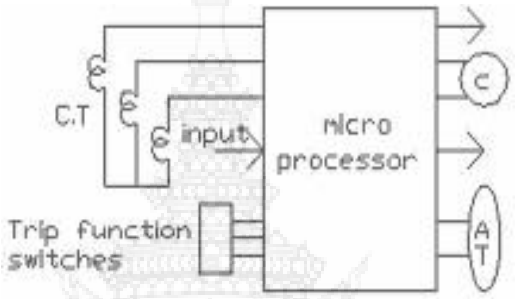
ภาพที่ 2.15 เซอร์กิตเบรกเกอร์ประเภท Thermal unit

• Magnetic unit ใช้ สำหรับปลดวงจรเมื่อเกิดกระแสลัดวงจรหรือมีกระแสค่าสูงๆ ประมาณ 8-10 เท่าขึ้นไป ไหลผ่าน กระแสจำนวนมาก จะทำให้เกิด สนามแม่เหล็กความเข้มสูงดึงให้อุปกรณ์การปลดวงจรทำงานได้ การตัดวงจรแบบนี้เร็วกว่าแบบแรกมาก โอกาสที่ breakerจะชำรุดจากการตัดวงจรจึงมีน้อยกว่า ดังแสดงในภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 เซอร์กิตเบรกเกอร์ประเภท Magnetic unit

2) Solid state trip or Electronic trip molded case circuit breaker เป็น breaker ชนิดหนึ่งที่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่วิเคราะห์ กระแสเพื่อสั่งปลดวงจร จากภาพที่ 2.17 จะเห็นว่ามี CT อยู่ภายในตัว breaker ทำหน้าที่ แปลงกระแสให้ต่ำลง ตามอัตราส่วนของ CT และมี microprocessor คอยวิเคราะห์กระแส หากมีค่าเกินกว่าที่กำหนด จะสั่งให้ tripping coil ซึ่งหมายถึง solenoid coil ดึงอุปกรณ์ทางกลให้ CB. ปลดวงจรที่ด้านหน้าของ breaker ชนิดนี้จะมีปุ่มปรับค่ากระแสปลดวงจร , เวลาปลดวงจร และอื่นๆ นอกจากนี้ยังสามารถติดตั้ง อุปกรณ์เสริมที่เรียกว่า amp meter & fault indicator ซึ่งสามารถแสดงสาเหตุการ fault ของวงจรและค่ากระแสได้ ทำให้ทราบสาเหตุของการปลดวงจรได้



ภาพที่ 2.17 เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ Solid state trip

- Air circuit breaker เป็นเบรคเกอร์ที่ใช้กับแรงดัน <1000 volt มีขนาดใหญ่ใช้เป็น main CB. โดยทั่วไปมีพิกัดกระแสตั้งแต่ 225-6300 A. และมี interrupting capacity สูงตั้งแต่ 35-150 KA. โครงสร้างทั่วไปทำด้วยเหล็กมีช่องดับอาร์ก (Arcing chamber) ที่ใหญ่โตแข็งแรงเพื่อให้สามารถรับกระแสลัดวงจรจำนวนมากได้ Air CB. ที่มีขายในท้องตลาด มักใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตรวจจับ และวิเคราะห์กระแสเพื่อสั่งปลดวงจร ดังแสดงในภาพที่ 2.17

ภาพที่ 2.18 เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ Air circuit breaker

- Miniature circuit breaker เป็น เบรคเกอร์ขนาดเล็ก ใช้ติดตั้งเป็นอุปกรณ์ป้องกันร่วมกับ แผงจ่ายไฟฟ้าย่อย (Load center) หรือ แผงจ่ายไฟฟ้าประจำห้องพักอาศัย (Consumer unit) เบรคเกอร์ชนิดนี้ไม่สามารถปรับตั้ง ค่ากระแสตัดวงจรได้ มีทั้งแบบ 1 pole , 2 pole และ 3 pole อาศัยกลไกการปลดวงจรทั้งแบบ Thermal และ Magnetic มีรูปร่างทั่วไป ดังในภาพที่ 2.19

ภาพที่ 2.19 เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ Miniature circuit breaker

2.5 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

2.5.1 จุดคุ้มทุน (Break even analysis)

จุดคุ้มทุนหรือจุดเท่าทุน คือ จุดซึ่งรายได้จากการลงทุนคุ้มกับค่าลงทุน หรือหมายถึงจุดที่แสดงค่าใช้จ่ายกับรายรับเท่ากัน หรือจุดที่มีกำไรเป็นศูนย์นั้นเอง การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ ต้นทุน (Cost) รายได้ (Revenue) และผลกำไร (Profit) ซึ่งผันแปรไปตามความเปลี่ยนแปลงของปริมาณการผลิต (Volume) บางทีเรียกว่าการวิเคราะห์ ต้นทุน-ปริมาณผลิต-ผลกำไร (Cost-Volume-Profit Analysis)

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางเศรษฐศาสตร์ของสถานะต่าง ๆ ในระยะสั้น และข้อมูลต้องค่อนข้างแน่นอนเพื่อการตัดสินใจที่ถูกต้อง ผลของการวิเคราะห์จะใช้ได้เมื่อเงื่อนไขและสภาพการณ์ต่าง ๆ ยังไม่เปลี่ยนแปลง การสร้างแผนภูมิสำหรับการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนจะสามารถทำให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของกำไรและปริมาณการผลิตอย่างชัดเจน และเป็นประโยชน์สำหรับการกำหนดนโยบายการผลิต การลงทุน และการควบคุมค่าใช้จ่าย

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของต้นทุน รายได้ และ ผลกำไรที่ปริมาณการผลิตต่าง ๆ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเหมาะกับโครงการระยะสั้น เงื่อนไขต่าง ๆ ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดโครงการ เพราะถ้ามีการเปลี่ยนแปลงจะมีผลทำให้การตัดสินใจคลาดเคลื่อนได้ บางครั้งก็ใช้ในการพยากรณ์การผลิตในอนาคตได้

2.5.2 ต้นทุน

ต้นทุนเป็นส่วนหนึ่งของการลงทุน โดยจ่ายเป็นจำนวนเงิน หรือสิ่งแลก เปลี่ยนอย่างอื่นไป เพื่อให้ได้มาซึ่งทรัพย์สินหรือบริการใด ๆ ต้นทุนมีความหมายที่แตกต่างกันไป โดยมีรูปแบบและลักษณะการประเมินต่าง ๆ กันรวมทั้งเวลาที่ต้นทุนนั้นเกี่ยวข้อง การใช้ต้นทุนสำหรับการวิเคราะห์โครงการต่าง ๆ จึงมีความหมายที่แตกต่างกันออกไป

โดยทั่วไปต้นทุนสามารถแบ่งออกเป็นชนิดต่าง ๆ ตามความเหมาะสมในการใช้งานและลักษณะปัญหาที่จะวิเคราะห์

1. ต้นทุนอนาคต (Future cost) ในการตัดสินในเกี่ยวกับอนาคต การประเมินค่า ใช้จ่ายเป็นการประเมินต้นทุนสำหรับอนาคต ต้นทุนที่ประเมินถือเป็นต้นทุนอนาคต

2. ต้นทุนเสียโอกาส (Opportunity cost) การเสียโอกาสหรือเสียผลประโยชน์ที่พึงจะได้ ถือเป็นต้นทุนในลักษณะหนึ่ง ต้นทุนเสียโอกาสจึงเป็นต้นทุนในลักษณะขาดทุนกำไรที่ควรจะได้

3. ต้นทุนจม (Sunk Cost) ต้นทุนที่ได้ชำระไปหมดแล้วถือเป็นต้นทุนจม นับเป็นต้นทุนของอดีตซึ่งจะไม่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจในอนาคต

4. ต้นทุนตามบัญชี (Book cost) ต้นทุนตามบัญชีเป็นเพียงตัวเลขที่บันทึกไว้ เช่น การคิดต้นทุนเครื่องจักรเมื่อหักค่าเสื่อมราคาแล้ว เครื่องจักรนั้นจะมีต้นทุนที่บันทึกเป็นตัวเลข โดยวิธีการของการคิดค่าเสื่อมราคาเป็นต้นทุนตามบัญชีในขณะนั้น

5. ต้นทุนเงินสด (Cash cost) ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่ชำระเป็นเงินสด

6. ต้นทุนการทดแทนทรัพย์สิน (Replacement cost) ทรัพย์สินเมื่อมีอายุการใช้งานมากขึ้นจะมีประสิทธิภาพลดลง ทำให้ค่าใช้จ่ายต่าง ๆที่เกี่ยวข้องสูงขึ้น การทดแทนด้วยเครื่องจักรที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพสูงกว่าจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย ต้นทุนเพื่อการทดแทนทรัพย์สินจะรวมถึงค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่ต้องชำระเพื่อการได้มาซึ่งทรัพย์สินเพื่อการผลิตหรือการบริการซึ่งจะนำมาทดแทนทรัพย์สินที่มีอยู่ เช่นค่าเครื่องจักร ค่าอุปกรณ์ ค่าติดตั้ง คิดรวมกัน

7. ต้นทุนเปลี่ยนย้าย (Postponable cost) ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่สามารถกำหนดลด หรือ เพิ่ม และเปลี่ยนไปตามความจำเป็นในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้ เช่น ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องจักร

8. ต้นทุนแยกได้และต้นทุนร่วม (Tracable and common cost) ต้นทุนที่สามารถจัดสรรและประเมินต้นทุนได้ชัดเจนว่าเป็นต้นทุนของผลิตภัณฑ์หรือต้นทุนการดำเนินการ หรือค่าใช้จ่ายสำหรับการบริการใด ๆ เช่นต้นทุนวัสดุโดยตรง หรือค่าแรงงานโดยตรง จะสามารถจัดสรรและประเมินได้ง่าย

9. ต้นทุนควบคุมได้และต้นทุนลดได้ (Controllable and reducible cost) ต้นทุนที่สามารถควบคุมค่าใช้จ่ายในการผลิต หรือการให้บริการได้

10. ต้นทุนโดยตรงและต้นทุนทางอ้อม (Direct and indirect cost) ต้นทุนโดยตรงคือค่าใช้จ่ายที่คิดโดยตรงกับทรัพย์สิน หรือผลิตภัณฑ์ เช่น ค่าแรง ค่าวัสดุ จ่ายเป็นจำนวนเงินหรือสิ่งทดแทนอื่นโดยตรงตามจำนวนการผลิตที่เกิดขึ้น ส่วนต้นทุนทางอ้อม เป็นต้นทุนที่อยู่ในลักษณะร่วมที่ไม่สามารถแยกแสดงเป็นรายการของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายบริหาร (จัดว่าเป็นต้นทุนที่ช่วยให้เกิดการผลิต)

11. ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) ต้นทุนที่คิดสำหรับทรัพย์สินที่ให้บริการหรือผลผลิตที่ได้ เป็นต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นแน่นอนในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ต้นทุนประเภทนี้จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนหน่วยที่ให้บริการ หรือที่ผลิตได้ แต่ต้นทุนคงที่ต่อหน่วยจะลดลง ถ้าปริมาณการผลิตหรือขายสูงขึ้น เช่น ต้นทุนเครื่องจักรและตัวอาคาร ค่าเสื่อมราคา ค่าเช่า ค่าเบี้ยประกันภัย เป็นต้น

12. ต้นทุนผันแปร (Variable cost) ต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกิจกรรมที่ทำ โดยแปรผันไปตามจำนวนหน่วยผลิตที่เพิ่มขึ้น ต้นทุนผันแปรรวมจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการผลิตหรือขาย แต่ต้นทุนผันแปรต่อหน่วยจะคงที่เช่น ค่าวัสดุ ค่าคอมมิชชั่น ต้นทุนนี้เป็นต้นทุนที่สามารถควบคุมได้

13. ต้นทุนกึ่งแปรผัน (Semi-fixed cost) ต้นทุนที่ไม่สามารถจัดไว้เป็นประเภทต้นทุนคงที่ หรือต้นทุนแปรผัน ต้นทุนชนิดนี้ค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงจะไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับกิจกรรมการทำงานที่เกิดขึ้น บางส่วนเป็นต้นทุนคงที่ บางส่วนเป็นต้นทุนผันแปร เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าตอบแทนให้กับพนักงานขาย ซึ่งมีทั้งค่านายหน้าและเงินเดือน เป็นต้น

14. ต้นทุนแรกเริ่ม (First cost) ค่าใช้จ่ายที่ใช้สำหรับการลงทุน เช่น ตันทุนของทรัพย์สินต่าง ๆ เพื่อการผลิต หรือการให้บริการบางครั้งเรียก ต้นทุนทุนทรัพย์ (Capital cost)

15. ต้นทุนดำเนินการ (Operating cost) ค่าใช้จ่ายที่ต้องเตรียมไว้เพื่อการดำเนินการทรัพย์สินที่ลงทุนไป เพื่อให้สามารถเกิดผลผลิตหรือบริการได้

16. ต้นทุนเพื่อการตัดสินใจ (Decision making cost) เป็นต้นทุนในอนาคต ซึ่งใช้กำหนดแนวปฏิบัติสำหรับอนาคตภายใต้เงื่อนไขหรือขอบข่ายที่ตั้งขึ้น

สำหรับต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน คือ ต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน การจัดแบ่งชนิดของต้นทุนไม่ถูกต้องจะทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อน และการตัดสินใจอื่น ๆ ผิดพลาดไปด้วย

2.5.3 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของต้นทุน

1. การผันแปรต้นทุนกับปริมาณการผลิต ต้นทุนบางชนิดจะแปรผันตามปริมาณการผลิต ปกติปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นหมายถึงวัสดุและแรงงานที่เพิ่มขึ้น แต่บางครั้งต้นทุนไม่จำเป็นต้องสูงขึ้นตามสัดส่วนของการผลิตที่เพิ่มขึ้น

2. ลักษณะการใช้จ่ายของต้นทุน ต้นทุนมีลักษณะการใช้จ่าย บางอย่างจะแปรผันไปตามปริมาณการผลิต เช่นค่าแรงที่จ่ายเป็นรายชิ้น ค่าวัสดุต่อหน่วย แต่บางอย่างมีลักษณะการจ่ายที่ไม่ได้แปรผันตามการผลิต เช่น ภาษี

3. การกำหนดปริมาณการผลิตเต็มตามสมรรถภาพการกำหนดแบบนี้จะกำหนดโดยอาศัยแรงงาน มีผลทำให้ต้นทุนมีพฤติกรรมเป็นต้นทุนแปรผัน แต่ถ้าอาศัยเครื่องจักรมีผลทำให้เป็นต้นทุนคงที่

4. นโยบายของฝ่ายบริหาร การตัดสินใจของฝ่ายบริหารในการกำหนดลักษณะการใช้จ่ายของต้นทุนมีผลต่อการแสดงพฤติกรรมของต้นทุน เช่น การกำหนดจ่ายค่าแรงเป็นรายเดือน

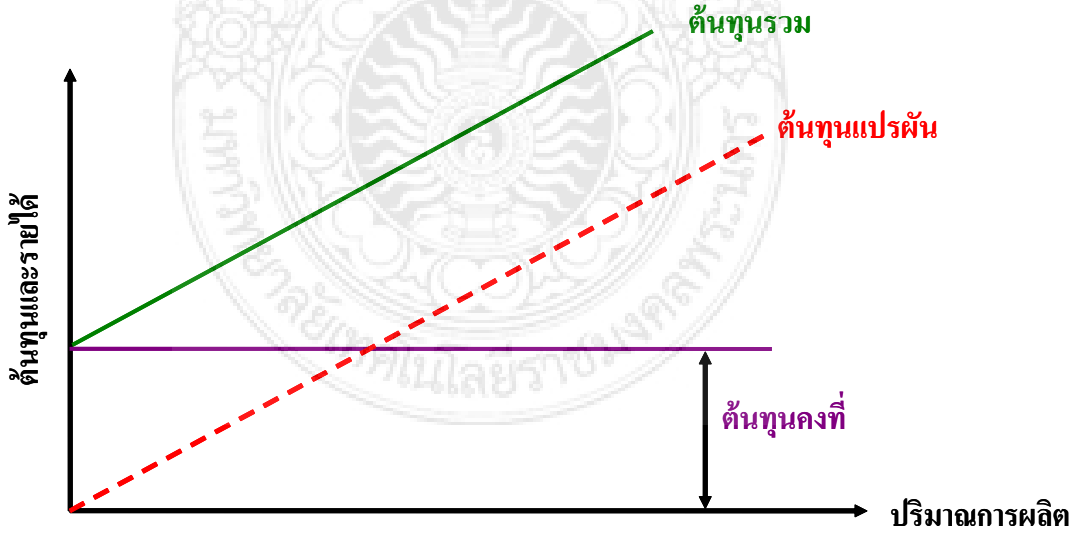
หรือรายชิ้น ค่าใช้จ่ายสำหรับวิจัย โดยมากจะกำหนดค่าใช้จ่ายเป็นแบบตั้งงบประมาณ ซึ่งมีลักษณะเป็นต้นทุนชนิดคงที่

5. การควบคุมรายจ่าย การกำหนดวิธีการควบคุมรายจ่ายมีผลต่อพฤติกรรมของต้นทุนด้วย เช่น การควบคุมค้นทุนแรงงานโดยวิธีการควบคุมรายจ่าย จะมีผลทำให้ต้นทุนมีลักษณะเป็นตันทุนคงที่หรือต้นทุนแปรผันได้

6. การเปลี่ยนแปลงต้นทุนของผลิตภัณฑ์ การเปลี่ยนแปลงต้นทุนเป็นสาเหตุการตัดสินใจของฝ่ายบริหารในการกำหนดพฤติกรรมของต้นทุน เช่น ค่าแรงที่สูงขึ้นเป็นสาเหตุให้มีการติดตั้งเครื่องจักรอัตโนมัติแทนการใช้แรงงาน

2.5.4 แผนภูมิของจุดคุ้มทุน (Break-even chart)

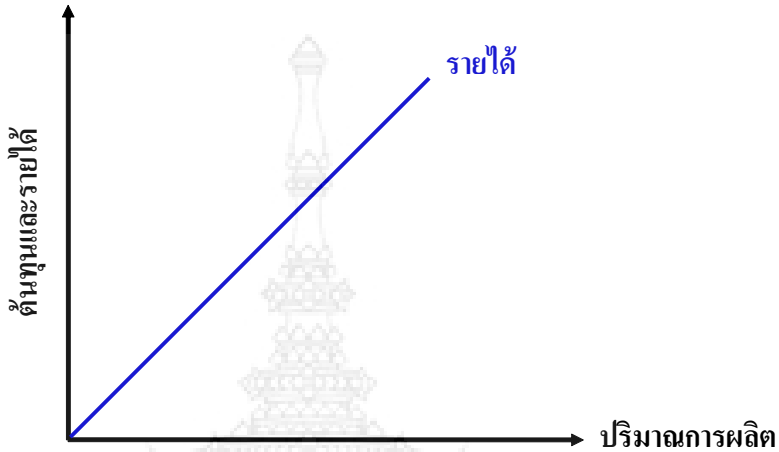
ในการเขียนแผนภูมิของจุดคุ้มทุน จะใช้ระนาบที่ประกอบด้วยแกนในแนวนอนแทนปริมาณการผลิต และแกนในแนวตั้งแทนค่าใช้จ่ายและรายได้ จำนวนที่เป็นค่าใช้จ่ายสามารถแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนคงที่กับส่วนที่เป็นต้นทุนแปรผัน ตัวอย่างส่วนที่เป็นต้นทุนคงที่ ได้แก่ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร ค่าดอกเบี้ยของการลงทุน ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่แปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการผลิต หมายความว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายซึ่งยังคงมีอยู่ไม่ว่าจะผลิตมากน้อยเพียงใด โดยมากจะเขียนเป็นเส้นตรงในแนวนอนเหนือแกนนอนขึ้นมาตามจำนวนเงินต้นทุนคงที่ ส่วนค่าใช้จ่ายแปรผันได้แก่พวกค่าแรงงานโดยตรงและค่าวัสดุโดยตรง ซึ่งจะแปรผันเป็นสัดส่วนโดยตรงตามปริมาณการผลิตและจะเขียนเส้นตรงมีแนวสูงขึ้นตามปริมาณที่มากขึ้นในแนวนอน ดังแสดงในภาพที่ 2.19



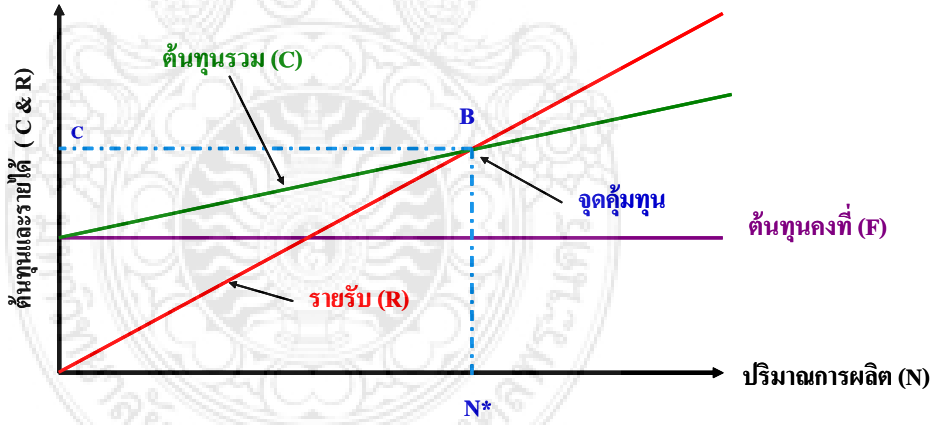
ภาพที่ 2.20 แผนภูมิแสดงต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน

ส่วนเส้นรายได้จะแปรผันตามสัดส่วนกับปริมาณการขาย โดยจะเขียนเป็นเส้นตรงมีแนวสูงขึ้นตามปริมาณการผลิตที่มากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2.21 เมื่อจัดเส้นทั้งสองชนิดเข้าในแผนภูมิ

เดียวกันจะเกิดจุดคุ้มทุนตรง จุดตัดระหว่างเส้นตรงของรายได้และเส้นตรงของค่าใช้จ่ายรวม ดังแสดงในภาพที่ 2.22 แผนภูมิของจุดคุ้มทุนแสดงเส้นตัดของรายได้และต้นทุนซึ่งสามารถอ่านค่า N* เป็นปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุนโดยมีสมการค่าใช้จ่ายและรายรับดังนี้



ภาพที่ 2.21 แผนภูมิแสดงรายรับ



ภาพที่ 2.22 แผนภูมิของจุดคุ้มทุน

จุด B เป็นจุดคุ้มทุนที่ต้องผลิตปริมาณ N* หน่วย ต้นทุนรวม C บาท ซึ่งเกิดจากเส้นของรายได้ตัดกับเส้นของต้นทุนรวม และบริเวณที่อยู่ระหว่างเส้นรายได้กับเส้นต้นทุนนั้น ถ้าด้านบนเป็นกำไร ด้านล่างเป็นการขาดทุน

$$C = F + (N^* \times V) \quad \text{---------- 2.8}$$

โดยที่ F คือต้นทุนคงที่

V คือต้นทุนแปรผันต่อหน่วย

$$R = (N^* \times p) \qquad \text{---------- 2.9}$$

ณ จุดคุ้มทุน R เท่ากับ C

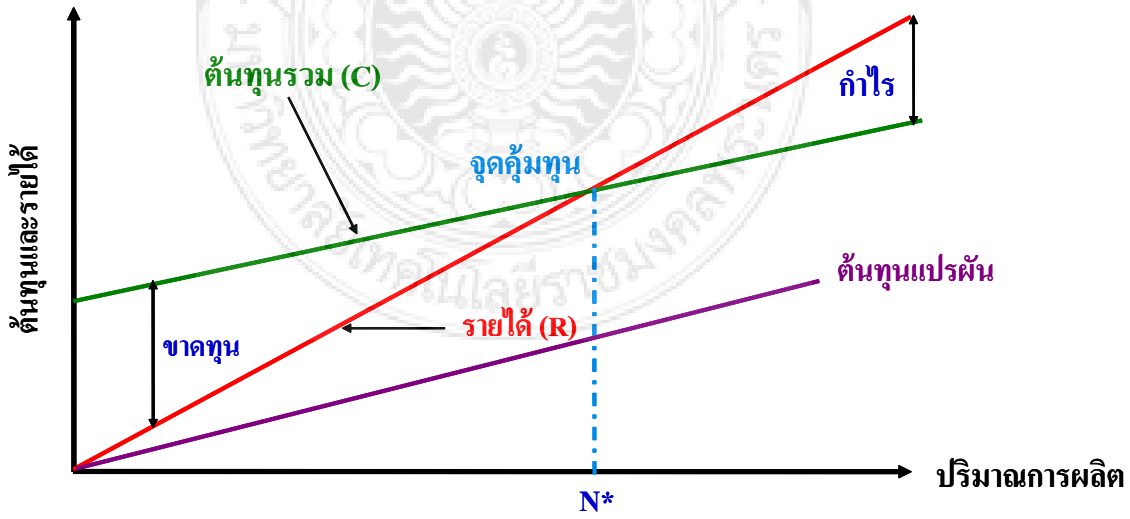
$$(N^* \times p) = F + (N^* \times V)$$
$$N^* = F$$

ปริมาณ N* แสดงระดับปริมาณ ณ จุดคุ้มทุนซึ่งแทนความหมายได้ดังนี้

1. จำนวนหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตหรือขาย
2. ปริมาณการขายที่คิดเป็นจำนวนเงิน
3. ปริมาณเป็นอัตราร้อยละของการผลิตเต็มตามสมรรถภาพ

ค่า p-V เรียกว่าส่วนผลให้ต่อหน่วย (Marginal Contribution) เป็นผลต่างของราคาผลิตภัณฑ์และต้นทุนแปรผันต่อหน่วย ส่วนปริมาณการผลิตที่มากกว่า N* จะแสดงในแผนภูมิซึ่งมีค่า R มากกว่า C แสดงว่าเป็นส่วนซึ่งกำไร และส่วนปริมาณการผลิตที่น้อยกว่า N* จะแสดงการขาดทุนเพราะ R น้อยกว่า C

ภาพที่ 2.23 เป็นแผนภูมิแสดงส่วนผลให้ (Contribution) = (p-V) N คือ พื้นที่ใต้เส้นรายได้ (p. N) ลบด้วยพื้นที่ใต้เส้นต้นทุนแปรผัน (N.V) ซึ่งมีค่ามากขึ้น เมื่อปริมาณการผลิตสูงขึ้น



ภาพที่ 2.23 แผนภูมิแสดงส่วนผลให้

การสร้างแผนภูมิแสดงจุดคุ้มทุนทำให้สามารถวิเคราะห์ผลที่ได้จากการคำนวณ โดยเกิดประโยชน์ต่าง ๆ เช่น

- ช่วยให้สามารถกำหนดเงื่อนไขในการควบคุมค่าใช้จ่าย
- ช่วยให้สามารถลดค่าใช้จ่ายบางอย่างได้ เช่น สามารถพิจารณาลดค่าใช้จ่ายจากส่วนของค่าใช้จ่ายคงที่หรือจากส่วนของค่าใช้จ่ายแปรผัน
- ช่วยให้สามารถกำหนดจำนวนขายหรือราคาที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลตามเป้าหมาย
- ช่วยให้สามารถวางแผนการผลิตได้อย่างเหมาะสม
- ช่วยให้สามารถตัดสินใจได้อย่างถูกต้องยิ่งขึ้น

2.5.5 ข้อที่ควรพิจารณาในการใช้จุดคุ้มทุน

ในการนำเอาจุดคุ้มทุนไปใช้ในการวิเคราะห์ตัดสินใจโครงการต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

1. ต้นทุนของผลิตภัณฑ์จะต้องแยกเป็น ต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันได้ชัดเจน และต้นทุนคงที่จะต้องคงที่เท่ากันตลอด ไม่ว่าจะผลิตมากหรือน้อย
2. ปริมาณการผลิต และปริมาณการขายสมมติว่าเท่ากันไม่มีการเก็บไว้
3. ข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ การประเมินต้นทุนต่าง ๆ จะต้องถูกต้อง
4. เหมาะสำหรับโครงการที่มีอายุสั้น เพราะถ้าระยะเวลานานจะเกิดความไม่แน่นอนเกิดขึ้น
5. การพิจารณาตัดสินใจเลือกโครงการ จะมองแค่จุดคุ้มทุนอย่างเดียวคงไม่ได้ จะต้องไปดูสิ่งอื่นที่เป็นปัจจัยต่อการตัดสินใจประกอบด้วย

2.5.6 ข้อควรระวังเกี่ยวกับการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนมีสมมุติฐานและข้อจำกัดดังกล่าวมา จึงมีข้อควรระวังในการใช้งานโดยสรุปดังนี้

1. การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน จะใช้ได้เป็นประโยชน์ก็ต่อเมื่อรายละเอียดของต้นทุนถูกต้องตามระบบบัญชีและสามารถแยกพฤติกรรมของต้นทุนเป็นต้นทุนคงที่และเป็นต้นทุนแปรผันได้อย่างแม่นยำ
2. ราคาของผลิตภัณฑ์กำหนดด้วยองค์กรประกอบหลายๆ ประการ การกำหนดให้ราคาคงที่จะถูกต้องเฉพาะช่วงระยะเวลาที่เงื่อนไขต่าง ๆ ไม่เปลี่ยนแปลงถ้าราคาผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปจะมีผลทำให้การวิเคราะห์และควรใช้งานผิดพลาดได้
3. การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน เป็นวิธีการที่เป็นประโยชน์เฉพาะในระยะเวลาช่วงสั้นๆ ซึ่งมีเงื่อนไขเดียวกันการใช้การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนอันเดียวกัน สำหรับการตัดสินใจในช่วงเวลาที่ต่างกันจะไม่เกิดประโยชน์เท่าที่ควร จึงจำเป็นต้องพิจารณาเงื่อนไขก่อนที่จะใช้งาน
4. การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเพียงอย่างเดียวจะใช้เป็นส่วนประกอบช่วยการตัดสินใจในการวางแผนและควบคุมได้ไม่สมบูรณ์นัก เพราะว่าจะมีองค์ประกอบหลายๆ ประการที่อิทธิพลต่อการตัดสินใจ จึงจำเป็นต้องพิจารณารายละเอียดอื่น ๆ ประกอบกับการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนในการตัดสินใจใด ๆ

2.6 การวิเคราะห์อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน

โครงการที่เป็นสาธารณประโยชน์ เช่น โครงการของภาครัฐบาล มักถือว่าเป็นโครงการที่ไร้ผลกำไร หรืออีกนัยหนึ่ง คือ ผลตอบแทนของโครงการไม่สามารถคิดเทียบเป็นจำนวนเงินได้โดยตรงเหมือนผลกำไรที่ได้จากการค้า เช่น การสร้างเขื่อนเก็บน้ำเพื่อป้องกันน้ำท่วมทำให้สามารถลดปริมาณของความเสียหายที่เกิดขึ้นในทุก ๆ ปีได้ โดยจำนวนความเสียหายที่ลดลงมิได้เป็นจำนวนเงินตอบแทนแก่รัฐบาลซึ่งเป็นผู้ลงทุนสร้างเขื่อน แต่ผลตอบแทนที่ได้เป็นผลประโยชน์โดยเฉลี่ยที่ตกอยู่กับประชากรที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่เคยได้รับภัยจากน้ำท่วม ซึ่งผลประโยชน์ดังกล่าวสามารถวัดเปรียบเทียบด้วยอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุน (Benefit-cost Ratio) โดยผู้วิเคราะห์ต้องพยายามแปลงส่วนที่เป็นผลประโยชน์ต่อสาธารณชนให้ออกมาเป็นมูลค่าของเงิน

การวิเคราะห์อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน คือ การการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในโครงการ

2.6.1 การพิจารณาโครงการเดี่ยวโดยใช้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน

การวิเคราะห์อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนสำหรับ 1 โครงการ (Benefit-cost ratio for single project) มีขั้นตอนต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

1. คำนวณค่าผลประโยชน์ เสียประโยชน์ และเงินลงทุนให้อยู่ในรูปมูลค่าเทียบเท่าปีปัจจุบัน (Present-worth) หรือ มูลค่าเทียบเท่ารายปี (Annual-worth)

2. คำนวณหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน จากสมการ

$$B/C = \frac{B - D}{C} \qquad \text{---------- 2.10}$$

โดยที่ B (Benefit) คือ ผลประโยชน์ (ส่วนที่เป็นประโยชน์แก่เจ้าของ)
D (Debenefit) คือ เสียประโยชน์ (ส่วนที่เจ้าของเสียประโยชน์)
C (Cost) คือ ต้นทุน (ค่าการลงทุน เช่น ค่าก่อสร้าง ค่าใช้จ่าย)

3. วิเคราะห์ผลโดยโครงการจะได้รับการพิจารณาอนุมัติเมื่อ B/C มีค่ามากกว่า 1.0

2.6.2 การพิจารณาหลายโครงการโดยใช้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน

ในการเปรียบเทียบโครงการหลายๆ โครงการ (Benefit-cost ratio for multiple projects) ด้วยวิธีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน ต้องพิจารณาเปรียบเทียบกับส่วนเพิ่มของการลงทุน ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คำนวณต้นทุนรวม (Net C) และผลประโยชน์รวม (Net B-D) ของแต่ละโครงการโดยคำนวณให้อยู่ในรูปของมูลค่าเทียบเท่าปีปัจจุบัน (PW) หรือมูลค่าเทียบเท่ารายปี (AW)

2. จัดเรียงโครงการ/ทางเลือกโดยเรียงลำดับจากผลรวมเงินลงทุนจากน้อยไปหามาก

3. หาค่า B/C ของแต่ละโครงการ ถ้าโครงการไหนมีค่า B/C น้อยกว่า 1.0 ให้ตัดทิ้ง

4. ให้โครงการแรก (ที่เหลือจากข้อ 3.) ตัวหลัก (defender)

5. เลือกโครงการถัดไปมาในการพิจารณา (challenger)

6. หา ΔC โดย $\Delta C = C_{challenger} - Cd_{efender}$

7. หา ΔB โดย $\Delta B = B_{challenger} - B_{defender}$

8. นำผลจากข้อ 6-7 คำนวณหา $\Delta B/C$ โดย $\Delta B/C = \Delta B / \Delta C$

9. ถ้าค่า $\Delta B/C > 1.0$ แสดงว่าโครงการตั้งต้นที่นำมาพิจารณา มีความเหมาะสมน้อยกว่าโครงการที่นำมาเปรียบเทียบ แต่ถ้า $\Delta B/C < 1.0$ แสดงว่าโครงการตั้งต้นมีความเหมาะสมกว่าโครงการที่นำมาเปรียบเทียบ

10. ทำการเปรียบเทียบไปเรื่อย ๆ จนครบหมดทุกโครงการ จนได้โครงการที่เหมาะสมที่สุด

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เริงศักดิ์ มานะสุนทร และคณะ (2551) ได้ผลิตเครื่องย้อมกกอัตโนมัติ (ระบบต่อเนื่อง) ลักษณะตัวเครื่องเป็นเครื่องย้อมอัตโนมัติมีฝาปิด สามารถควบคุมคุณภาพและความสม่ำเสมอของสีย้อมได้เป็นอย่างดี (Repeatability) ประหยัดเวลา ค่าแรงงาน ขั้นตอนการย้อม สามารถเพิ่มกำลังการผลิตต่อครั้งจาก 1 กิโลกรัม เป็น 10 กิโลกรัม เพื่อเพิ่มจำนวนผลิตภัณฑ์ของกลุ่มทอเสื่อกก ลดความสูญเสียเนื่องจากการเกิดเชื้อราบนเส้นกก และผลิตภัณฑ์ที่ได้ และลดค่าใช้ จ่ายในการแก้ปัญหาการทิ้งน้ำเสียลงแหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรง

กาญจนา ลือพงษ์และคณะ (2557) พัฒนาหม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการสกัดสีและย้อมสีธรรมชาติ หม้อนึ่งแรงดันสูงจัดสร้างขึ้นโดยใช้สแตนเลสสตีลเป็นวัสดุหลักในการจัดสร้าง ซึ่งวัสดุประเภทนี้มีความคงทนถาวร สามารถต้านทานการใช้สารเคมีในกระบวนการได้อย่างดี ผลสัมฤทธิ์จะแสดงผลในรูปข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการเดิมและการใช้หม้อนึ่งแรงดันสูงในด้านประสิทธิ ภาพของการสกัดสี ค่าความเข้มของสี (K/S) เวลาเทียบเท่า การประหยัดเวลาและปริมาณแก๊สในกระบวนการ ผลการศึกษาที่ได้จากการวิจัยนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยี บ้านยางน้ำกลัดใต้ จังหวัดเพชรบุรี

เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์ และ อรอุษา สรวารี (เสาวรจน์, 2532) การเสริมแรงยางธรรมชาติด้วยเส้นใยผักตบชวา กระทำโดยการบดผสมยางธรรมชาติ (ทีทีอาร์ 20) ให้เข้ากับเส้นใยผักตบชวาซึ่งผ่านการบดละเอียดแล้ว พร้อมกับสารเคมีต่าง ๆ ที่จำเป็นในการทำสารประกอบยาง โดยทำการศึกษาอิทธิพลของปริมาณ (5 และ 10 phr) และขนาดของเส้นใยผักตบชวา (ละเอียด ปานกลาง และหยาบ) ต่อสมบัติเชิงกล พบว่าความแข็งของชิ้นงานที่ใส่เส้นใย จะสูงกว่าชิ้นงานที่ไม่ได้ใส่เส้นใยผักตบชวา ซึ่งความแข็งจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณและขนาดของเส้นใยเพิ่มขึ้น แต่ค่าความต้านทานต่อแรงดึงจะต่ำลงเมื่อปริมาณและขนาดของเส้นใยเพิ่มขึ้น สำหรับค่า โมดูลัส (500) จะสูงขึ้น เมื่อปริมาณและขนาดของเส้นใยเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความต้านทานต่อการสึกหรอของชิ้นงานนั้นจะต่ำกว่า

ชิ้นงานที่ไม่ได้ใส่เส้นใยผักตบชวา ยิ่งปริมาณและขนาดของเส้นใยเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานต่อการสึกหรอจะ น้อยลง การใช้สารเชื่อมประสารเพื่อเพิ่มแรงยึดเกาะระหว่างเส้นใยกับยางธรรมชาติจะช่วยเพิ่มสมบัติเชิงกลต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น

โรงเรียนสุราษฎร์พิทยา อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี (พ.ศ.2533) ได้ศึกษาโครงงานเพื่อต้องการคัดเลือกเยื่อในการทำกระดาษจากผลของตาลโตนดของมะพร้าว และหมาก พบว่าวิธีทางกล-เคมี คือการนำวิธีเคมีและวิธีกลใช้ร่วมกันผลปรากฏว่าเยื่อตาลโตนดจะมีเส้นใยแยกออกจากกัน และมีความนิ่มของเส้นใยดีกว่าเยื่อมะพร้าวและหมากเมื่อนำเอาเยื่อตาลโตนดทั้ง 3 ระยะ (อ่อน, แก่, สุก) มาทดสอบด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และกำหนดเวลา 30 นาที เท่ากัน จากผลการทดลองพบว่า ตาลโตนดแก่จะได้เยื่อที่มีความนิ่มและแตกเป็นเส้นเล็ก ๆ เหมาะสมต่อการนำมาทำกระดาษ เมื่อนำเปลือกของตาลแก่ไปต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์, น้ำขี้เถ้า พบว่าการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะได้เยื่อที่เหมาะสมต่อการทำกระดาษมากที่สุด หลังจากทดสอบความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน (2, 4, 6, 8, และ 10 เปอร์เซ็นต์) ในเวลา 30 นาที จากการทดลองพบว่าใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการแยกเส้นใยได้ดีที่สุดในเวลาเท่ากันอีก 3 ครั้ง จากการศึกษาพบว่าการผลิตกระดาษจะต้องมีทั้งวิธีทางกลและวิธีทางเคมี ภายใต้เวลาที่เหมาะสมและความเข้มข้นของสารเคมีพอเหมาะจึงจะได้กระดาษที่มีประสิทธิภาพ การทดสอบประสิทธิภาพของกระดาษโดยการดูดซับน้ำพบว่าซึมซับน้ำได้ 4 แผ่นจาก 30 แผ่น ทดสอบแรงดึงพบว่าทนทานต่อแรงดึงโดยคิดจากค่าความเค้นดึงได้ 2.7x106 N/m^2 ทดสอบการเรียงตัวของเส้นใยจากกล้องจุลทรรศน์ ลักษณะเนื้อกระดาษมีช่องว่างน้อยระหว่างเส้นใย มีเส้นใยหลายขนาดส่วนมากจะมีขนาดเล็กเรียงสารกันไม่พบแป้ง กระดาษมีคุณสมบัติเป็นกลางทดสอบความทึบแสงของกระดาษโดยใช้หลอดไฟ 12 โวลต์ 25 วัตต์ ว่าแสงสามารถส่งผ่านได้ 32 แผ่น ตาลโตนด 1 ผล สามารถทำเยื่อกระดาษได้ 1,344 ตารางเซนติเมตร โดยใช้เงินทุน 2.64 บาท

โรงเรียนบางระจันวิทยา อำเภอบางระจัน สิงห์บุรี (พ.ศ. 2541) ได้ทำการศึกษาเพื่อที่จะนำเอาขยะที่เป็นกระดาษมารีไซเคิล โดยทำการทดลองใช้ส่วนต่าง ๆ ของกล้วยมาเป็นเยื่อประสาน ชนิดของกระดาษที่จะนำมารีไซเคิล ชนิดของแป้ง ปริมาณแป้งที่ใช้ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณระหว่างเยื่อกระดาษรีไซเคิลกับเยื่อกระดาษจากกล้วย ผลการศึกษาพบว่า เยื่อกระดาษจากกาบกล้วยแห้งทำหน้าที่เป็นเยื่อประสานดีที่สุด และส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตกระดาษคือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.5 mol/dm^3 กระดาษรีไซเคิลจากกระดาษสาผสมเยื่อกล้วยปริมาณ 100 กรัม : 200 กรัม แป้งมัน 10 กรัม

สุนันท์ ลิ้มตระกูล และคณะ (สุนันท์, 2542) ทำการศึกษาการนำวัสดุปอแก้ว ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นเยื่อกระดาษด้วยกระบวนการโซดาและโซดาออกซิเจน ผลผลิตเยื่อที่ได้ของกระบวนการโซดาและโซดาออกซิเจนมีค่าประมาณ 50.6 เปอร์เซ็นต์ และ 48.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบผลตอบแทนระหว่างกระบวนการโซดาและโซดาออกซิเจน พบว่าการผลิตเยื่อกระ ดาษด้วยกระบวนการโซดาให้ผลตอบแทนสูงกว่ากระบวนการโซดาออกซิเจน

ปิยพล นาคเบญจพรและคณะ (ปิยพล, 2543)ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการต้มเยื่อจากเปลือกปอสาด้วยกระบวนการฟอร์มาเซล สารเคมีที่ใช้ในการต้มเยื่อ คือ กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และน้ำในการทดสอบภาวะที่เหมาะสมในการต้มนั้นทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนสารเคมี และระยะเวลาโดยจะทำการต้มที่อุณหภูมิคงที่ 150 องศาเซลเซียส จนได้ภาวะที่ดีที่สุด โดยอัตราส่วนสารเคมีที่ใช้ได้แก่ความเข้มข้นกรดที่ 30 40 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ระยะเวลา 1 1.5 และ 2 ชั่วโมงหลังจากนั้นจะนำเอาเยื่อที่ผ่านการต้มแล้วไปทำการทดสอบทางเคมี ซึ่งค่าที่ดีที่สุดเป็นเยื่อที่ได้จากความเข้มข้นกรด 50 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 1 ชั่วโมง

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตร ศาสตร์ วิทยาเขตจตุจักร กรุงเทพฯ (พ.ศ. 2545) ได้ค้นคว้าเกี่ยวกับสารกระจายเยื่อที่จะช่วยให้เส้นใยกระจายอย่างสม่ำเสมอสารกระจายเยื่อนี้เป็นสิ่งที่มีความสำคัญและมีความจำเป็นมากในการทำแผ่น กระดาษแบบญี่ปุ่น ถ้าขาดสารนี้จะไม่สามารถทำแผ่นได้เลย สารกระจายเยื่อได้มาจากพืชและสารเคมี สารกระจายเยื่อมีคุณสมบัติดังนี้ 1. ช่วยให้เส้นใยกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในอ่างช้อนเยื่อ 2. เพิ่มความแข็งแรงให้กับกระดาษเพราะทำให้เส้นใยมีการเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบในขณะช้อนแผ่น 3. สามารถผลิตกระดาษที่มีความบางมาก ๆ ได้ 4. ทำให้ได้แผ่นกระดาษที่ดีไม่เกิดรอยย่นบนแผ่นกระดาษ เส้นใยจะมีการประสานยึดเกาะกันมากยิ่งขึ้น ปริมาณของสารกระจายเยื่อที่ใช้ในการผลิตกระดาษคือ 5 g/l สารเคมีที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันนี้ มี 2 ชนิดคือ 1. สาร Acramin เป็นสารเคมีที่ใช้เป็นสารกระจายเยื่อที่มีขายอยู่ในปัจจุบัน 2. สาร PEO (Polyethylene oxide หรือ Anionic polyacrylamide) สารกระจายเยื่อได้มาจากพืช 1. สารกระจายเยื่อที่ได้จาก Tororo aoi (กระเจี๊ยบเขียว) ในฝักจะมีมิวซิเลจ หรือสารกระจายเยื่อจำนวนมาก และยังมีอยู่ในรากด้วย การนำสารกระจายเยื่อมาใช้ได้ทั้งฝัก และราก ถ้าเป็นฝักจะมีปัญหาตรงที่จะมีสีเขียวปนมาบ้าง อาจทำให้กระดาษมีสีเขียวอ่อน ๆ ได้ ในส่วนของรากจะไม่เป็นแต่สารจะ มากหรือน้อยก็ขึ้นกับขนาดของราก 2. สารกระจายเยื่อที่ได้จากว่านหางจระเข้ จะใช้ในส่วนที่เป็นเมือกของว่านหางจระเข้

ทรงพล เจริญรักษาและคณะ (ทรงพล, 2546) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการแยกเส้นใยจากหญ้าแฝกซึ่งโครงการนี้ศึกษาต้องการศึกษา 3 วิธี คือ 1. การขูดสด 2. หมักในน้ำในเวลาที่แตกต่างกัน 3. ต้มในโซดาไฟที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เพื่อต้องการหาว่าวิธีใดสามารถแยกเส้นใยหญ้าแฝกออกจากต้นมากที่สุด จากการศึกษาพบว่าวิธีที่สามารถแยกเส้นใยหญ้าแฝกได้ง่ายที่สุดคือ วิธีการที่ต้มด้วยโซดาที่ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลา 2 ชั่วโมงและอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสได้ปริมาณเส้นใยที่มากที่สุดเท่ากับ 1.35 กรัม วิธีการหมักในน้ำ 20 วันได้ประมาณเส้นใยเท่ากับ 0.48 กรัม และวิธีการแยกเส้นใยด้วยวิธีการขูดสดเป็นวิธีที่แยกเส้นใยได้น้อยที่สุดเท่ากับ 0.30 กรัม ลักษณะภาพตัดขวางของเส้นใยหญ้าแฝกจะมีลักษณะกลม ๆ คล้ายเม็ดถั่วมีรูอยู่ตรงกลางและภาพตามยาวเป็นทรงกระบอกกลมมีเส้นตรงกลางสีดำอยู่ภายในเส้นใยลักษณะเส้นใยลักษณะเส้นใยที่ได้มีเส้นใยที่ได้มีเส้นใยหลาย ๆ เส้นเกาะอยู่บนเส้นใย หญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ต้มด้วยโซดาไฟ 0.5% ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 3 ชั่วโมง มีความแข็งแรงมากที่สุดเท่ากับ 5.634 g/den เส้นใยหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่หมักในน้ำ 20 วันนี้มีความยาวมากที่สุดเท่ากับ 21.4 เซนติเมตร ความละเอียดของเส้นใยหญ้าแฝกมีความละเอียดน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยปอ

นิศากร เจริญดี (นิศากร, 2546) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวการผลิตแผ่นไม้อัดจากผักตบชวา เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นไม้อัดจากผักตบชวา และเพื่อศึกษาสมบัติของแผ่นไม้อัดที่ผลิตจากผักตบชวารวมถึงสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล เป็นการเพิ่มมูลค่าของวัชพืชน้ำและลดปริมาณวัชพืชน้ำ ทำการทดลองโดยใช้สารเชื่อมติด คือ กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ 10 เปอร์เซ็นต์ และกาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ 5% พบว่า ผักตบชวาสามารถนำมาอัดเป็นแผ่นชิ้นไม้อัดได้ ซึ่งมีสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน มอก. 876-2532 จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่ามาตรฐาน Z (Z–Score) พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผลิตจากผักตบชวาผสมกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ ความหนาแน่น 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และสารพาราฟินอิมัลชัน 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นไม้แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผลิตจากผักตบชวาที่มีคุณภาพดีที่สุด

ปฏิญญ์ อิ่มกระจ่าง (ปฏิญญ์, 2546) ได้ทำการศึกษาของสมบัติของเส้นใยจากผักตบชวา และสามารถแบ่งการแยกเส้นใยได้ 3 วิธีคือ 1. การหมักที่เวลาต่างกัน 2. การแช่ในน้ำร้อนที่เวลาต่างกัน 3. การต้มด้วยสารละลายโซดาไฟ ที่ความเข้มข้นต่างกันและเวลาต่างกัน จากการทดลองพบว่าวิธีที่สามารถแยกเส้นใยได้ดีที่สุด คือการต้มด้วยสารละลายโซดาไฟ เพราะว่าสามารถที่จะกำจัดสิ่งสกปรกออกจากเส้นใยได้ดีกว่าการแยกเส้นใยชนิดอื่น ๆ จึงทำให้มีสมบัติของเส้นใยดีขึ้น เช่น การดูดซึมความชื้นและการติดสี แต่ก็มีคุณสมบัติของเส้นใยลดลงเมื่อแยกเส้นใยด้วยการต้มด้วยโซดาไฟ คือ ความแข็งแรง ความยาวของเส้นใย เส้นใยจากกากปาล์มน้ำมันจะมีความหยาบมาก ภาพตัดขวางของเส้นใยจะมีลักษณะที่คล้ายกับเส้นใยฝ้าย ภาพตัดตามยาวของเส้นใยจะมีการบิดตัวคล้ายกับริบบิ้น

วิขัณฑ์ อรรณพานุรักษ์ (วิขัณฑ์, 2546) ได้ทำการศึกษาการผลิตเยื่อจากไม้ยูคาลิปตัสโดยใช้กรดอะซิติกกับกรดซัลฟุริกที่ความดันบรรยากาศ จากการศึกษาโดยการวัดขนาดเส้นใย องค์ประกอบทางเคมี และเยื่อเคมีของยูคาลิปตัส จำนวน12 ภาวะโดยการทดลองนำชิ้นไม้มาทำการต้มก่อนที่จุดเดือดด้วยกรดอะซิติก 70, 80 และ 90 เปอร์เซ็นต์ รวม 3 ระดับมีอัตราส่วนของเหลวต่อวัตถุดิบ 3, 5, 7 และ 10 เท่ารวม 4 ระดับเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำการต้มครั้งหลังที่จุดเดือดด้วยกรดอะซิติกและอัตราส่วนเช่นเดียวกัน โดยมีการเติมกรดซัลฟุริก 0, 0.2, 0.3, 0.5 และ 1% รวม 5 ระดับใช้เวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง จะได้มวลยูคาลิปตัสที่มีการต้มครั้งแรกด้วยกรดอะซิติก 90% และอัตราส่วนของเหลวต่อวัตถุดิบ 7 เท่า เป็นเวลา 1 ชั่วโมงแล้วต้มด้วยกรดอะซิติกและอัตราส่วนเช่นเดียวกันโดยมีการเติมกรดซัลฟุริก 0.3% ใช้เวลา 4 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด โดยให้ส่วนที่เป็นเยื่อ 41.63 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่ไม่เป็นเยื่อ 1.91% เมื่อผลิตกระดาษจะให้ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ ความต้านต่อการหักพับ ดัชนีแรงดึง และความต้านแรงฉีกขาด มีค่า 2.28 กิโลปาสคาล.ตารางเมตร ต่อกรัม, 9.11, 43.68 นิวตันเมตรต่อกรัม และ 3.36 มิลลินิวตันตารางเมตรต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งเป็นสมบัติที่ใช้ในการพิมพ์และเขียนได้

ธนธร ทองสัมฤทธิ์และคณะ (ธนธร, 2548) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวการผลิตเยื่อและกระดาษจากต้นธูปฤาษีให้เหมาะสมต่อการผลิตบรรจุภัณฑ์ประเภทเยื่อกระดาษขึ้นรูป เยื่อกระดาษได้จากการต้มใบธูปฤาษีแบบระบบปิดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปรับปรุงสมบัติกระดาษโดยผสมสารเติมเต็ม สารเพิ่มความแข็งแรง และสารต้านการซึมน้ำ จากนั้นตรวจสอบสมบัติกระดาษและทดลองขึ้นรูปเยื่อ โดยเปรียบเทียบกับการใช้เยื่อคราฟท์ที่รีไซเคิลจากกระดาษลูกฟูกร้อยละ 50 และ

100 พบว่าปริมาณโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 10 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งทำให้กระดาษมีความต้านทานแรงดึงขาดและแรงดันทะลุดีที่สุด ปริมาณที่เหมาะสมของสารเติมเต็ม สารเพิ่มความแข็งแรง และสารต้านการซึมน้ำคือร้อยละ 0.1, 0.06 และ 0.15 ของน้ำหนักเยื่อแห้งตามลำดับ ส่วนบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปที่ได้จากการผสมเยื่อธูปฤาษีกับเยื่อกระดาษคราฟท์รีไซเคิลที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 0:1 มีค่าความต้านทานแรงกดประมาณ 127, 294 และ 523 กิโลกรัมแรง ตามลำดับ

สุชปา เนตรประดิษฐ์ และคณะ (สุชปา, 2548) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวการ พัฒนากระดาษใบสับปะรดให้เหมาะสมต่อการพิมพ์บรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ โดยทำการผลิตเยื่อกระดาษด้วยการต้มวัตถุดิบแบบระบบเปิดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ นาน 4 ชั่วโมง และฟอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ นาน 3.5 ชั่วโมง จากนั้นทำการปรับปรุงสมบัติกระดาษใบสับปะรดโดยผสมเยื่อต้นปอสาในอัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแห้ง แล้วผสมสารเติมเต็ม สารเพิ่มความแข็งแรง และสารต้านการซึมน้ำร้อยละ 2, 1.2 และ 2 ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ เมื่อตรวจสอบสมบัติกระดาษ คุณภาพงานพิมพ์ และสมบัติการบรรจุหีบห่อ พบว่ากระดาษใบสับปะรดมีสมบัติทางกายภาพ เชิงกล และทัศนศาสตร์ดีขึ้นเมื่อผสมเยื่อปอสาในปริมาณมากขึ้น แต่ความเรียบและคุณภาพงานพิมพ์ด้อยลง อัตราส่วนของเยื่อใบสับปะรดต่อเยื่อปอสาที่เหมาะสม คือ 70 : 30 ซึ่งทำให้กระดาษเรียบและมีคุณภาพงานพิมพ์ดี

วิขัณฑ์ อรรณพานุรักษ์ และคณะ (วิขัณฑ์, 2552) ได้ทำการศึกษาการผลิตเยื่อคราฟท์จากหญ้าแฝก โดยศึกษาทางด้านสัณฐานเส้นใย องค์ประกอบทางเคมี และภาวะเพื่อการผลิตเยื่อเคมีจากหญ้าแฝกโดยกรรมวิธีคราฟท์ ซึ่งมีภาวะ sulfidity 25 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับ active alkali 9 - 19 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนวัตถุดิบต่อของเหลว 1 : 4 ที่อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการต้มเยื่อ 3 ชั่วโมง ผลปรากฏว่า ภาวะการต้มเยื่อที่เหมาะสม คือ active alkali 12 เปอรเซ็นต์ ให้ผลผลิตเยื่อ 40.79 เปอรเซ็นต์ และค่า kappa number 18.96 สมบัติของเยื่อที่ได้อยู่ในช่วงของเยื่อคราฟท์ทั่วไปที่ใช้ในการผลิตกระดาษห่อของ เยื่อคราฟท์ฟอกขาวจากหญ้าแฝกโดยวิธี P-P มีความขาวที่ 73.92 เปอร์เซ็นต์ ISO และมีสมบัติดีเหมาะสำหรับผลิตกระดาษพิมพ์และเขียน

วิทยา ปั้นสุวรรณ (วิทยา, 2552) ทำการศึกษาการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของพืชที่ไม่ใช่ไม้ จำนวน 10 ชนิด คือ เปลือกในปอสา เปลือกในปอกระเจา เปลือกในปอแก้ว เปลือกในปอคิวบา เปลือกในหม่อน ใบสับปะรด ชานอ้อย ฟางข้าว กาบกล้วย กาบปาล์มน้ำมัน เพื่อหาข้อมูลเบื้องต้นที่เป็นประโยชน์ในการเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษของประเทศไทย โดยวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ปริมาณโฮโลเซลลูโลส ลิกนิน เถ้า สารแทรกที่ละลายได้ในเอทานอลและเบนซินและแอลฟาเซลลูโลส ผลการวิเคราะห์พบว่าเปลือกในของปอทุกชนิด คือ ปอสา ปอแก้ว ปอกระเจา ปอคิวบา เหมาะสมที่จะใช้ทำเยื่อกระดาษ กาบกล้วยไม่เหมาะสม ส่วนเปลือกในของหม่อน ใบสับปะรด กาบปาล์มน้ำมันมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ทำเยื่อกระดาษได้ เพราะมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับชานอ้อยและซังข้าว ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษในปัจจุบัน

วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์ จังหวัดสงขลา (วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์, 2552) ได้ศึกษาสภาวะการแยกเส้นใยและคุณภาพกระดาษจากต้นธูปฤาษี ต้นธูปฤาษีเป็นพืชตระกูลกกเจริญเติบโตตามพื้นที่รกร้างว่างเปล่าและมีหนองน้ำขึ้นแฉะ การนำต้นธูปฤาษีมาใช้เป็นวัสดุทดแทนใน

การผลิตกระดาษ จึงเป็นทางเลือกที่ดี ช่วยลดต้นทุนการผลิตกระดาษ และเป็นการนำวัสดุธรรมชาติมาใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่ายิ่งขึ้น ปัจจุบันข้อมูลการแยกเส้นใยพืชจากต้นธูปฤาษีเพื่อการนำไปใช้ในการผลิตกระดาษยังมีน้อย ดังนั้นผู้ทดลองจึงต้องการศึกษาสภาวะของการแยกเส้นใยจากต้นธูปฤาษี และศึกษาคุณภาพกระดาษจากสภาวะต่าง ๆที่ทดลองโดยประยุกต์กระบวนการกึ่งเคมี และคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมี เพื่อเป็นข้อมูลกระบวนการผลิตกระดาษจากต้นธูปฤาษีที่มีคุณภาพและการนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ต่อไปในเชิงพาณิชย์อีกทั้งเป็นการ อนุรักษ์สิ่งแวดล้อมด้วย

กาญจนา ลือพงษ์ และคณะ (2555) ได้ศึกษาการนำผักตบชวาร่วมกับวัชพืชอื่นๆ ได้แก่ กาบกล้วย ใบอ้อย ผลิตกระดาษเพื่อนำไปใช้ในการทำกระดาษคราฟสำหรับงานบรรจุภัณฑ์ และมีการใช้สารเติมแต่งเช่นน้ำถ่านกัมมันต์ เพิ่มคุณสมบัติด้านความแข็งแรงของกระดาษที่ได้ ผลงานกระดาษที่ได้คุณสมบัติเหมาะสมต่อการนำไปในงานบรรจุภัณฑ์ได้ มีองค์ประกอบดังนี้ ปริมาณเส้นใยผักตบชวา 70 % เส้นใยสับปะรด 10 % เส้นใยกล้วย 20 % เพิ่มคุณสมบัติด้านการกระจายตัวด้วย Acramin 5 g/l เพิ่มความแข็งแรงด้วย น้ำถ่านกัมมันต์ 5%w/v กระดาษที่ได้เทียบเท่าคุณสมบัติของกระดาษคราฟท์ KI คือ ความหนา 0.537 มิลลิเมตร ความต้านทานแรงดันทะลุ 35.4 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ความคงทนต่อการฉีกขาด 356 มิลลินิวตัน น้ำหนัก 185 กรัมต่อตารางเมตร มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานเป็นกล่องสินค้าทั่วไป หรือกล่องสำเร็จรูป

สัมภาษณ์ สุวรรณคีรี และคณะ (2555) ได้ทดลองทำการเตรียมเส้นด้ายจากผักตบชวาเพื่อนำไปใช้ในการผลิตเคหะสิ่งทอจำพวก โคมไฟ ดอกไม้ประดิษฐ์ นอกจากนี้ยังนำเส้นด้ายผักตบทำการทอเป็นผืนผ้าเพื่อตัดประกอบเป็นชุดสำเร็จรูป ผลการศึกษานี้สามารถขยายผลไปยังกลุ่มชาวบ้านและวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดอ่างทองและพื้นที่ใกล้เคียง สร้างรายได้และทำให้ความเป็นอยู่ของกลุ่มชุมชนมีความยั่งยืน

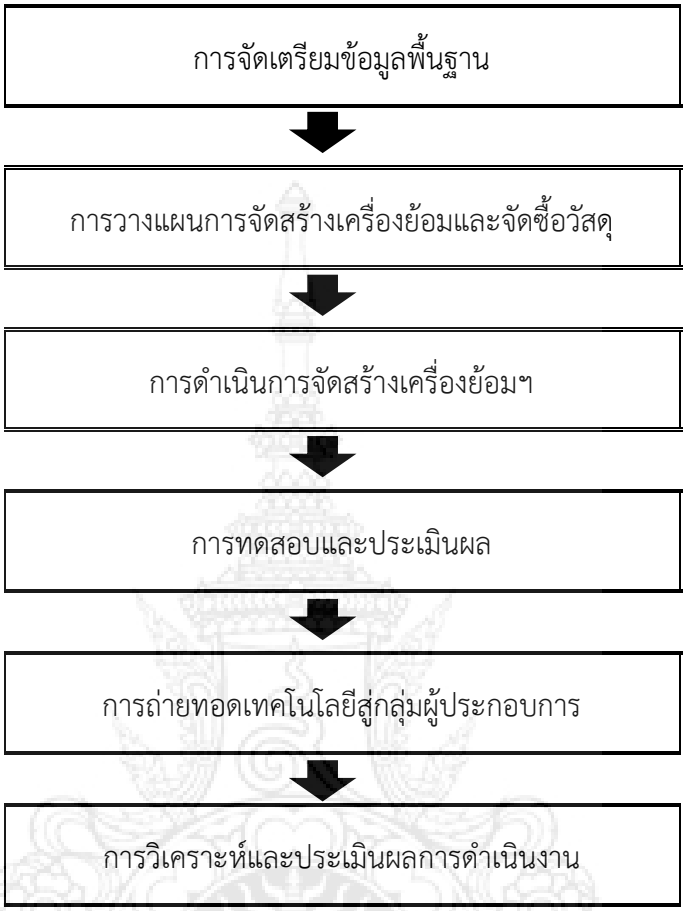
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

โครงการวิจัยการพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมเพื่อพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดสามารถนำไปบูรณาการกับการบริการวิชาการแก่ชุมชนเพื่อสร้างอาชีพเสริม และส่งเสริมการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นได้อีกทางหนึ่ง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. สแตนเลสแผ่น 5’ x 10’ หนา 1 มิลลิเมตร
2. สแตนเลสแผ่น 4’ x 8’ หนา 5 มิลลิเมตร
3. ลวดเชื่อมสแตนเลส
4. เกจวัดแรงดัน
5. เกจวัดอุณหภูมิ
6. แผ่นยางซิลิโคน
7. สกูร น๊อต สแตนเลส ขนาด M8 x 1.25 มิลลิเมตร
8. ใบเจียร
9. แปรงขัดเงา
10. เพลาสแตนเลสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ¼ นิ้ว x 2 เมตร
11. เหล็กไร้สนิมแบบรังผึ้ง 4’x 8’ หนา 1.5 มิลลิเมตร
12. เพลาสแตนเลสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร x 2 เมตร
13. ชุดรองรับเพลาสเตนเลสขนาด ¼ นิ้ว
14. อุปกรณ์ขาตั้งและแก๊ส LPG 1 ชุด
15. สายเทอร์โมคับเบิ้ล 30 เมตร พร้อมชุดหัววัด ชนิด K
16. เครื่องวัดอุณหภูมิ 1 ชุด
17. มอเตอร์ไฟฟ้าแบบมีเกียร์ทด 3 เฟส 3 HP ปรับความเร็วรอบได้ 1 ชุด
18. มอเตอร์กำลังไฟฟ้าสำหรับชุดลูกกลิ้ง 1 ชุด
19. ระบบสายพานและพลูเลย์ 1 ชุด
20. กล่องควบคุมระบบวงจรไฟฟ้า 1 ชุด
21. ก้านผักตบชวาแห้ง
22. เกลียวผักตบชวา
23. สีสังเคราะห์ประเภทสีรีแอคทีฟ
24. โซเดียมคาร์บอเนต
25. โซเดียมซัลเฟต

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการ



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.2.1 การจัดเตรียมข้อมูลพื้นฐาน

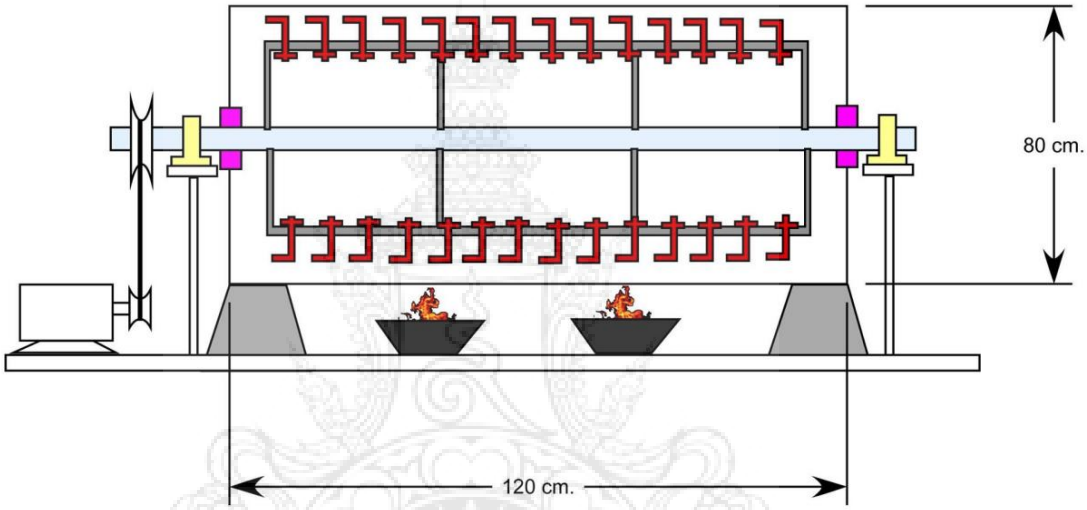
การจัดเตรียมข้อมูลเพื่อการพัฒนาเครื่องย้อมฯ ใช้การลงลงพื้นที่สำรวจดูสภาพพื้นที่จริง กำลังผลิต และปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการดั้งเดิม ซึ่งพบว่าในการผลิตแบบเดิมมีกำลังผลิตต่อครั้ง 1 กิโลกรัม และเกิดปัญหาการหักงอของต้นผักตบชวาแห้ง การขาดและการพันกันของเกลียวผักตบชวาระหว่างการทำงาน สีที่ได้ไม่สม่ำเสมอ เพื่อให้การพัฒนาเครื่องย้อมสามารถตอบสนองความต้องการและการใช้งานจริงของผู้ประกอบการ ในการศึกษาวิจัยนี้จึงวางเป้าหมายในการพัฒนาดังต่อไปนี้

- ปรับปรุงกระบวนการย้อมสีบนวัสดุให้ได้ความสม่ำเสมอ
- เพิ่มตัวเกาะเกี่ยวในเครื่องย้อมสีฯ ที่พัฒนาเพื่อลดการขาดและการพันกันของเส้นด้ายระหว่างการทำงาน
- เพิ่มผลผลิตให้กับกลุ่มผู้ประกอบการ

- ในส่วนการย้อมสีวัสดุประกอบอื่น ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์จากผักตบชวา เช่นตะกร้าสานผักตบชวา เสื่อจากผักตบชวา ได้จัดเตรียมอุปกรณ์เสริมเพื่อการทำงานเฉพาะ

3.2.2 การวางแผนการจัดสร้างเครื่องย้อมและจัดซื้อวัสดุ

ในงานวิจัยนี้จะทำการสร้างเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมและส่วนประกอบที่สำคัญต่าง ๆ เพื่อใช้ให้เหมาะกับงานและสามารถประยุกต์ใช้งานกับเส้นด้ายอื่น ๆ ได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมดังแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ร่างแบบเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริม

1. ตัวถังย้อมทำด้วยสเตนเลสหนา เพื่อให้สามารถรับแรงดันได้อย่างสมบูรณ์ และไม่เกิดปัญหาสนิมเนื่องจากการใช้ถังที่มีปริมาณเหล็กมากนั้นอาจส่งผลเสียต่อการใช้งานในกระบวนการต่อไป

2. ฝาครอบ ทำด้วยสเตนเลสหนาเพื่อให้สามารถรับแรงดันทุกทิศทุกทาง และป้องกันการเกิดสนิมในขณะทำการอบเส้นด้าย และบริเวณด้านบนของฝา จะทำการติดตั้ง เกจวัดแรงดันเพื่อช่วยทราบแรงภายในตัวถังที่ทำการทดลอง และส่วนที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งที่ทำการติดตั้ง คือเกจวัดอุณหภูมิ เพื่อทำให้ทราบอุณหภูมิในขณะเครื่องทำงาน และเกิดการย้อมและติดสีอย่างสมบูรณ์ ดังแสดงในภาพที่ 3.3

ก) เกจวัดแรงดัน ข) เกจวัดอุณหภูมิ

ภาพที่ 3.3 เกจประกอบการใช้งาน

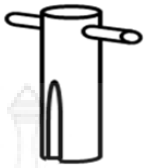
3. ช่องเฉพาะวัดอุณหภูมิ ฝาประกบทำจากสเตนเลส โดยมีส่วนที่ประกบเป็นยางซิลิโคนเพื่อป้องกันการไหลผ่านของความดันและช่วยให้สายวัดอุณหภูมิไม่เกิดช่องว่างขณะทำการวัดความร้อนจากผ้าที่ทำการย้อมอบภายในหม้อนึ่งแรงดันสูง ลักษณะช่องเฉพาะวัดอุณหภูมิ ทำขึ้นมาเฉพาะงานวิจัยนี้เพื่อวัดอุณหภูมิภายในเครื่องย้อม เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญตัวหนึ่งและส่งผลต่อการผนึกสีบนวัสดุ มีส่วนประกอบตามภาพที่ 3.4

ภาพที่ 3.4 ชุดช่องสำหรับใส่สายวัดประกอบติดกับเนื้อผ้า

4. ชุดขันล็อคฝาและหม้อนึ่งแรงดัน ทุกชิ้นส่วนทำจากสเตนเลส เพื่อช่วยในการยึดฝาครอบให้ประกบยึดแน่นกับหม้อย้อม ซึ่งมีแรงดันที่สูงถ้ายึดประกบติดกันไม่แน่นหรือเกิดช่องว่างทำให้แรงดันลดลงการมีชุดล็อคฝาครอบจะเป็นการช่วยให้ความดันภายในหม้อจะได้ตามที่ต้องการ แสดงลักษณะส่วนประกอบที่สำคัญในภาพที่ 3.5

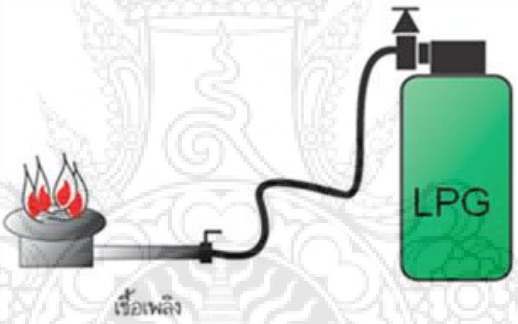
ภาพที่ 3.5 ชุดล็อคฝาครอบและหม้อนึ่งแรงดัน

5. ชุดขันแหวนล็อคฝาครอบทำจากสเตนเลสเพื่อช่วยยึดให้แน่น เนื่องจากการใช้มือในการบิดให้แน่นนั้นยังไม่เพียงพอ จึงต้องใช้อุปกรณ์เสริมที่ออกแบบมาเฉพาะเพื่อให้ง่ายต่อการขันให้แน่นกว่าเดิม ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 3.6 ชุดขันแหวนล็อคฝาครอบ

6. ชุดอุปกรณ์ขาตั้งและแก๊สเชื้อเพลิงประเภทแอลพีจี (LPG) เพื่อช่วยในการต้มน้ำให้เดือดภายในหม้อนึ่งแรงดันสูง และประหยัดการใช้ไฟฟ้ายังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชนบทได้ในอนาคต ดังแสดงในภาพ ที่ 6



ภาพที่ 3.7 ชุดอุปกรณ์และแก๊ส LPG สำหรับการย้อมสีฯ

3.2.3 การดำเนินการจัดสร้างเครื่องย้อมฯ

การดำเนินการจัดทำโครงสร้างเครื่องย้อมฯ ตามมาตรฐานทางวิศวกรรมจากร่างแบบที่จัดเตรียมไว้ก่อนหน้า จากนั้นคำนวณส่วนประกอบทางเชิงกล และทางไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับเครื่องย้อม ได้แก่ความเร็วรอบมอเตอร์ แรงบิด ขนาดของเพลา และอุปกรณ์ทางไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบเครื่องย้อมฯ

3.2.4 การทดสอบและประเมินผล

ในการทดสอบและประเมินผลแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือการทดสอบการทำงานของเครื่อง ณ พื้นที่ทำการวิจัย ในกรณีเกิดข้อผิดพลาดใด ๆ จากการทำงานของเครื่องจะทำการปรับแก้และทดลองใช้งานจนได้ผลการทำงานของเครื่องย้อมฯ สมบูรณ์ จากนั้นจะนำไปติดตั้งและทดลองใช้งานที่กลุ่มผู้ประกอบการอีกครั้ง ก่อนทำการอบรมกลุ่มผู้ประกอบการตามแผนการดำเนินงานที่ตั้งไว้

3.2.5 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มผู้ประกอบการ

การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนจักสานผักตบชวา บ้านคลองนกกระทุง อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ในรูปแบบการอบรมเชิงปฏิบัติการในองค์ความรู้ดังต่อไปนี้

- ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับส่วนประกอบเครื่อง
- การใช้งานเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมจำนวน
- การซ่อมบำรุงเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมจำนวน

3.2.6 การวิเคราะห์และประเมินผลการดำเนินงาน

การวิเคราะห์ประเมินผลการดำเนินงานแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนคือ

1) การวิเคราะห์ผลด้านการใช้งาน ความคุ้มทุนของเครื่องย้อมฯ เมื่อเทียบกับการย้อมวิธีดั้งเดิม การประเมินจุดคุ้มทุน การวิเคราะห์อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน และผลสัมฤทธิ์เปรียบเทียบด้านพลังงานวิเคราะห์ และค่าใช้จ่ายตามหลักเศรษฐศาสตร์

2) ผลความพึงพอใจในการรับการถ่ายทอดความรู้ ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนจักสานผักตบชวา บ้านคลองนกกระทุง อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ในด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ความเหมาะสมของเนื้อหาหลักสูตร ความเหมาะสมของวิทยากร ระยะเวลาการอบรม ช่วงเวลาการอบรม ความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับเวลาและค่าใช้จ่าย ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แบบประเมินความพึงพอใจผู้รับบริการ

รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
การนำความรู้ไปใช้ประโยชน์					
ความเหมาะสมของเนื้อหาหลักสูตร					
ความเหมาะสมของวิทยากร					
ระยะเวลาการอบรม					
ช่วงเวลาการอบรม					
ความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับเวลาและค่าใช้จ่าย					

การวิเคราะห์ผลใช้การรวบรวมเพื่อจัดหมวดหมู่ สังเคราะห์ข้อมูลให้เป็นระบบ ทำให้สะดวกต่อการศึกษาตีความหมายตามแบบการวิเคราะห์เนื้อหา และใช้หลักสถิติ ได้แก่ ร้อยละ

ค่าเฉลี่ย ความเบี่ยงเบนมาตรฐานและการจัดลำดับในการวิเคราะห์ข้อมูลและนำข้อมูลมาวิเคราะห์ข้อมูลในแบบของการพรรณนาวิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์ประเมินระดับคุณภาพของลิเคอร์ท ดังนี้

- ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีในระดับมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีในระดับมาก
- ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีในระดับปานกลาง
- ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีในระดับพอใช้
- ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีในระดับปรับปรุง

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการศึกษาและวิจัยการพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมเพื่อพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม นำเสนอผลด้านการจัดสร้างและพัฒนา การใช้งาน และการประเมินผลด้านเศรษฐศาสตร์และความพึงพอใจขอผู้ประกอบการ มีผลการศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้

4.1 การพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริม

จากการรวบรวมข้อมูลด้านกำลังผลิตของกลุ่มผู้ประกอบการ พบว่ากำลังผลิตเทียบเท่าต่อวันจาก เวลาทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน เวลาการย้อมแบ่งเป็น

1) การย้อมเกลียวผักตบชวา 1 ครั้ง/2 ชั่วโมง และปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการย้อม 1 กิโลกรัม/ครั้ง ปริมาตรน้ำ 25 ลิตร

2) การย้อมต้นผักตบชวาแห้ง 1 ครั้ง/2 ชั่วโมง ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการย้อม 0.5 กิโลกรัม/ครั้ง ปริมาตรน้ำ 50 ลิตร

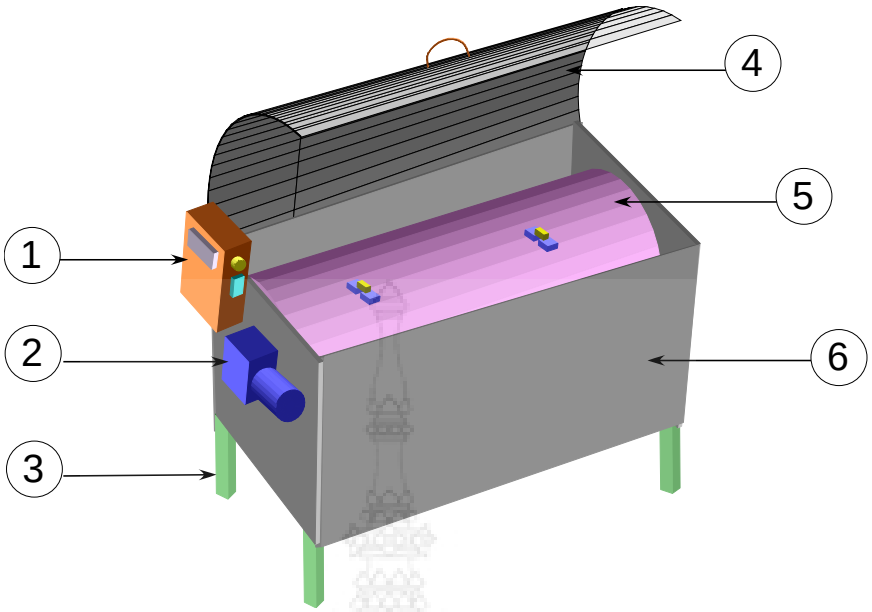
3) ผลผลิตที่ต้องการต่อเดือนอยู่ที่ 50-100 กิโลกรัม สำหรับเกลียวผักตบชวาและห้านผักตบชวา

4.1.1 การออกแบบเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริม

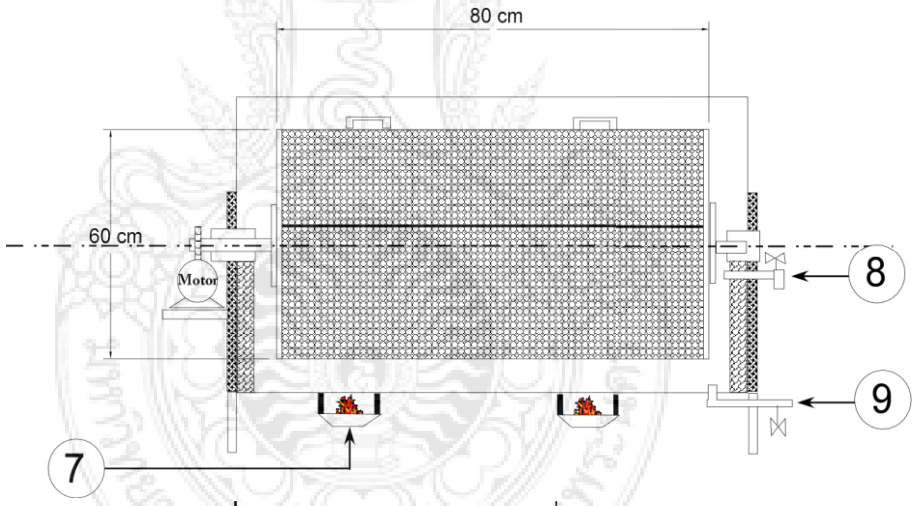
จากการศึกษาลักษณะการทำงานที่และกำลังผลิตของกลุ่มผู้ประกอบการ ทางทีมผู้วิจัยได้ทำการออกแบบเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมแบบอัตโนมัติ ดังแสดงในภาพที่ 4.1

จากภาพที่ 4.1 โครงสร้างภายนอกเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริม มีขนาดความสูง 100 เซนติเมตร ความยาว 130 เซนติเมตร และความกว้าง 90 เซนติเมตร ตามลำดับ สามารถใส่น้ำที่ความสูง 30 เซนติเมตรเพื่อให้เครื่องสามารถทำงานได้ ดังนั้นปริมาตรน้ำสุทธิในการย้อมเป็น 270 ลิตร/ครั้ง ส่วนประกอบที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

- หมายเลข 1 ชุดควบคุมมอเตอร์
- หมายเลข 2 ชุดมอเตอร์พร้อมเกียร์
- หมายเลข 3 ชุดโครงสร้าง
- หมายเลข 4 ฝาปิดถัง
- หมายเลข 5 ถังตะแกรงย้อมสีผักตบ
- หมายเลข 6 ชุดถังฉนวนกันความร้อน



ภาพที่ 4.1 โครงสร้างภายนอกเครื่องย้อมสีฯ



ภาพที่ 4.2 ส่วนประกอบภายในเครื่องย้อมสี

เมื่อพิจารณาส่วนประกอบภายในเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริม โดยมีถังย้อมทำจากแสตนเลสที่มีรูพรุนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร ความยาวถังย้อม 90 เซนติเมตร สามารถใส่เกลียวผักตบชวาแห้งได้ 10 กิโลกรัม/ครั้ง หรือก้านผักตบชวาแห้ง 5 กิโลกรัม (ต้นผักตบชวาจะเกิดการบวมและขยายตัวเมื่อจุ่มแช่ในน้ำ) ตามภาพที่ 4.3 โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญดังต่อไปนี้

- หมายเลข 7 ชุดเตาให้ความร้อน
- หมายเลข 8 วาล์วน้ำเข้า
- หมายเลข 9 วาล์วน้ำทิ้ง

4.1.2 การประกอบและการจัดสร้างเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริม

ในการสร้างประกอบเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมมีขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อให้ได้เครื่องย้อมฯ ที่มีประสิทธิภาพดังต่อไปนี้

1) ขั้นตอนการสรางและประกอบชิ้นสวนตาง ๆของเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริม ตั้งแต่ชุดโครงสราง ชุดถังยอมสีผักตบ ชุดสงกำลัง และชุดให้ความร้อน มีขั้นตอนดังนี้

ภาพที่ 4.3 การประกอบชุดโครงสร้าง

จากภาพที่ 4.3 เป็นการทำโครงสร้างเครื่องย้อมสีฯ จากเหล็กกลองขนาด 1 ½ × 1 ½ นิ้ว ประมาณ 5-6 เสน โดยตัดเหล็กใหไดขนาดความยาว 130 เซนติเมตร จำนวน 4 ทอน นำมาทำเปนเสาหลัก และตัดเพิ่มที่ขนาดความยาว 110 เซนติเมตร จำนวน 4 ทอน เพื่อทำเปนฐานยึดตัวโครง และตัดเพิ่มอีกที่ขนาดความยาว 75 เซนติเมตร จำนวน 4 ทอน เพื่อยึดโครงและยึดส่วนเพลาสำหรับให้ถังตะแกรงยอมสีหมุน

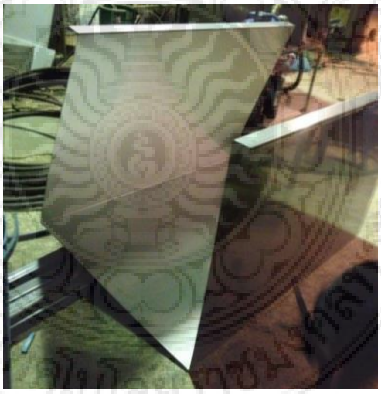
2) ชุดถังย้อมสีโดยนำแผ่นจะแกรงสแตนเลส ความหนา 1 มิลลิเมตร มาม้วนให้ได้ขนาดความกว้าง 80 เซนติเมตร รัศมี 90 เซนติเมตร ตามภาพที่ 4.4

3) ส่วนประกอบสำหรับใส่ถังตะแกรงเครื่องย้อมสีฯ ทำการม่วนเหล็กแผ่นตะแกรงทำมาจากสแตนเลส ขนาดความหนา 1 มิลลิเมตร ยาว 130 เซนติเมตร กว้าง 90 เซนติเมตร และความสูง 100 เซนติเมตร เมื่อทำการม้วนเสร็จเรียบร้อย แล่วเจาะชองฝาเปด - ปดขนาดความกว่าง 14 เซนติเมตร ตามภาพที่ 4.5

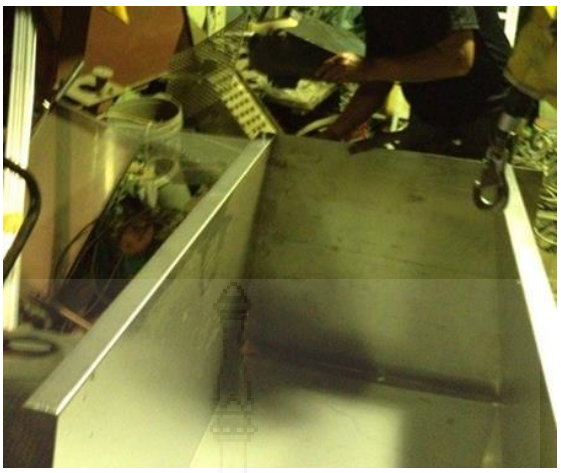
เพื่อนำไปประกอบกับเหล็กโครงสร้างหลักที่ได้กล่าวไปแล้ว ระหว่างตัวถังสแตนเลสจะมีการบุฉนวนกันความร้อนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนออกสู่ภายนอกตามภาพที่ 4.6

ภาพที่ 4.4 ชุดถังตะแกรงใส่วัตถุดิบ

ภาพที่ 4.5 โครงสร้างภายในชุดถังตะแกรงใส่วัตถุดิบ



ภาพที่ 4.6 การขึ้นรูปโครงสร้างภายนอกเครื่องย้อมฯ

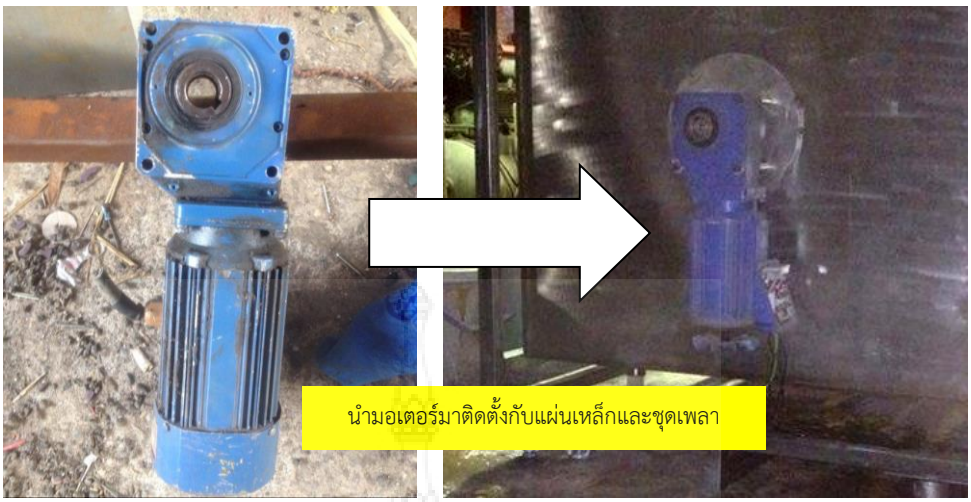


ภาพที่ 4.7 ถังสแตนเลสพร้อมฉนวนความร้อน

4) การประกอบชุดโครงสร้างภายนอกและถังย้อมสี ตามภาพที่ 4.8

ภาพที่ 4.8 การประกอบชุดตะแกรงถังย้อม

5) การประกอบชุดมอเตอร์เกียร์ทดรอบภายในเครื่องย้อมฯ สำหรับการหมุนปรับรอบตามภาพที่ 4.8 เป็นการนำมอเตอร์ชนิดสำเร็จและจากการคำนวณ โดยใช้มอเตอร์ขนาด 200 วัตต์ ขนาด ¼ แรงม้า ภายหลังตรวจสภาพความเรียบร้อย นำมาติดตั้งกับแผ่นเหล็กที่อยู่ภายใน จากนั้นนำมาประกอบกลับเพลาและชุดแผ่นหน้าจานเพื่อให้สามารถรองรับพอดีกับตัวถัง



ภาพที่ 4.9 การติดตั้งมอเตอร์เกียร์ทด

6) การติดตั้งชุดปรับความเร็วมอเตอร์ จากภาพที่ 4.9 เป็นตัวควบคุมความเร็วรอบมอเตอร (Variable Speed Drive: VSD) ใช้สำหรับปรับความเร็วตามรอบตามการคำนวณ

ภาพที่ 4.10 ชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร

4.1.3 การคำนวณเพื่อหาขนาดและคาของอุปกรณส่วนประกอบ

- การหาขนาดมอเตอร เมื่อกำลังของมอเตอร์ = 1 ต่อ 4 แรงม้า โดย 1 แรงม้า =746 วัตต์ P = 200 วัตต์ และ n = 1,450 รอบต่อนาที แรงบิดของมอเตอร์ที่คำนวณได้ คือ

$$P_{motor} = 2\pi TN$$

$$200 = 2\pi(15)T$$

T_{motor} = 2.12 นิวตันต่อมิลลิเมตร

- การหาความเร็วรอบมอเตอร์รอบมอเตอร์ที่ผ่านเกียรทด

N_1 = ความเร็วรอบมอเตอร์/ความเร็วรอบที่ผ่านเกียร์ทด
= 1,450/50
= 29 รอบ/นาที

- การหาแรงบิด

T = F x r
F = แรงที่ได้จากการชั่งน้ำหนักผักตบที่ได้จากการจุ่ม
= 10 กิโลกรัม
= 98.1 นิวตัน
r = รัศมีของมูเล
= 33.58 มิลลิเมตร

แทนคาตามสูตรจะได้ T = 98.1 x 33.58
= 3,294.20 นิวตันตอมิลลิเมตร

- การหาขนาดเพลา เพลาที่ใชทำมาจากสแตนเลส (Stainless) จากตารางที่ 1 (ภาคผนวก) ซึ่งมีคา

$\sigma_y = 110$ เมกะปาสคาส

ความตานแรงเฉือน

$I_y = 0.557 \times \sigma_y$
= 61.27 นิวตันตอตารางเมตร

ความเฉือนออกแบบ

$$\tau = \frac{I_y}{N}$$

$$\tau = \frac{61.27}{4}$$

= 15.31 นิวตันตอตารางเมตร

ความเคนเฉือนสูงสุด

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi D^3}$$

$$15.31 = \frac{16 \times 3294.20}{\pi D^3}$$

$D^3 = 1098$ ตารางมิลลิเมตร

$D = 10.32$ มิลลิเมตร

ในการเลือกใช้งานนั้นได้เลือกใช้เพลาขนาด30 มิลลิเมตร แล้วจะนำมากลึงให้ได้ขนาด 25 มิลลิเมตร ซึ่งทางผู้วิจัยคำนึงถึงเรื่องการสวมเข้ากับชุดแบริ่งด้วย ด้วยเหตุผลนี้จึงได้เลือกใช้งานที่ขนาด 25 มิลลิเมตร

- การหามุมบิดเพลา

$$\theta = \frac{TL}{JG}$$

$$J = \frac{\pi}{32} \times d^4$$

$$J = \frac{\pi}{32} \times 25^4$$

= 38,281 มิลลิเมตร^4

คา G จากตารางที่ 2 ในภาคผนวก 1

$$= \frac{3500 \times 700}{38281 \times (73 \times 10^3)}$$

$= 0.000876$ เรเดียน

$$= \frac{0.000876 \times 360}{\pi}$$

= 0.10 องศา

จากข่อกำหนดการออกแบบเพลานั้นยอมให่เพลานั้นมีมุมบิดไมเกิน 0.3 องศา ต อความยาวเพลา 1 เมตร ซึ่งจากการคำนวณเพลานั้นจะมีมุมบิดที่ 0.10 องศาตอความยาวเพลา 1 เมตร จึงสามารถนำเพลานี้ไปใชงานได้

- การหาขนาดอุปกรณไฟฟา หาขนาดสายไฟฟาใชกับมอเตอร 1 แรงมา 1 เฟส

กำลังมอเตอร = IV cos θ

$$746 = I \times 220 \times 0.86$$

$$I = 3.94 \text{ แอมแปร}$$

หาขนาดเซอรกิจเบรกเกอร (จากตารางที่ 3 ในภาคผนวก 1)

$$= 3.94 \times 1.25$$

$$= 4.925 \text{ แอมแปร}$$

ใชขนาดเบรกเกอรสวิตชขนาด10 แอมแปร และใชสายไฟขนาด 0.5 มิลลิเมตร^2 THW จาก ตารางที่ 4 ในภาคผนวก 1

จากผลการคำนวณประกอบการออกแบบสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ในการสรางเครื่องยอมผักตบกำหนดกำลังวัตต์มอเตอร์ 200 วัตต์ ความเร็วรอบที่เหมาะสมในการหมุน คือ 29 รอบต่อนาที โดยมีเพลาขนาด 25 มิลลิเมตร มุมบิดเพลา 0.1 องศาตอ ความยาวเพลา 1 เมตร

2. เซอรกิตเบรคเกอรขนาด 4.295 แอมแปร เบรกเกอรสวิชขนาด10 แอมแปร ใช สายไฟขนาด 0.5 ตารางมิลลิตเมตร

3. เครื่องนี้ได้ทำการจัดสรางทั้งหมดโดยใชสแตนเลสเพื่อความคงทนตอสารเคมี และความรอนในกระบวนการย้อมสี

4. เครื่องย้อมสีฯ มีลักษณะการทำงานแบบวัสดุเคลื่อนที่ แต่น้ำย้อมอยู่กับที่ ซึ่งเป็น หนึ่งในประเภทของเครื่องย้อมสีที่ใช้ทางสิ่งทอ

4.2 การประเมินผลการใช้งาน

เมื่อได้ทำการออกแบบเครื่องย้อมผักตบเป็นที่เรียบรอย ตามข่อมูลที่ได้จากการ ทดลอง ในขั้นตอนสุดท้ายของการทำงานตองทดลองใชงานเครื่องที่สรางขึ้น โดยจำลองการใชงานจริง ที่กลุ่มผู้ประกอบการดังรายละเอียดตอไปนี้

1. ใช้ก้านผักตบแห้ง และเกลียวผักตบแห้งเป็นตัวแทนการทดสอบการทำงานของ เครื่องย้อมฯ

2. ชั่งน้ำหนักก้านผักตบแห้งปริมาณ 5 กิโลกรัม กำหนดความยาวก้านผักตบไม่เกิน 70 เซนติเมตร

3. บรรจุก้านผักตบแหงลงในถังบรรจุผักตบ ตามภาพที่ 4.10

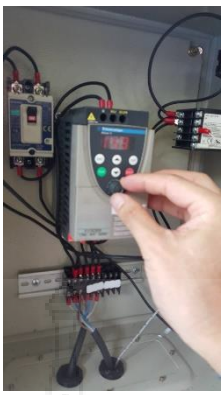
ภาพที่ 4.11 การบรรจุวัสดุที่ต้องการย้อมในตะแกรง

4. เติมน้ำลงถังย่อมความสูง 30 เซนติเมตร คิดเป็นปริมาตรน้ำ 270 ลิตร ตามภาพที่ 4.11

ภาพที่ 4.12 การเติมน้ำลงในเครื่องย้อมสีฯ

5. ติดไฟทั้งสองจุดรอจนน้ำเดือดเติมสีย่อมประเภทสีแอคทีฟ กำหนดความเข้มข้นสี 1% w/v ปริมาณโซเดียมซัลเฟต 20 กรัม/ลิตร และ โซเดียมคาร์บอเนต 20 กรัม/ ลิตร

6. ตั้งอุณหภูมิการย้อม 80^{0}C เวลาการย่อม 30 นาที หลังจากอุณหภูมิภายในเครื่องย้อมเป็นไปตามที่กำหนด จากนั้นกดสวิทช์ให้เครื่องย้อมฯ ทำงานตามที่กำหนด ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.13 การปรับค่าอุณหภูมิ

7. เมื่อครบเวลาที่กำหนด ปิดสวิทช์ให้เครื่องย้อมฯ หยุดการทำงาน

8. นำก้านผักตบชวาแห้งออกจากถังบรรจุแลวลางน้ำสะอาด

9. นำก้านผักตบชวาที่ผ่านการย้อมสีแล้วตากแดดให้แห้ง และตรวจสอบประสิทธิภาพการย้อมสี

10. ทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนเป็นเกลียวผักตบชวา น้ำหนัก 10 กิโลกรัม จากนั้นควบคุมสภาวะการย้อม และ การดำเนินงานตามขั้นตอนด้านบน

11. ประสิทธิภาพการย้อมสีของก้านผักตบชวา และเกลียวผักตบชวาดูจากผลการแทรกซึมของสีเข้าไปยังโครงสร้างภายในเส้นใย การหักงอของก้านผักตบชวา ความสม่ำเสมอของสีบนผิวก้านผักตบชวาและเกลียวผักตบชวา

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานเครื่องย้อมสีฯ เมื่อทำการย้อมก้านผักตบชวาแห้ง และเกลียวผักตบชวาแห้งให้ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานเครื่องย้อมสีฯ

ประเภทวัสดุ	การทำงานเครื่องย้อมฯ	ลักษณะปรากฏผลการติดสี
ก้านผักตบชวาแห้ง	เครื่องย้อมสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ แกนหมุนสามารถหมุนเหวี่ยงให้ก้านผักตบชวาแห้งเคลื่อนที่ได้อย่าสม่ำเสมอ และไม่ปรากฏการหักงอ และการพันกันของก้านผักตบชวาระหว่างการทดลอง	

เกลียวผักตบชวาแห้ง	เครื่องย้อมสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ แกนหมุนสามารถหมุนเหวียงอย่างต่อเนื่อง แต่เกลียวผักตบชวามีการพันกัน จึงมีการปรับแบบเพิ่มเติม 1 ครั้งภายในถังย้อม โดยการเพิ่มแผ่นโลหะบนขอบถังย้อมเพื่อทำหน้าที่เกาะเกี่ยวเกลียวผักตบชวา	

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องย้อมสีฯ ตามตารางที่ 4.X พบว่า เครื่องย้อมสีฯ ที่ทำการพัฒนาสามารถใช้งานในการย้อมสีสำหรับก้านผักตบชวาแห้ง และเกลียวผักตบชวาแห้งได้ดี สีสามารถแทรกซึมเข้าไปภายในโครงสร้างวัสดุได้ อีกทั้งยังสามารถติดสีที่ผิวของเส้นใยได้อย่างดี ลดปัญหาด้านการหักงอของก้านผักตบชวาระหว่างการทำงาน จากผลการดำเนินงานสามารถสรุปลักษณะเครื่องย้อมสีฯ ที่พัฒนาได้ดังนี้

1. อุณหภูมิที่ใช้สำหรับการย้อมสีอยู่ในช่วง 60 – 134 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่เหมาะสำหรับการย้อมสีธรรมชาติ เนื่องจากอุณหภูมิในการย้อมอยู่ที่ไม่เกิน 100°C นอกจากนี้ยังเหมาะสำหรับการใช้ย้อมสีสังเคราะห์เนื่องจากสีสังเคราะห์ที่มีการใช้งานในปัจจุบันมีชาวงการย้อมที่ 60-80°C สำหรับสีย้อมประเภทรีแอคทีฟที่ใช้ในการย้อมสีเส้นใยประเภทเซลลูโลส และเป็นสีที่เลือกใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องในการวิจัยนี้ และ 100°C สำหรับสีย้อมประเภทสีไดเร็กท์ ซึ่งเป็นอีกหนึ่งประเภทสีที่สามารถใช้ในการย่อมเส้นใยเซลลูโลส รวมถึงสีเบสิคซึ่งเป็นสีย้อมที่ใช้กับเส้นใยกก
2. ความแม่นยำของอุณหภูมิเครื่องย้อมสีอยู่ในช่วงไม่เกิน ± 1 องศาเซลเซียส
3. สามารถทนความดันสูงสุดไม่ต่ำกว่า 26 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
4. มีแผ่นกรองสำหรับปล่อยความดัน ป้องกันการปนเปื้อนจากภายนอก
5. พื้นผิวภายในและภายนอกทำมาจากวัสดุที่ทนความร้อนได้สูง
6. มีระบบควบคุมความปลอดภัย (Safety control) เพื่อป้องกันอุณหภูมิและความดันสูงเกินค่าที่ต้องการ

4.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการใช้งาน

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการวิจัยแบ่งออกเป็นสองส่วนสำคัญ คือค่าใช้จ่ายที่เป็นค่าการลงทุนครั้งแรกของระบบถือว่าเป็นต้นทุนคงที่ (Fixed cost) จากการซื้อวัสดุและอุปกรณ์สำหรับการพัฒนาระบบมีค่าเท่ากับ 80,000 บาท (แปดหมื่นบาทถ้วน) และค่าใช้จ่ายแปรผัน (Available cost) จากค่าแรงงานในการทำงาน ค่าน้ำประปา ค่าไฟฟ้าและค่าแก๊สในการทำงานของระบบ ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าการใช้ง่าย ใช้ความต้องการผลิตของกลุ่มผู้ประกอบการใน 1 เดือน คือ เกลียวผักตบชวา 100 กิโลกรัม เป็นมาตรฐานสำหรับการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน ได้ผล

การศึกษาดังรายละเอียดต่อไปนี้

- ค่าแรงงานในการทำงาน คิดในอัตรา 300 บาท/วัน

O ระบบเดิมใช้เวลา 1 ครั้ง/2 ชั่วโมง (รวมกระบวนการย้อมและล้างวัสดุ) ได้ผลผลิต 1 กิโลกรัม ใน 1 วันสามารถทำงานได้ 4 ครั้ง เพื่อให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการต้องใช้เวลาในการทำงาน 25 วัน คิดเป็นค่าแรงการทำงาน 7,500 บาท/เดือน (25 วัน x 300 บาท/วัน)

O ระบบที่พัฒนาใช้เวลา 1 ครั้ง/3 ชั่วโมง (รวมกระบวนการย้อมและล้างวัสดุ) ได้ผลผลิต 10 กิโลกรัม ใน 1 วันสามารถทำงานได้ 2 ครั้ง เพื่อให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการต้องใช้เวลาในการทำงาน 5 วัน คิดเป็นค่าแรงการทำงาน 1,500 บาท/เดือน (5 วัน x 300 บาท/วัน)

จากข้อมูลที่ได้สามารถสรุปได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมานี้ใช้เวลาในการทำงานลดลง 5 เท่า (25/5) และประหยัดค่าแรงงานได้ 6,000 บาท/เดือน (7,500 – 1,500)

- น้ำประปา คิดในอัตรา 10.35 บาท/ลูกบาศก์เมตร

O ระบบเดิมใช้น้ำประปาในการย้อม 25 ลิตรต่อครั้ง เพื่อให้ได้ผลผลิตตามเป้าหมายต้องใช้ปริมาตรน้ำ 2,500 ลิตร (25 ลิตร/ครั้ง x 4 ครั้ง/วัน x 25 วัน) เท่ากับ 25.00 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นค่าน้ำที่ต้องจ่ายต่อเดือน 258.75 บาท (25 ลูกบาศก์เมตร x 10.35 บาท/ลูกบาศก์เมตร)

O เครื่องย้อมฯ ที่พัฒนาใช้น้ำประปา 270 ลิตร/ครั้ง เพื่อให้ได้ผลผลิตตามเป้าหมายต้องใช้ปริมาตรน้ำ 4,050 ลิตร (270 ลิตร/ครั้ง x 3 ครั้ง/วัน x 5 วัน) เท่ากับ 40.50 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นค่าน้ำที่ต้องจ่ายต่อเดือน 419.18 บาท (40.50 ลูกบาศก์เมตร x 10.35 บาท/ลูกบาศก์เมตร)

จากข้อมูลข้างต้นแสดงว่าระบบที่พัฒนาขึ้นใช้ปริมาณน้ำที่มากกว่าเดิมคิดเป็น 1.62 เท่า (4,050/2,500) เท่ากับค่าน้ำที่ต้องจ่ายมากกว่าระบบเดิม 161.05 บาท (419.18 - 258.75)

- ค่าไฟฟ้า คิดในอัตรา 2.5 บาท/หน่วย (รวมค่าบริการรายเดือน)

O ระบบเดิมไม่มีการใช้ไฟฟ้าในการทำงาน ดังนั้นค่าใช้จ่ายส่วนนี้ 0 บาท

O เครื่องย้อมฯ ที่พัฒนาใช้ไฟฟ้าจากมอเตอร์ขนาด 200 วัตต์ ทำงาน 3 รอบใน 1 วัน และทำงานทั้งหมด 5 วัน คิดเป็นค่าไฟฟ้าทั้งสิ้น 6 หน่วย ((200 วัตต์ x 6 ชั่วโมง/วัน x 5 วัน)/1,000) คิดเป็นค่าไฟฟ้าทั้งสิ้น 15 บาท (6 หน่วย x 2.5 บาท/หน่วย)

ส่วนของค่าไฟฟ้าเป็นค่าใช้จ่ายที่ต้องจ่ายเพิ่มเติม เนื่องจากในระบบที่พัฒนามีการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อการหมุนเพลา ดังนั้นค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ต้องจ่ายเพิ่มขึ้นเดือนละ 15 บาท

- ค่าแก๊ส คิดในอัตรา 20.50 บาท/กิโลกรัม

การหาปริมาณแก๊ส LPG ในการต้มน้ำให้ได้อุณหภูมิในการย้อมสีที่มีประสิทธิภาพ คำนวณจากค่าลักษณะเฉพาะตัวของแก๊สคือ ความหนาแน่น 1.898 kg/m^3 ท่อส่งแก๊สขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว ความเร็วแก๊สที่ใช้ 0.15 m/s ตามลำดับ คิดเป็นปริมาณแก๊ส/ชั่วโมง คือ 0.102 กิโลกรัม/ชั่วโมง

ο ระบบเดิมมีการใช้งานครั้งละ 1 หัวเตา ปริมาณแก๊ส LPG ที่ใช้ในการทำงานมีค่าเท่ากับ 418.2 บาท (0.102 กิโลกรัม/ชั่วโมง x 8 ชั่วโมง/วัน X 25 วัน)

ο ใช้งานครั้งละ 2 หัวเตา ปริมาณแก๊ส LPG ที่ใช้ในการทำงานมีค่าเท่ากับ 147.6 บาท (0.102 กิโลกรัม/ชั่วโมง x 6 ชั่วโมง/วัน X 5 วัน x 2 หัวเตา)

ในการพัฒนาระบบพบว่าสามารถประหยัดค่าแก๊สในการทำงานคิดเป็นเงิน 270.60 บาท/เดือน (418.2 - 147.6) หรือ 2.83 เท่า (418.2/147.6)

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายการย้อมสีในระบบเดิมและระบบที่พัฒนาขึ้น

ค่าใช้จ่าย	ระบบเดิม (บาท)	ระบบที่พัฒนาขึ้น (บาท)
ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)		
- ค่าพัฒนาระบบ	-	80,000.00
ต้นทุนแปรผัน (Available cost)		
- ค่าแรงงาน (Man power)	90,000.00	18,000.00
- ค่าน้ำประปา/ปี	3,105.00	5,030.16
- ค่าไฟฟ้า/ปี	0	180.00
- ค่าแก๊ส LPG/ปี	5,018.40	1,771.20
ค่าใช้จ่ายรวมต่อปี (ต้นทุนแปรผัน)	98,123.40	24,981.36
ค่าใช้จ่ายประหยัดได้ต่อปี	-	73,142.04

หมายเหตุ: ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ = ค่าใช้จ่ายรวมระบบเดิม - ค่าใช้จ่ายรวมระบบพัฒนา

จากตารางที่ 4.2 สามารถหาระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period) คือเวลาการจ่ายคืนทุนเป็นการคำนวณหาระยะเวลาที่ทำให้รายจ่ายเท่ากับรายรับ โดยจะต้องแปลงมูลค่าเงินเป็น

มูลค่าปัจจุบันรายปี กล่าวคือในการออกแบบพัฒนาระบบโดยมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมจำนวน 80,000 บาท แต่ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้ปีละ 73,142.04 บาท ดังนั้นระยะเวลาการคืนทุน 1.09 ปี (80,000/73,142.04)

4.4 การประเมินความคุ้มค่าโครงการต่อการลงทุน

ในการประเมินโครงการที่พัฒนาขึ้นใช้การพิจารณาโดยอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit-cost ratio for single project) จากระบบที่พัฒนามีการลงทุน 80,000 บาท คาดว่าจะมีการใช้งานระบบอย่างต่อเนื่องประมาณ 10 ปี ระบบนี้สามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนต่าง ๆ ได้ปีละ 73,142.04 บาท โครงการนี้มีค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ปีละ 24,981.36 บาท ถ้าคิดดอเบี้ยอัตรา (i) 0.25 % ต่อปี ทำการประเมินโครงการได้ดังนี้

B คือ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ปีละ 73,142.04 บาท

C คือ ผลรวมค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในโครงการ แบ่งได้เป็น

C_1 คือ ค่าใช้จ่ายจากระบบที่พัฒนาเมื่อคาดการณ์ว่าจะมีการใช้งานอย่างต่อเนื่อง 10 ปี หาได้จาก 80,000 (A/P, 0.25%, 10) = 80,000 (0.10) = 8,000 บาทต่อปี

C_2 คือค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในแต่ละปีมีค่าเป็น 24,981.36บาท

ดังนั้น B/C ratio = มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน/มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย

= 73,142.04/(8,000+24,981.36)

= 2.22

ในการวิเคราะห์และตัดสินใจในโครงการต่าง ๆ จะใช้มีการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริง รายจ่ายรายปี การหาระยะเวลาคืนทุน ผลตอบแทนการลงทุนรายปี เพื่อประกอบการพิจารณาในการตัดสินใจว่าโครงการที่จัดทำขึ้นมีความคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่ จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้มีค่า B/C ratio เท่ากับ 2.22 แสดงว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมานี้มีความคุ้มค่ากับการลงทุน

4.5 การประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน

ในการวิจัยนี้มีการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานผ่านการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนใช้รูปแบบการอบรมเชิงปฏิบัติการ เพื่อให้ผู้รับการถ่ายทอดสามารถเรียนรู้ และมีพัฒนาการในการนำความรู้ที่ได้รับในการถ่ายทอดไปใช้ประโยชน์ได้ทุกด้าน โดยวิทยาการจากคณะผู้วิจัย สื่อที่ใช้ในการถ่ายทอด ได้แก่ เอกสารประกอบการบรรยาย คู่มือการใช้งานเครื่องย้อมสีฯ หลังจากเสร็จสิ้นการถ่ายทอดเทคโนโลยีทำการการประเมินผลผู้เข้าร่วมอบรมโดยการสอบถาม สังเกตการณ์ปฏิบัติงาน และแบบสำรวจความพึงพอใจในด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ความเหมาะ สมของเนื้อหาหลักสูตร ความเหมาะสมของวิทยากร ระยะเวลาการอบรม ช่วงเวลาการอบรม ความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับเวลาและค่าใช้จ่าย ผลการประเมินเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.3 ร้อยละความพึงพอใจในการรับบริการถ่ายทอดความรู้

ความพึงพอใจ	ร้อยละระดับความพึงพอใจ			ค่าเฉลี่ย	S.D.	ผลการประเมิน
	3	4	5			
การนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	3.00	30.30	66.70	*4.63*	*0.55*	พึงพอใจมากที่สุด
ความเหมาะสมของเนื้อหาหลักสูตร	6.10	48.50	45.50	*4.39*	*0.61*	พึงพอใจมาก
ความเหมาะสมของวิทยากร	0.0	36.40	63.60	*4.64*	*0.49*	พึงพอใจมากที่สุด
ระยะเวลาการอบรม	24.20	51.50	24.20	*4.00*	*0.71*	พึงพอใจมาก
ช่วงเวลาการอบรม	12.10	51.50	36.40	*4.24*	*0.66*	พึงพอใจมาก
ความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับเวลาและค่าใช้จ่าย	6.10	36.40	57.60	*4.52*	*0.62*	พึงพอใจมากที่สุด

ผลการประเมินข้อมูลในการถ่ายทอดความรู้ในด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ความเหมาะสมของเนื้อหาหลักสูตร ความเหมาะสมของวิทยากร ระยะเวลาการอบรม ช่วงเวลาการอบรม และความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับเวลาและค่าใช้จ่าย พบว่าผู้เข้าอบรมมากกว่าร้อยละ 80 มีระดับความพึงพอใจในระดับมาก (ระดับ 4) และระดับมากที่สุด (ระดับ 5) ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจอยู่ระหว่าง 4.00 – 4.63 แสดงว่ามีความพึงพอใจต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีในครั้งนี้ในระดับมากถึงมากที่สุด จากการสอบถามผู้เข้าอบรมเห็นว่าเนื้อหามีความเหมาะสม สามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการสร้างอาชีพ เพิ่มรายได้ มีความคุ้มค่าในการอบรม

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมเพื่อพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม มีจุดมุ่งหมายหลักในการพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมเพื่อแก้ปัญหาการย้อมสีสีไม่สม่ำเสมอ และเกิดการพันกันระหว่างการย้อม ใช้พลังงานมาก ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ การย้อมในสภาวะปกติจะเกิดไอระเหยของสีและสารเคมี ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มหัตถกรรมบ้านคลองนกกระทุง จังหวัดนครปฐมเป็นหลัก ในการดำเนินงานพบว่าเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมสามารถแก้ปัญหาให้แก่กลุ่มผู้ประกอบการได้เป็นอย่างดี สามารถสรุปผลการดำเนินงานวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. เครื่องที่ได้มีขนาดโครงสร้างภายนอกเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริม มีขนาดความสูง 100 เซนติเมตร ความยาว 130 เซนติเมตร และความกว้าง 90 เซนติเมตร ภายในเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริม โดยมีถังย้อมทำจากแสตนเลสที่มีรูพรุนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร ความยาวถังย้อม 90 เซนติเมตร สามารถใส่เกลียวผักตบชวาแห้งได้ 10 กิโลกรัม/ครั้ง หรือก้านผักตบชวาแห้ง 5 กิโลกรัม

2. ค่าใช้จ่ายในการย้อมสีคิดเป็น 24,981.36 บาท/ปี ลดเวลาในการทำงานลดลง 5 เท่า ประหยัดค่าแรงงานได้ 6,000 บาท/เดือน ประหยัดค่าแก๊สในการทำงานได้ 2.83 เท่า คิดเป็นเงิน 270.60 บาท/เดือน แต่มีค่าที่มากกว่าเดิมเป็น 1.62 เท่า คิดเป็นเงิน 161.05 บาท และค่าไฟฟ้าเป็นค่าใช้จ่ายที่ต้องจ่ายเพิ่มเติมเดือนละ 15 บาท

3. จุดคุ้มทุนของการใช้งานคิดเป็น 1.09 ปี

4. ค่า B/C ratio ของโครงการวิจัยคิดเป็น 2.22 แสดงว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมานี้มีความคุ้มค่ากับการลงทุน

5. ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่กลุ่มผู้ประกอบการจำนวน 30 คน พบว่าผู้ประ - กอบการมีความพึงพอใจในด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ความเหมาะสมของเนื้อหาหลักสูตร ความเหมาะสมของวิทยากร ระยะเวลาการอบรม ช่วงเวลาการอบรม และความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับเวลาและค่าใช้จ่ายอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยและการถ่ายทอดเทคโนโลยีพบว่าเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมที่พัฒนาขึ้นนี้นอกจากใช้ในการย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวา และวัสดุเสริมประกอบจากผักตบชวาแล้ว ยังสามารถประยุกต์ใช้งานในด้านอื่น ๆ ได้แก่

1. ใช้ในการย้อมชิ้นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากผักตบชวา เช่นตะกร้าสานผักตบชวา เสื่อผักตบชวา ให้สีสันที่สวยงาม สีย้อมสามารถแทรกซึมเข้าไปในเส้นใยได้อย่างสม่ำเสมอ

2. ใช้สำหรับการย้อมสีเส้นใยธรรมชาติประเภทอื่น เช่น กก ใยตาล และอื่น ๆ ที่ต้องการให้เกิดสีสันสวยงาม เป็นการเพิ่มจุดเด่นให้กับสินค้า

3. สามารถประยุกต์ใช้กับกระบวนการแบบเปียกอื่น ๆ (Wet process) เช่น การฟอกขาวเส้นใยธรรมชาติ ทั้งผักตบชวา กก ตาลเป็นต้น

4. เครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาใช้เป็นเครื่องอบผลิตภัณฑ์ทั้งในรูปเส้นด้าย และตัวผลิตภัณฑ์ได้ ทดแทนการตากแห้งในกรณีหน้าฝน เพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา โดยการปรับอุณหภูมิในส่วนควบคุมอุณหภูมิ (Temperature controller)

บรรณานุกรม

กาญจนา ลือพงษ์และคณะ. **ผลิตกระดาษเพื่องานบรรจุภัณฑ์.** รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. 2555.

กาญจนา ลือพงษ์และคณะ. **พัฒนาหม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการสกัดสีและย้อมสีธรรมชาติ**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. 2557.

ทรงพล เจริญรักษา และคณะ. **การแยกเส้นใยจากผักตบชวา.** มหาวิทยาลัย เชียงใหม่. 2546.

ธนธร ทองสัมฤทธิ์ และสุชปา เนตรประดิษฐ์, **การผลิตเยื่อและกระดาษจากใบธูปฤาษีเพื่อนวัตกรรมบรรจุภัณฑ์**, การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, จ.นครราชสีมา, 2548.

นิศากร เจริญดี. 2546. **การผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากผักตบชวา**, การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2545 : ศักยภาพของป่าไม้ต่อการฟื้นฟูเศรษฐกิจไทย . กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

ปฏิญญ์ อิ่มกระจ่าง และคณะ. **สมบัติของเส้นใยจากผักตบ.** มหาลัยวิทยาลัยราชภัฏวไลยลงกรณ์. 2546.

ปิยพล นาคเบญจพร และ ไตรรงค์ ไกรสุรพงศ์, **การผลิตเยื่อกระดาษด้วยเทคนิคฟอร์มาเซลจากเปลือกปอสา**,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน คณะวิศวกรรมศาสตร์. 2543

เริงศักดิ์ มานะสุนทร และคณะ. **เครื่องย้อมกกอัตโนมัติ (ระบบต่อเนื่อง).** รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. 2551.

โรงเรียนบางระจันวิทยา. **ศึกษาการใช้ส่วนต่างๆของกล้วยมาเป็นเยื่อประสาน.** อำเภอบางระจัน จังหวัด สิงห์บุรี. 2541.

โรงเรียนสุราษฎร์พิทยา. **การคัดเลือกเยื่อในการทำกระดาษ.** อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี. 2533.

วิขัณฑ์ อรรณพานุรักษ์. **การผลิตเยื่อเคมีจากไม้ยูคาลิปตัสโดยใช้กรดอะซิติคที่ความดันบรรยากาศ**, ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41: สาขาวิทยาศาสตร์ สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 2546.

วิขัณฑ์ อรรณพานุรักษ์และคณะ. **การผลิตเยื่อคราฟท์จากหญ้าแฝก**. [ออนไลน์] งานพัฒนาเคมีผลผลิตป่าไม้. แหล่งที่มา: http://www.forest.go.th/forprod/chemical/pdf/การผลิตเยื่อคราฟท์จากหญ้าแฝก.pdf, 28 กรกฎาคม 2552.

วิทยา ปั้นสุวรรณ. **การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ไม่ใช่ไม้สำหรับอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ.** โครงการถ่ายทอดงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษจากปอสา. แหล่งที่มา: http://posaa.kapi.ku.ac.th/Document/PDF/Final Rep2001_V2/Full_2A-1-1(1).pdf, 20 กรกฎาคม 2552.

วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์. **สภาวะการแยกเส้นใยจากต้นธูปฤาษี.** วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์ จังหวัด สงขลา. 2552.

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร. **ศึกษาสารกระจายเพื่อความสม่ำเสมอของกระดาษ.** สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. 2545.

สุชปา เนตรประดิษฐ์ และคณะ. **การพัฒนากระดาษใบสับปะรดที่เหมาะสมต่อการพิมพ์บรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์**, ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วทท.) ครั้งที่ 31. สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2548.

สุนันท์ ลิ้มตระกูลและคณะ. **การเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อกระดาษจากปอแก้ว**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2542.

เสาวรจน์ โสภาจารีย์. **การเสริมแรงด้วยเส้นใยผักตบชวา.** ศูนย์ศิลปาชีพบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. 2532.

เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์ และ อรอุษา สรวารี. **การเสริมแรงยางธรรมชาติด้วยเส้นใยผักตบชวา**. 2532.

สัมภาษณ์ สุวรรณคีรีและคณะ. **การพัฒนาและแปรรูปผลิตภัณฑ์จากผักตบชวา.** รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. 2555.

ภาคผนวก1
ตารางประกอบการคำนวณ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติสแตนเลสชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 2 สมบัติของโลหะชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 3 ขนาดสายไฟฟ้า

ตารางที่ 4 ค่าเปอร์เซ็นต์ของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กับมอเตอร์

ตารางที่ 1 คุณสมบัติสแตนเลสชนิดต่างๆ

AISI Type	Tensile Strength, ksi			Yield Strength, ksi			Elong. in 2 in., %			Reduction of Area, %		Brinell Hardness BHN			Impact Strength, (Izod), ft - lb			Endurance Limit, ksi		Machinability (Based on B1N = 100)	Weldability
	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked		
Austenitic																					
302	85	110	-	35	75	-	60	35	-	70	60	115	240	-	110	-	-	34	-	55	ดีเลิศ
304	85	110	-	35	75	-	60	60	-	70	-	149	240	-	110	90	-	34	-	55	ดีเลิศ
310, 310S	95	-	-	45	-	-	50	-	-	65	-	179	-	-	90	-	-	-	-	50	ดี
316	80	90[a]	-	30	60[a]	-	60	45[a]	-	70	65[a]	149	190[a]	-	110	-	-	38	40[a]	50	ดีเลิศ
321	85	100[a]	-	35	65[a]	-	55	40[a]	-	65	60[a]	150	212[a]	-	110	-	-	38	-	55	ดีเลิศ
347, 348	90	100[a]	-	35	65[a]	-	50	40[a]	-	-	60[a]	160	212[a]	-	110	-	-	39	-	-	ดีเลิศ
Martensitic																					
403	73[b]	-	110	43[b]	-	85	30[b]	-	23	70	-	155	-	225	90	-	75	40	-	Fair	พอใช้
410	70	100[b]	110[b]	40[b]	85	85	40[b]	17	23	70	60	155	205	225	90	80[b]	75	40	-	55[b]	พอใช้ ต้องระมัดระวัง
414	117[b]	130[b]	160[b]	98[b]	115[a]	127[b]	17[b]	15[a]	17[b]	60	58[b]	235	270[a]	-	50	-	48[b]	45	-	Fair	พอใช้ถ้ามีการให้ความร้อนก่อนและหลังการเชื่อม
416, 416Se	75	100[b]	110	40	85[b]	85	30	13[b]	18	60	55	155	205[b]	230	70	20[b]	25	40	53[b]	80	ไม่แนะนำให้ใช้
420	95	105[a]	230	50	85[a]	195	25	17[a]	8	55	50[a]	195	215[a]	560	-	-	10	40	-	45[b]	พอใช้
431	125	130[a]	165[b]	95	110[a]	125[b]	20	15[a]	17[b]	55	35[a]	260	270[a]	338[b]	50	-	40[b]	45	-	45[b]	พอใช้ถ้ามีการให้ความร้อนก่อนและหลังการเชื่อม
440 A, B, C	105	115[b,a]	260	60	90[b,a]	240	20	7[b,a]	5	25[b,a]	20	215	240[b,a]	510	2	2[b,a]	4	40	-	40	เชื่อมด้วยความระมัดระวังอย่างสูง
Ferritic																					
405	68[b]	85	-	40	70	-	27[b]	20	-	60	60	150	185	-	25[b]	-	-	-	-	60	ดีเลิศสำหรับการเชื่อมแบบหลอมละลาย
430, 430F	75	83[b]	-	43[b]	63[b]	-	27[b]	20[b]	-	62[b]	60[b]	155	212	-	-	-	-	40[b]	46[b]	Fair	พอใช้ แนะนำให้แยกปีกหลังการเชื่อม
446	83[b]	85	-	53[b]	70	-	23[b]	20	-	45	45	163	183	-	2	-	-	47	-	Fair	พอใช้ แต่ต้องระมัดระวัง

ที่มา: 1937 Materials Selector , Co , New York. ASME Handbook ; Stainless Properties , McGraw – Hill , 1654

ตารางที่ 2 สมบัติของโลหะชนิดต่างๆ

Metal	Modulus of Elasticity, E		Modulus of Rigidity, G		Poisson's Ratio, ν	Unit Weight, w (lb/in.^{3})	Density, ρ (Mg/m^3)	Coefficient of Thermal Expansion, α		Thermal Conductivity		Specific Heat	
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa				10^{-6}/°F	10^{-6}/°C	Btu/h-ft-°F	W/m-°C	Btu/lbm-°F	J/kg-°C
Aluminum alloy	10.4[a]	72	3.9	27	0.32	0.10	2.8	12.0	22	100	173	0.22	920
Beryl. copper	18.5	127	7.2	50	0.29	0.30	8.3	9.3	17	85	147	0.10	420
Brass, Bronze	16	110	6.0	41	0.33	0.31	8.7	10.5	19	45	78	0.10	420
Copper	17.5	121	6.6	46	0.33	0.32	8.9	9.4	17	220	381	0.10	420
Iron, gray cast[b]	15	103	6.0	41	0.26	0.26	7.2	6.4	12	29	50	0.13	540
Magnesium alloy	6.5	45	2.4	17	0.35	0.065	1.8	14.5	26	55	95	0.28	1170
Nickel alloy	30	207	11.5	79	0.30	0.30	8.3	7.0	13	12	21	0.12	500
Steel, carbon	30	207	11.5	79	0.30	0.28	7.7	6.7	12	27	47	0.11	460
Steel, alloy	30	207	11.5	79	0.30	0.28	7.7	6.3	11	22	38	0.11	460
Steel, stainless	27.5	190	10.6	73	0.30	0.28	7.7	8.0	14	12	21	0.11	460
Titanium alloy	16.5	114	6.2	43	0.33	0.16	4.4	4.9	9	7	12	0.12	500
Zinc alloy	12	83	4.5	31	0.33	0.24	6.6	15.0	27	64	111	0.11	460

ที่มา ; Robert c. juvinan and Kurt M. Marshek

ตารางที่ 3 ขนาดสายไฟฟ้า

Nominal cross sectional area (mm^2)	Number and diameter of wire (No/mm)	Insulation thickness (mm)	Overall diameter (mm)	Minimum insulation resistance at 70°C (MΩ-Km)	Maximum continuous current rating in free air (Ampere)	Cable weight (approx.) (Kg/Km)	Standard length (m)
0.5	1/0.80	0.8	3.0	0.0175	9-	11-	100/C
1	1/1.13	0.8	3.3	0.0141	13-	17-	100/C
1	7/0.40	0.8	3.5	0.0135	13-	17-	100/C
1.5	1/1.38	0.8	3.6	0.0123	17-	22-	100/C
1.5	7/0.50	0.8	3.8	0.0116	17-	22-	100/C
2.5	1/1.78	0.8	4.0	0.0102	23-	31-	100/C
2.5	7/0.67	0.8	4.3	0.0093	23-	31-	100/C
4	1/2.25	0.9	4.8	0.0094	32-	50-	100/C
4	7/0.85	0.9	5.2	0.0085	32-	50-	100/C
6	7/1.04	0.9	5.8	0.0073	43-	75-	100/C
10	7/1.35	1.1	7.2	0.0069	60-	120-	100/C
16	7/1.70	1.1	8.4	0.0057	83-	180-	100/C
25	7/2.14	1.3	10.5	0.0054	114-	290-	100/C
35	19/1.53	1.3	11.5	0.0047	141-	380-	100/C
50	19/1.78	1.5	13.5	0.0046	175-	540-	500/D
70	19/2.14	1.5	15.5	0.0039	221-	720-	500/D
95	19/2.52	1.7	18.0	0.0038	275-	1,000-	500/D
120	37/2.03	1.7	19.5	0.0034	321-	1,240-	500/D
150	37/2.25	1.9	21.5	0.0034	367-	1,520-	500/D
185	37/2.52	2.1	24.0	0.0034	424-	1,900-	500/D
240	61/2.25	2.3	27.0	0.0033	505-	2,480-	500/D
300	61/2.52	2.5	30.0	0.0032	581-	3,100-	500/D
400	61/2.85	2.7	33.5	0.0030	675-	3,950-	500/D
500	61/3.20	3.1	38.0	0.0031	781-	5,150-	500/D

ที่มา; สุวรรณ บุญทิพย์,2542, น. 89

ตารางที่ 4 ค่าเปอร์เซ็นต์ของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กับมอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์	เปอร์เซนต์ของกระแสใช้งาน		
	ฟิวส์ขาดไว	ฟิวส์ขาดช้า	เซอร์กิจเบรกเกอร์
1. มอเตอร์เฟสเดียว	300	175	250
2. มอเตอร์เฟสเดียวหรือ 3 เฟสแบบซิงโครนัส หรือแบบกรงกระรอกและการเริ่มหมุนแบบต่อตรง			
- ชนิดไม่มีโค๊ด	300	175	250
- เลขโค๊ด F ถึง V	300	175	250
- เลขโค๊ด B ถึง E	250	175	200
- เลขโค๊ด A	150	150	150
3. มอเตอร์เฟสเดียวหรือ 3 เฟสแบบซิงโครนัส หรือแบบกรงกระรอกและการเริ่มหมุนแบบออโตทรานฟอร์เมอร์			
- ถ้ากระแสไม่เกิน 30 A ไม่มีโค๊ด	250	175	200
ถ้ากระแสเกิน 30 A ทำดังนี้			
- ชนิดไม่มีเลขโค๊ด	200	175	200
- เลขโค๊ด F ถึง V	250	175	200
- เลขโค๊ด B ถึง E	200	175	200
- เลขโค๊ด A	150	150	150
4. มอเตอร์ไฟตรง	150	150	150

ที่มา ; เอกสารประกอบการเรียนวิชาไฟฟ้าอุตสาหกรรม, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ภาคผนวก 2
ตารางเศรษฐศาสตรวิศวกรรม เมื่อ i = 0.25%

n	Uniform-Series Payments			
	(A/F,i%,n)	(F/A,i%,n)	(A/P,i%,n)	(P/A,i%,n)
1	1.0000	1.0000	1.0025	0.9975
2	0.4994	2.0025	0.5019	1.9925
3	0.3325	3.0075	0.3350	2.9851
4	0.2491	4.0150	0.2516	3.9751
5	0.1990	5.0251	0.2015	4.9627
6	0.1656	6.0376	0.1681	5.9478
7	0.1418	7.0527	0.1443	6.9305
8	0.1239	8.0704	0.1264	7.9107
9	0.1100	9.0905	0.1125	8.8885
10	0.0989	10.1133	0.1014	9.8639
11	0.0898	11.1385	0.0923	10.8368
12	0.0822	12.1664	0.0847	11.8073
13	0.0758	13.1968	0.0783	12.7753
14	0.0703	14.2298	0.0728	13.7410
15	0.0655	15.2654	0.0680	14.7042
16	0.0613	16.3035	0.0638	15.6650
17	0.0577	17.3443	0.0602	16.6235
18	0.0544	18.3876	0.0569	17.5795
19	0.0515	19.4336	0.0540	18.5332
20	0.0488	20.4822	0.0513	19.4845
21	0.0464	21.5334	0.0489	20.4334
22	0.0443	22.5872	0.0468	21.3800
23	0.0423	23.6437	0.0448	22.3241
24	0.0405	24.7028	0.0430	23.2660
25	0.0388	25.7646	0.0413	24.2055
26	0.0373	26.8290	0.0398	25.1426
27	0.0358	27.8961	0.0383	26.0774
28	0.0345	28.9658	0.0370	27.0099
29	0.0333	30.0382	0.0358	27.9400
30	0.0321	31.1133	0.0346	28.8679

n	Uniform-Series Payments			
	(A/F,i%,n)	(F/A,i%,n)	(A/P,i%,n)	(P/A,i%,n)
36	0.0266	37.6206	0.0291	34.3865
40	0.0238	42.0132	0.0263	38.0199
48	0.0196	50.9312	0.0221	45.1787
50	0.0188	53.1887	0.0213	46.9462
52	0.0180	55.4575	0.0205	48.7048
55	0.0170	58.8819	0.0195	51.3264
60	0.0155	64.6467	0.0180	55.6524
72	0.0127	78.7794	0.0152	65.8169
75	0.0121	82.3792	0.0146	68.3108
84	0.0107	93.3419	0.0132	75.6813
90	0.0099	100.7885	0.0124	80.5038
96	0.0092	108.3474	0.0117	85.2546
100	0.0088	113.4500	0.0113	88.3825
108	0.0081	123.8093	0.0106	94.5453
120	0.0072	139.7414	0.0097	103.5618
132	0.0064	156.1582	0.0089	112.3121
144	0.0058	173.0743	0.0083	120.8041
240	0.0030	328.3020	0.0055	180.3109
360	0.0017	582.7369	0.0042	237.1894

ที่มา: เศรษฐศาสตร์ วิศวกรรม

ประวัติย่อผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ - นามสกุล ดร. กาญจนา ลือพงษ์
Dr. Kanchana Luepong

2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

3. หน่วยงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น

ที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก 517 ถนน นครสวรรค์ แขวงสวนจิตรลดา เขตดุสิต กรุงเทพฯ รหัสไปรษณีย์ 10300

เบอร์โทรศัพท์ 08 9994 5959

E-mail Address kanchana.l@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

2538 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขา เคมีสิ่งทอ (ปวส. เคมีสิ่งทอ)
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์

2542 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ (วศ.บ. วิศกรรมเคมีสิ่งทอ)
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

2546 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม. เคมี)
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2553 วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วศ.ด. เคมี)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

กระบวนการ wet process for textile, textile waste water treatment

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย:

1. แผนงานวิจัยเรื่อง การจัดการองค์ความรู้ทางสิ่งทอในการพัฒนาและอนุรักษ์ภูมิปัญญาชุมชน กรณีศึกษาผ้าทอกระเหรี่ยง ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณรายจ่าย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2556
2. ชุดโครงการวิจัยและพัฒนาเพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์ OTOP ประเภทผ้าและเครื่องใช้ จังหวัดอุบลราชธานีด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พ.ศ. 2560

3. การจัดการองค์ความรู้ทางสิ่งทอในการพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณรายจ่าย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2560

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย :

1. การลดความเข้มของสีที่เหลือในน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมโดยวิธีการออกซิเดชันและรีดักชัน ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากงบผลประโยชน์ วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พ.ศ. 2547
2. การผลิตผ้าไม่ทอจากใบอ้อย ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากงบผลประโยชน์ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2552
3. การพัฒนาสารข้นจากแป้งกลอย ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากงบผลประโยชน์ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2553
4. การผลิตกระดาษผักตบชวาเพื่องานบรรจุภัณฑ์ ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากงบผลประโยชน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2554
5. การพัฒนาหม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อการสกัดสีและย้อมสีธรรมชาติ ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณรายจ่าย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2556
6. การพิมพ์สีธรรมชาติจากเปลือกลูกจากแห้ง ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณรายได้ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2556
7. การถ่ายทอดนวัตกรรมและเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์เส้นใยผักตบชวาให้กับผู้ประกอบการ SME และผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดนครปฐม ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) พ.ศ. 2559
8. การพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมเพื่อพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณรายจ่าย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2560
9. โครงการวิจัยและพัฒนาเพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์ OTOP ประเภทผ้าและเครื่องใช้ จังหวัดอุบลราชธานีด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พ.ศ. 2560

6.3 ผู้ร่วมโครงการวิจัย :

1. การลอกกาวไหมด้วยยางมะละกอ ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากงบผลประโยชน์ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2549

2. เครื่องย้อมกกอัตโนมัติ (ระบบต่อเนื่อง) ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พ.ศ. 2550
3. การพัฒนาอุปกรณ์พิมพ์สกรีนต้นแบบเพื่องานอุตสาหกรรมสิ่งทอ ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากงบผลประโยชน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2551
4. การนำน้ำหล่อเย็นจากเครื่องทำน้ำกลั่นกลับมาใช้ใหม่ ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากงบผลประโยชน์ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2551
5. การบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการฟอกย้อมด้วยเทคนิคโฟโตแคตตาไลติคร่วมกับกระบวนการดูดซับ ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากงบผลประโยชน์ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2553
6. การศึกษาสมบัติการต้านรังสีอัลตร้าไวโอเลตของสีย้อมธรรมชาติบนผ้าฝ้ายและผ้าไหม งานวิจัยแบบไม่รับงบประมาณสนับสนุน พ.ศ. 2555
7. การควบคุมการย้อมสีธรรมชาติและพัฒนาประยุกต์กับลายทอกะเหรี่ยง ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณรายจ่าย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2556
8. การพัฒนาและแปรรูปเครื่องแต่งกายและส่วนประกอบการแต่งกายจากผ้าทอกะเหรี่ยง ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณรายจ่าย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2556
9. การพัฒนาการเตรียมสีผงจากสีย้อมธรรมชาติ ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณรายได้ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2557
10. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการออกระหว่างศึกษา: กรณีศึกษาคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร งบประมาณรายได้ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2558
11. การควบคุมคุณภาพการย้อมสีและตกแต่งสำเร็จเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุประกอบเพื่อการแปรรูปผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณรายจ่าย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2560

2. ผู้ร่วมโครงการ

1. ชื่อ - นามสกุล นายสัมภาษณ์ สุวรรณคีรี
Mr. Sampas Suwanakeree

2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

3. หน่วยงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น

ที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก 517 ถนน นครสวรรค์ แขวงสวนจิตรลดา เขตดุสิต กรุงเทพฯ รหัสไปรษณีย์ 10300

E-mail Address Sampas.s@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งทอ)

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

เครื่องกล งานจักสานและแปรรูปผักตบชวา

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย:

-

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย :

1. ศึกษาความเป็นไปได้ของการทำเส้นใยจากธูปฤาษีปั่นเป็นเส้นด้าย
2. การพัฒนาเครื่องย้อมจำลอง (WINCH)
3. การศึกษาความเป็นไปได้ของการนำเส้นใยจากผลตาลสุกปั่นเป็นเส้นด้าย
4. การสร้างเครื่องทอ 6 X 10 ตะกอ
5. การสร้างเครื่องปูผ้าควบคุมการทำงานด้วยมอเตอร์ และ ระบบอิเล็กทรอนิกส์

6.3 ผู้ร่วมโครงการวิจัย :

1. การถ่ายทอดนวัตกรรมและเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์เส้นใยผักตบชวาให้กับผู้ประกอบการ SME และผู้ประกอบการ OTOP จังหวัดนครปฐม ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) พ.ศ. 2559
2. โครงการวิจัยและพัฒนาเพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์ OTOP ประเภทผ้าและเครื่องใช้ จังหวัดอุบลราชธานีด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พ.ศ.

2560

7. ผลงานวิจัยที่ได้รับรางวัล

1. รางวัลชนะเลิศนักวิจัยและโครงการวิจัยดีเด่น โครงการวิจัยการพัฒนาและแปรรูปผลิตภัณฑ์ผักตบชวา บ้านผักตบชวา อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และโครงการการพัฒนาเครื่องทอผักตบชวา

   งานวิจัย/ผลักดันประธานกลุ่มของคุณพิมพ์แก้ว กิติรัตนโชติ รับรางวัลวันสตรีสากล ประจำปี 2554 สาขาผู้ประกอบอาชีพสตรีดีเด่น เข้ารับพระราชทานรางวัล จากหม่อมศรีรัตน์พระวรชายาในสมเด็จพระบรมโอรสาธิราช สยามมงกุฎราชกุมาร

   ผลงานวิจัย (การแปรรูปผลิตภัณฑ์ผักตบชวา) ส่งเข้าประกวดได้รับรางวัลดังนี้

   - ผลงาน “วิถีไทย” ได้รับรางวัลชนะเลิศอันดับ 2 ระดับภาคกลาง (กรุงเทพมหานคร)
   - ผลงาน “The Charm of The Water Hyacinth” ได้รับรางวัลชนะเลิศระดับจังหวัดพระนครศรีอยุธยา และรางวัลชนะเลิศระดับภาคกลางตอนบน
   - ผลงานสร้อยหมากทอง ได้รับรางวัลชนะเลิศ ระดับภาคกลาง (กรุงเทพมหานคร)

3. ผู้ร่วมโครงการ

1. ชื่อ - นามสกุล จ.ส.ต.ภัทราวุธ ภัทระธนกุลชัย
Master Sergeant Third Class (SM.3) Phatravudth Phataratanakulchai

2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

3. หน่วยงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ คณะครุศาสตรอุตสาหกรรม

ที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120

เบอร์โทรศัพท์ 08 1450 7777

E-mail Address Phatravudth_seng@hotmail.com

4. ประวัติการศึกษา

2548 ครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ. วิศวกรรมเครื่องกล)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2553 ครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (ค.อ.ม. วิศวกรรมเครื่องกล)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

การจัดทำหลักสูตร, ระบบ pneumatic

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย:

-

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย:

-

6.3 ผู้ร่วมโครงการวิจัย:

1. การพัฒนาหม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อการสกัดสีและย้อมสีธรรมชาติ ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณรายจ่าย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2556

2. การพัฒนาเครื่องย้อมสีเส้นด้ายผักตบชวาและวัสดุเสริมเพื่อพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณรายจ่ายมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2560