การพัฒนาหม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อการสกัดสีและย้อมสีธรรมชาติ

ภายใต้แผนงานวิจัย

การจัดการองค์ความรู้ทางสิ่งทอในการพัฒนาและอนุรักษ์ภูมิปัญญาชุมชน

กรณีศึกษาผ้าทอกะเหรี่ยง

กาญจนา ลือพงษ์

พยูร เสนทองแก้ว

ภัทราวุธ ภัทระธนกุลชัย

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากเงินงบประมาณประเภทงบประมาณรายจ่าย

ประจำปีงบประมาณ 2556

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Autoclave Development for Using in Natural Dyes Extraction and Dyeing Process under project plan Textiles Knowledge Management for Researching and Local Wisdom Conservation : A Case Study of Karen Woven Fabric

Kanchana Luepong
Payoon Santhongkaew
Phatravudth Phatarathanakulchai

This Report is Funded by Rajamangala University of Technology Phra Nakhon,
Fiscal Year 2013

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาหม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อการสกัดสีและย้อมสีธรรมชาติภายใต้แผนงานวิจัยการจัดการองค์ความรู้ทางสิ่งทอในการพัฒนาและอนุรักษ์ภูมิปัญญาชุมชน กรณีศึกษาผ้าทอกะเหรี่ยง

ผู้วิจัย : กาญจนา ลือพงษ์
พยูร เสนทองแก้ว
ภัทราวุธ ภัทระธนกุลชัย

พ.ศ. 2556

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการสกัดสีและย้อมสีธรรมชาติ หม้อนึ่งแรงดันสูงจัดสร้างขึ้นโดยใช้สแตนเลสสตีลเป็นวัสดุหลักในการจัดสร้าง ซึ่งวัสดุประเภทนี้มีความคงทนถาวร สามารถต้านทานการใช้สารเคมีในกระบวนการได้อย่างดี ผลสัมฤทธิ์จะแสดงผลในรูปข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการเดิมและการใช้หม้อนึ่งแรงดันสูงในด้านประสิทธิภาพของการสกัดสี ค่าความเข้มของสี (K/S) เวลาเทียบเท่า การประหยัดเวลาและปริมาณแก๊สในกระบวนการ ผลการศึกษาที่ได้จากการวิจัยนำไปถ่ายทอดเทคโนโลย ณ บ้านยางน้ำกลัดใต้ จังหวัดเพชรบุรี ผลการศึกษามีดังนี้

1. ด้านการสกัดสี: กระบวนการสกัดสีใช้อุณหภูมิ 100^{o}C เวลา 45 นาที ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพของสีย้อมที่เหมือนกัน แต่การใช้หม้ออัดแรงดันมีการระเหยของน้ำน้อยกว่าคือมีค่าการระเหยน้ำอยู่ที่ร้อยละ 26.71 ในขณะที่วิธีการเดิมมีการสูญเสียน้ำอยู่ที่ร้อยละ 41.99

2. กระบวนการย้อมสี: การใช้หม้อนึ่งแรงดันให้ผลด้านความเข้มสี (K/S) สูงกว่าวิธีเดิมในทุกสภาวะที่ทำการศึกษา เวลาเทียบเท่า 15 นาที คือเวลาที่ใช้หม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อให้ได้สีมีความเข้มเหมือนกับการใช้วิธีเดิมที่ 45 นาที

3. การประหยัดเวลาและปริมาณแก๊ส: การใช้หม้ออัดแรงดันสามารถประหยัดเวลาในกระบวนการได้ร้อยละ 66.67 และประหยัดปริมาณการใช้แก๊สได้ร้อยละ 88.99

4. การถ่ายทอดองค์ความรู้: ระดับความพึงพอใจในเนื้อหาหลักสูตร ระยะเวลา และช่วงเวลาการอบรมอยู่ในระดับดี ส่วนความพึงพอใจด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ วิทยากร และความคุ้มค่า อยู่ในระดับมากที่สุด

สามารถกล่าวได้ว่างานวิจัยประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ผลการศึกษาไม่เพียงแต่สอดคล้องกับการอนุรักษ์พลังงาน แต่ยังช่วยลดการระเหยของไอสารเคมีไปยังผู้ปฏิบัติงานด้วย

คำสำคัญ : หม้อนึ่งแรงดันสูง การสกัดสี การย้อมสี สีธรรมชาติ การอนุรักษ์พลังงาน

Title : Autoclave Development for Using in Natural Dyes Extraction and Dyeing Process under project plan Textiles Knowledge Management for Researching and Local Wisdom Conservation: A Case Study of Karen Woven Fabric

Researcher : Kanchana Luepong
Payoon Santhongkaew
Phatravudth Phatarathanakulchai

Year : 2013

Abstract

This research had an aim to develop an autoclave for using in natural dyes extraction and dyeing process. The autoclave used the stainless steel as the major material what it was a noble durable material and good resistance for the chemical used in the processes. The achievement results showed by the comparison data between the conventional process and the development using autoclave in term of extraction efficiency, deep of shade (K/S), time equivalent, process time and amount of gas consumption saver. The knowledge from the research would transfer to the target group at Bann Yang Nam Klad Tai, Phetchaburi province. The results were following as

1. For the extraction process: the extraction process using 100^{o}C for 45 min. They obtained product was the same dye quality but the autoclave process was smaller water evaporation as 26.71% whereas the conventional process was 41.99%.

2. For the dyeing process: All condition from the autoclave using make a deeper dye shade (K/S) than conventional process. The dyeing time equivalent as 15 minutes to make the depth shape via autoclave process as alike the conventional process for 45 min.

3. Saving time and gas consumption: the autoclave process could save 66.67% time process and 88.99% amount of gas consumption.

4. The Complacency for knowledge assignment: the satisfaction level in the content, time, and period was good. Furthermore, the utilization, the instructors, and the value obtained were excellent.

This research accomplished the study objectives. The results were not only corresponding to energy conservation but them also reducing the chemical toxic and pollutant vapor inhalant to the worker.

Keywords: Autoclave, Dye extraction, Dyeing, Natural dye, Energy conservation

สารบัญ

บทคัดย่อ ค
Abstract ง
สารบัญ จ
สารบัญภาพ ช
สารบัญตาราง ซ
กิตติกรรมประกาศ ฌ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 1
1.2 ผู้รับผิดชอบและหน่วยงาน 2
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 3
1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ 3
1.6 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล 4
1.7 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย 4
1.8 ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัย 5
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 หม้อนึ่งแรงดันสูง 6
2.2 ระบบความร้อน 12
2.3 อุปกรณ์สำหรับการออกแบบและพัฒนาหม้อนึ่งแรงดันสูง 13
2.4 การอนุรักษ์พลังงาน 23
2.5 เทคโนโลยีสะอาด 25
บทที่ 3 วิธีการทดลอง 27
3.1 ขั้นตอนการศึกษา 28
3.2 การออกแบบหม้อนึ่งแรงดันสูง 29
3.3 การวัดผลสัมฤธิ์ในการวิจัย 29
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ 31
4.1 การพัฒนาและจัดสร้างหม้อนึ่งอัดแรงดัน 31
4.2 การเปรียบเทียบผลการสกัดสีย้อม 32
4.3 การเปรียบเทียบผลความเข้มสี 34
4.4 การประเมินค่าใช้จ่ายในกระบวนการ 36
4.5 การทดสอบ 37
4.6 การถ่ายทอดความรู้สู่กลุ่มชุมชน 38

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 43
บรรณานุกรม 46
ภาคผนวก 47
ภาคผนวก 1 คู่มือการใช้งานหม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อการสกัดสีและย้อมสีธรรมชาติ 48
ภาคผนวก 2 การออกแบบหม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อการสกัดสีและย้อมสีธรรมชาติ 52

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบหม้อนึ่งแรงดันสูง (Autoclave) ที่สำคัญ	8
ภาพที่ 2.2 ลักษณะเกจที่ทำการใช้งานในหม้อนึ่งแรงดันสูง	9
ภาพที่ 2.3 ชุดช่องสำหรับใส่สายวัดประกอบติดกับเนื้อผ้าภายในหม้อนึ่งแรงดันสูง	9
ภาพที่ 2.4 ตะแกรงใส่ผ้าภายในหม้อนึ่งแรงดันสูง	10
ภาพที่ 2.5 ฝาตะแกรงรูปตาข่ายสำหรับแขวนผ้า	10
ภาพที่ 2.6 ฐานรองตะแกรง	10
ภาพที่ 2.7 ชุดล๊อคฝาครอบและหม้อนึ่งแรงดัน	11
ภาพที่ 2.8 ชุดขันแหวนล๊อคฝาครอบ	11
ภาพที่ 2.9 ชุดอุปกรณ์และแก๊ส LPG สำหรับการต้มน้ำในหม้อนึ่งแรงดันสูง	11
ภาพที่ 2.10 การนำความร้อนในของแข็ง	12
ภาพที่ 2.11 ฮีทเตอร์รัดท่อ (Band heat)	14
ภาพที่ 2.12 บอบบิ้นฮีทเตอร์ (Bobbin heater)	14
ภาพที่ 2.13 ฮีทเตอร์ครีบ (Finned heater)	15
ภาพที่ 2.14 ฮีทเตอร์จุ่ม (Immersion heater)	16
ภาพที่ 2.15 ฮีทเตอร์อินฟราเรด (Infrared heater)	16
ภาพที่ 2.16 เทอร์โมคัปเปิ้ล	17
ภาพที่ 2.17 Temperature controller	23
ภาพที่ 3.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	27
ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน	28
ภาพที่ 4.1 หม้อนึ่งแรงดันสูง	32
ภาพที่ 4.2 การเปรียบเทียบความเข้มสีกระบวนการย้อมแบบเดิมและหม้ออัดแรงดัน	35
ภาพที่ 4.3 การบรรยายความรู้พื้นฐานหม้อนึ่งอัดแรงดัน	40
ภาพที่ 4.4 การใช้งานหม้อนึ่งแรงดัน	40
ภาพที่ 4.5 การเปรียบเทียบกระบวนการทำงาน	41
ภาพที่ 4.6 การเปรียบเทียบด้านผลผลิต/วัน	41
ภาพที่ 5.1 ตัวอย่างสีที่ได้จากการศึกษา	44

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 ผลการสกัดสีย้อมวัสดุธรรมชาติประเภทต่างๆ	33
ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบผลความเข้มสี	34
ตารางที่ 4.3 ค่าใช้ไฟฟ้าในการย้อมสีด้วยหม้ออัดแรงดัน	36
ตารางที่ 4.4 การทดสอบความคงทนของสีบนผ้าไหมที่ย้อมด้วยวัตถุดิบต่างๆ	38
ตารางที่ 4.5 ร้อยละความพึงพอใจ	39

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินการวิจัย เรื่อง การพัฒนาหม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อการสกัดสีและย้อมสีธรรมชาติ ภายใต้แผนงานวิจัยการจัดการองค์ความรู้ทางสิ่งทอในการพัฒนาและ อนุรักษ์ภูมิปัญญาชุมชน กรณีศึกษาผ้าทอกะเหรี่ยงครั้งนี้สำเร็จ ลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์ในด้านต่างๆ มากมาย ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านดังรายนามต่อไปนี้

1. คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สนับสนุนทุนวิจัย

2. นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้ช่วยดำเนินการวิจัย

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เริงศักดิ์ มานะสุนทร ผู้เชี่ยวชาญในโครงการที่ให้ข้อเสนอแนะในการออกแบบและการประดิษฐ์นวัตกรรมหม้ออัดแรงดันจนสำเร็จลุล่วง

4. กลุ่มผ้าทอก่อรัก (กลุ่มผ้าทอกะเหรี่ยง) โรงเรียนบ้านยางน้ำกลัดใต้ อำเภอหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี ที่ร่วมทดลองเพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่สมบูรณ์แบบ

5. ว่าที่ ร.ต.ประเสริฐ รุจิระ, อาจารย์พิทยา อินทร์มี และบุคลการของโรงเรียนบ้านยางน้ำกลัดใต้ อำเภอหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี ผู้สนับสนุนการดำเนินงานอย่างเป็นทางการ

6. บิดา มารดา และบุคคลอีกหลายท่านที่มีส่วนช่วยผลักดันให้โครงการนี้สำเร็จ ทั้งด้านกำลังใจ และแง่คิดดีๆ ในการทำงาน

กาญจนา ลือพงษ์
พยูร เสนทองแก้ว
ภัทราวุธ ภัทระธนกุลชัย

บทที่ 1

บทนำ

การพัฒนาหม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อการสกัดสีและย้อมสีธรรมชาติ เป็นหนึ่งในแผนงานโครงการการจัดการองค์ความรู้ทางสิ่งทอในการพัฒนาและอนุรักษ์ภูมิปัญญาชุมชน กรณีศึกษาผ้าทอกะเหรี่ยง ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปีงบประมาณ 2556 การดำเนินโครงการนี้อยู่ภายใต้ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 2 ในด้านการสร้างศักยภาพและความสามารถเพื่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจ ตามกลยุทธ์การวิจัยที่ 2 เรื่องการพัฒนาองค์ความรู้และต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์เชิงพาณิชย์และสาธารณะ เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน อีกทั้งเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาภูมิปัญญาท้องถิ่นตามแนวทางปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเพื่อการอยู่ดีกินดีมีความสุขของประชาชนและชุมชนอย่างต่อเนื่องในด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ศิลปวัฒนธรรม และภูมิปัญญาท้องถิ่น

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในวงการสิ่งทอมีการใช้สีย้อมสังเคราะห์กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีความสะดวกรวดเร็ว รวมทั้งยังให้สีสันต่าง ๆ มากมาย จนทำให้การใช้งานสีธรรมชาติลดน้อยลงไป เนื่องจากกรรมวิธีในการสกัดสีจากธรรมชาติค่อนข้างยุ่งยาก และวัตถุดิบ เริ่มหายาก อีกทั้งสีสันที่ได้ไม่มีความหลากหลายคุณภาพในการย้อมไม่ดีนัก แต่เมื่อมีการคำนึงถึงสภาพปัจจุบันและการรักษ์ธรรมชาติมากขึ้น จึงมีการหันกลับมาใช้สีย้อมธรรมชาติที่ได้จากภูมิปัญญาท้องถิ่น ไม่ว่าจะ เป็นเปลือกไม้ รากไม้ ดอก ผล หรือจากสัตว์บางชนิด จากปัญหาในเรื่องการสกัดและย้อมสีธรรมชาติที่ใช้เวลานาน โครงการนี้จึงมีแนวคิดในการนำหม้อนึ่งแรงดันสูงที่สามารถผลิตความร้อนจากไอน้ำที่ให้ความร้อนภายในสูงกว่าภายนอก สิ่งที่ทำให้ความร้อนภายในสูงขึ้นนั้นคือไอน้ำ ซึ่งไอน้ำนั้นเกิดจากการระเหยเมื่อได้รับความร้อน มีสถานะเป็นก๊าซ โดยมักจะผลิตจากหม้อไอน้ำ ไอน้ำเป็นตัวนำพลังงานที่สะดวก มีอยู่ทั่วไป และราคาถูก เพราะมาจากน้ำ ซึ่งสามารถควบคุมให้ใช้งานได้ไม่ยาก ปลอดภัยและไม่เป็นพิษ ในปัจจุบันได้มีนักวิจัยหลากลายสาขาได้คิดวิธีการทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำเกิดประโยชน์มากที่สุด

จากแนวคิดนี้เมื่อนำมาประยุกต์ใช้งานกับการสกัดสีและย้อมสีธรรมชาติ น่าจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการสกัดสีและย้อมสีดีขึ้น เนื่องจากการสกัดสีและการย้อมสีเป็นเทคนิคที่ความร้อนเป็นปัจจัยสำคัญ ดังนั้นหลักการใช้หม้อนึ่งแรงดันสูง (Autoclave) จะทำให้สีย้อมติดเนื้อผ้าได้ยาวนานและซึมลึกได้ เนื่องจากในระบบของหม้อนึ่งแรงดันสูงให้ความร้อนที่สูงกว่าปกติ ผลที่ได้จะทำให้ใช้เวลาในการสกัดสีและย้อมสีน้อยลง เป็นการประหยัดเชื้อเพลิง ลดการสูญเสียในกระบวนการ ตามหลักการอนุรักษ์พลังงาน มีการใช้ประโยชน์จากไอน้ำอย่างคุ้มค่า และเครื่องที่ได้เป็นการทำงานในระบบปิดจะช่วยป้องกันการสูดดมไอร้อน และสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมสีเข้าสู่ร่างกายได้อีกทางหนึ่ง

งานวิจัยนี้เป็นการบูรณาการกับการเรียนการสอนในรายวิชาการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งเป็นวิชาชีพเลือกของนักศึกษาในสาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และผลการศึกษาสามารถนำไปบูรณาการกับการบริการวิชาการแก่ชุมชนเพื่อสร้างอาชีพเสริม และส่งเสริมการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นได้อีกทางหนึ่ง

1.2 ผู้รับผิดชอบและหน่วยงาน

1.2.1 *ผู้รับผิดชอบโครงการวิจัย*

ดร. กาญจนา ลือพงษ์ หัวหน้าโครงการ

รับผิดชอบ บริหารโครงการ วิเคราะห์ข้อมูล และตรวจสอบคุณภาพงานที่ได้

นายพยูร เสนทองแก้ว ผู้ร่วมวิจัย

รับผิดชอบ ออกแบบนวัตกรรมหม้อนึ่งอัดความดัน ประกอบเครื่องมือ ตรวจสอบวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ของงานที่ได้

นายภัทราวุธ ภัทระธนกุลชัย ผู้ร่วมวิจัย

รับผิดชอบ วิเคราะห์จุดคุ้มทุน วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ของงานความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และเขียนรายงาน

1.2.2 *ที่ปรึกษา (ผู้เชี่ยวชาญ) โครงการ*

ผศ.เริงศักดิ์ มานะสุนทร

1.2.3 *หน่วยงาน*

1. หน่วยงานหลัก

- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
  คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น
  517 ถนนนครสวรรค์ แขวงสวนจิตรลดา เขตดุสิต
  จังหวัดกรุงเทพฯ รหัสไปรษณีย์ 10300
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
  ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์
  50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร
  จังหวัดกรุงเทพฯ รหัสไปรษณีย์ 10900
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
  ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคนิคศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
  2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ
  เขตสาทร กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์10120

2. หน่วยงานสนับสนุน

โรงเรียนบ้านยางน้ำกลัดใต้ 66 หมู่ที่ 1 ถนนหนองรี-วังจันทร์ บ้านยางน้ำกลัดใต้ ตำบลยางน้ำกลัดใต้ อำเภอหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี 76160

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. การสร้างนวัตกรรมหม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อใช้ในการเตรียมน้ำสีและย้อมสีธรรมชาติ
2. หาผลสัมฤทธิ์ในการใช้งานเทียบจากวิธีการเตรียมสีแบบดั้งเดิมในส่วนของความคุ้มค่า และการประหยัดพลังงาน
3. การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมาย

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. นวัตกรรมหม้อนึ่งแรงดันสูงที่จัดสร้างทำจากสแตนเลสสตีลเพื่อความคงทนในการใช้งาน
2. ผลสัมฤทธิ์ของโครงการจะรายงานผลในรูปแบบการเปรียบเทียบค่าพลังงาน ค่าใช้จ่าย และจุดคุ้มทุนตามหลักเศรษฐศาสตร์
3. การถ่ายทอดเทคโนโลยี ใช้วิธีการสอนเชิงปฏิบัติการในส่วนของวิธีการใช้ การแก้ปัญหา และการบำรุงรักษาเบื้องต้น ที่กลุ่มเป้าหมายหลังจากเสร็จสิ้นการสร้างและทดสอบผลสัมฤทธิ์ที่หน่วยงานวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.5.1 *ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ*

1. เผยแพร่นวัตกรรมสู่กลุ่มสกัดสี และย้อมสีธรรมชาติอื่นๆ
2. เผยแพร่ข้อมูลในวารสารที่ได้รับการยอมรับและมีความน่าเชื่อถือ
3. เผยแพร่ข้อมูลในงานนิทรรศการ และ/หรืองานสัมมนาระดับชาติและนานาชาติ
4. จดสิทธิบัตรนวัตกรรมที่ทำการศึกษา

1.5.2 *หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์*

- สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- สาขาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคนิคศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
- โรงเรียนบ้านยางน้ำกลัดใต้ 66 หมู่ที่ 1 ถนนหนองรี-วังจันทร์ บ้านยางน้ำกลัดใต้ ตำบลยางน้ำกลัดใต้ อำเภอหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี 76160

- ชุมชนที่มีการเตรียมสีและย้อมสีธรรมชาติ

1.6 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

1.6.1 *แผนการดำเนินการวิจัย*

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

1.6.2 *สถานที่ทำการทดลอง*

- ห้องปฏิบัติการเคมี สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น
- ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
- ห้องปฏิบัติการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคนิคศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

1.7 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

1.7.1 ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี (1 ตุลาคม 2555 – 30 กันยายน 2556)

1.7.2 แผนดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

กิจกรรม/ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปีงบประมาณ 2556											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. สำรวจพื้นที่และความต้องการกลุ่มชุมชน												
2. ปรับแผนงานให้สอดคล้องชุมชน (ถ้าจำเป็น)												

กิจกรรม/ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปีงบประมาณ 2556											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3. ดำเนินการจัดซื้อวัสดุเพื่อสร้างนวัตกรรม												
4. ดำเนินการจัดสร้างนวัตกรรม												
5. ทดสอบและประเมินผลการจัดสร้าง												
6. ถ่ายทอดเทคโนโลยีและผลสัมฤทธิ์สู่กลุ่มเป้าหมาย												
7. สรุปผลการวิจัย และจัดทำรูปเล่มรายงานรายงาน												

1.8 ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัย

ในการวิจัยนี้จะได้หม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อใช้งานในการสกัดสี ย้อมสี และอบแห้ง เพื่อลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการผลิตวัตถุดิบเพื่อการแปรรูปเป็นผืนผ้า (Outcome) การทำงานด้วยหม้อนึ่งแรงดันสูงเป็นการทำงานในระบบปิดสามารถป้องกันความร้อนและไอระเหยสู่ผู้ปฏิบัติ ส่งผลให้ลดการสูดดมสารเคมีและไอร้อนเข้าสู่ร่างกายโดยตรงเป็นการเพิ่มความคุ้มกันทางสุขภาพ และความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน อีกทั้งยังเป็นการสร้างอาชีพและเสริมความเข้มแข็งชุมชนอีกทางหนึ่ง (Impact) ผลสำเร็จของงานวิจัย เป็นผลสำเร็จตามเป้าประสงค์ (Goal results, G) มีระดับความสำเร็จดังนี้

- ผลสำเร็จเบื้องต้น (Preliminary results, P) ได้องค์ความรู้ในการพัฒนาและสร้างหม้อนึ่งแรงดันสูง
- ผลสำเร็จกึ่งกลาง (Intermediate results, I) ลดเวลา และเชื้อเพลิงในการผลิตวัตถุดิบ
- ผลสำเร็จตามเป้าประสงค์ (Goal results, G) คาดว่าหม้อนึ่งแรงดันสูงที่ได้จะเพิ่มกำลังการผลิตให้แก่กลุ่มเป้าหมาย เป็นการสร้างอาชีพและเสริมความเข้มแข็งให้ชุมชน

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หม้อนึ่งแรงดันสูง

เทคโนโลยีของหม้อนึ่งแรงดันสูงหรือ Autoclave มีการพัฒนาไปอย่างมากในหลายๆ ด้าน ทำให้การใช้ Autoclave มีประสิทธิภาพและปลอดภัยมากขึ้น ปัจจุบัน Autoclave มีระบบปิดและเปิดฝาแบบอัตโนมัติ โดยไม่ได้ใช้วิธีการปิดฝาแบบเดิมซึ่งเป็นแบบหมุนวาวส์ ระบบนี้จะมีแหวนเส้นรอบวง (Circumferential ring) เป็นตัวล็อกแบบพิเศษซึ่งทำขึ้นมาจากซิลิโคนกันความร้อน เมื่อปิดฝาแหวนนี้ก็จะเข้ามาล็อกฝาปิดไว้โดยไม่จำเป็น ต้องใช้แรงบีบอัดของฝาแบบเดิม ระบบนี้จะล็อกฝาปิดอย่างอิสระโดยไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแต่จะขึ้นอยู่กับความดันภายในระบบ ฝาจะไม่สามารถเปิดออกจนกว่าความดันภายในห้องบ่มหรือภายในส่วนบรรจุจะอยู่ในระดับปกติ นอกจากนี้ยังสามารถตั้งการทำงานให้ฝาปิดเปิดออกเมื่อความดันอยู่ในระดับปกติแล้วโดยอัตโนมัติ สำหรับส่วนของฝาปิดภายในนั้นส่วนใหญ่จะทำมาจากสเตนเลส ส่วนฝาปิดด้านบนซึ่งมีส่วนควบคุม (Control panel) และหน้าจอแสดงผลนั้น ส่วนใหญ่ทำมาจากพลาสติกชนิดที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อน จึงมีความเสี่ยงน้อยที่จะเกิดความเสียหายของส่วนควบคุมจากความร้อน ส่วนของตัวให้กำเนิดไอน้ำ (Steam generator) ที่อยู่ในตัวเครื่อง นั้นเมื่อใช้ร่วมกับการบ่มความร้อน (Pre-heating) แล้ว จะสามารถทำความร้อนให้ได้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาเพียง 10 นาที (ในกรณีที่มีเพียงห้องบ่มเปล่าๆ)

นอกจากนี้แล้ว Autoclave ยังสามารถนำไปใช้กับระบบทำความเย็นนั้นจะมีทั้งแบบที่เป็นท่อต่ออากาศเย็นจากภายนอกเข้าสู่ห้องบ่มและระบบทำความเย็นภายในตัวเครื่องเอง ทำให้สามารถลดเวลาในการทำความเย็นได้มาก การปล่อยอากาศออกเพื่อลดความดันภายในและลดอุณหภูมิจะมีแผ่นกรองช่วยกรองอากาศที่ผ่านเข้า-ออกห้องบ่ม โดยในส่วนของฝาปิดด้านในจะพัดลมช่วยในการหมุนเวียนอากาศ และมีระบบทำความเย็นโดยใช้การควบแน่นของน้ำ เพื่อช่วยลดกลิ่นจากของเสียซึ่งอาจมีพิษต่อสุขภาพได้ และมีระบบการทำแห้งแบบรวดเร็ว โดยใช้เครื่องให้กำเนิดไอน้ำช่วยในการทำความร้อนให้กับภายในห้องบ่ม ทำให้ของที่อยู่ภายในแห้งไวขึ้น นอกจากนี้ Autoclave ในปัจจุบันยังสามารถเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถเก็บข้อมูล ดูรายงานผลการนึ่งฆ่าเชื้อเป็นกราฟ และทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้อีกด้วย

จึงเห็นได้ว่า Autoclave เป็นที่นิยมในการใช้งาน เพราะมีความสะดวกปลอดภัยและประหยัดมากกว่าวิธีอื่น อย่างไรก็ดีการนำเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ มาทำให้ปราศจากเชื้อ โดยการนึ่งด้วยไอน้ำร้อนแรงดันสูงนี้ ผู้ใช้จำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของหลักการ อุปกรณ์ที่ใช้ และวิธีการใช้เป็นอย่างดี ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการนึ่งด้วยไอน้ำร้อนแรงดันสูงก็คือ เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) นอกจากจะนำไปใช้ในการฆ่าเชื้อทางการแพทย์และในอุตสาหกรรมอาหารที่ใช้อย่างแพร่หลาย แต่ในปัจจุบันได้มีนักวิจัยหลากลายสาขาได้คิดวิธีการทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำเกิดประโยชน์มากที่สุด อันเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในหม้อนึ่งแรงดันสูงจะมีความร้อนจากไอน้ำที่ให้ความร้อนภายในสูงกว่า

ภายนอก สิ่งที่ทำให้ความร้อนภายในสูงขึ้นนั้นคือไอน้ำ ซึ่งไอน้ำนั้นเกิดจากการระเหยเมื่อได้รับความร้อน มีสถานะเป็นก๊าซ โดยมักจะผลิตจากหม้อไอน้ำ ไอน้ำเป็นตัวนำพลังงานที่สะดวก มีอยู่ทั่วไป และราคาถูก เพราะมาจากน้ำ ซึ่งสามารถควบคุมให้ใช้งานได้ไม่ยาก ปลอดภัยและไม่เป็นพิษ การผลิตไอน้ำมักจะใช้พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ต้องพยายามให้ได้ประสิทธิภาพสูง และการใช้ไอน้ำต้องใช้อย่างคุ้มค่าเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน

2.1.1 *หลักการของระบบไอน้ำ ในหม้อนึ่งแรงดันสูง*

ไอน้ำเป็นสื่อให้ความร้อนที่สะดวก สำหรับขบวนการของอุตสาหกรรมต่างๆ การที่ไอน้ำเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะประกอบด้วยความร้อนแฝงสูง เมื่อไอน้ำอยู่ในสภาวะอิ่มตัว มีคุณสมบัติในการให้ความร้อนที่อุณหภูมิและความดันคงที่ นอกจากนี้เทคโนโลยีที่ใช้ก็ไม่ยุ่งยากนัก มีข้อดีที่สามารถนำไอน้ำมาใช้ซ้ำแล้วซ้ำอีก เนื่องจากน้ำและไอน้ำสามารถเปลี่ยนสถานะกลับไปมาได้อุตสาหกรรมการผลิตและการบริการต่างๆ จำนวนมากติดตั้งอุปกรณ์ผลิตไอน้ำเพื่อผลิตไอน้ำนำไปใช้ในกิจการ ดังเช่น เพื่อผลิตไฟฟ้า อบ นึ่ง ต้ม รีดให้แห้ง หรือเพื่อชำระล้าง ฯลฯ

ความร้อนในไอน้ำเป็นผลรวมของความร้อนประเภทต่างๆ ซึ่งสามารถจำแนกได้ เป็นความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝง สิ่งสำคัญในการทำความเข้าใจในเรื่องไอน้ำ คือต้องรู้ว่า จุดเดือด ซึ่งก็คืออุณหภูมิที่น้ำเดือด สามารถเปลี่ยนแปลงความดันที่กระทำต่อน้ำนั้น ดังนั้นที่ความดันคงที่ค่าหนึ่ง น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิคงที่ค่าหนึ่ง ตังอย่างที่ใกล้ตัวที่สุด คือการต้มน้ำที่ความดันบรรยากาศปกติ 100 kPa พบว่าน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่น้ำเดือดนี้ เรียกว่า อุณหภูมิที่น้ำเดือดนี้ เรียกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว ถ้าหากความดันลดลง จุดเดือดจะต่ำลงด้วย นั่นคือค้าความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ น้ำจะเดือดที่จุดเดือดต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ใน ทางกลับกันถ้าความดันสูงขึ้น จุดเดือดหรืออุณหภูมิอิ่มตัว คือ 180 องศาเซลเซียส

การคำนวณหาค่าความร้อนของน้ำและไอน้ำได้กำหนดไว้เป็นมาตรฐานว่า น้ำที่ 0 องศาเซลเซียส ไม่มีความร้อน และหน่วยความร้อนคือ จูล ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ 1 กิโลกรัมขึ้นไป 1 องศาเซลเซียสเท่ากับ 4,186 จูล หรือ 4.186 กิโลจูล ซึ่งเรียกว่า ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ ในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ 1 กิโลกรัม ที่ 2 องศาเซลเซียส ไปยังจุดเดือดปกติ (100 องศาเซลเซียส) ใช้ความร้อน 4.186 กิโลจูล จากนั้นถ้าให้ความร้อนเพิ่มอีก พบว่าอุณหภูมิจะคงที่ แต่น้ำจะค่อยๆระเหยเป็นไอน้ำ ในการเปลี่ยนสถานะของน้ำ 1 กิโลกรัม อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ไปเป็นไอน้ำ 1 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิเดียวกัน ต้องใช้ความร้อน 2,257 กิโลจูล จะเห็นได้ว่าความร้อนที่ใช้เปลี่ยนมีปริมาณประมาณ 5.5 เท่าของความร้อนส่วนที่ใช้ต้มน้ำจาก 0 องศาเซลเซียสไปเป็น 100 องศาเซลเซียส

ความร้อนส่วนแรกเรียกว่า ความร้อนสัมผัส ซึ่งทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น ความร้อนส่วนที่สองเรียกว่า ความร้อนแฝง ซึ่งไม่มีผลต่ออุณหภูมิในขณะจะได้ไอน้ำอิ่มตัว และถ้าให้ความร้อนจะได้ไอน้ำซุปเปอร์ที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น ในระบบการใช้ไอน้ำ มักประกอบด้วยสิ่งต่างๆ เหล่านี้

- ท่อจ่ายไอน้ำ

- ฉนวน
- อุปกรณ์ใช้ไอน้ำ
- อุปกรณ์ลดความดันไอน้ำ
- ระบบนำความร้อนทิ้งกลับ
- อุปกรณ์ในเส้นท่อ เช่น เกจความดัน วาล์ว หน้าแปลน

2.1.2 *ลักษณะของ* Autoclave *ที่ดี*

1. อุณหภูมิที่ใช้สำหรับการนึ่งฆ่าเชื้อควรอยู่ในช่วง 105 – 123 องศาเซลเซียส สูงที่สุดไม่ควรเกิน 134 องศาเซลเซียส แต่ไม่ควรให้น้อยกว่านี้

2. ความแม่นยำของอุณหภูมิควรอยู่ในช่วงไม่เกิน +/- 0.1 องศาเซลเซียส

3. ความดันสูงสุดที่ Autoclave ทำได้ไม่ควรต่ำกว่า 26 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

4. ระบบการปล่อยความดันออกควรจะมีแผ่นกรองเพื่อช่วยไม่ให้เกิดการปนเปื้อนจากภายนอกห้องนึ่ง

5. พื้นผิวภายในและภายนอกตู้ควรทำมาจากวัสดุที่ทนความร้อนได้สูง โดยเฉพาะส่วนที่เป็นพลาสติก

6. มีระบบควบคุมความปลอดภัย (Safety Control) เพื่อป้องกันอุณหภูมิและความดันสูงเกินค่าที่ต้องการ

ในงานวิจัยนี้จะทำการสร้างหม้อนึ่งแรงดันสูงขึ้นและส่วนประกอบที่สำคัญต่างๆเพื่อใช้ให้เหมาะกับงานและสามารถใช้ได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น ส่วนประกอบที่สำคัญของหม้อนึ่งแรงดันสูง ดังแสดงในภาพที่ 2.1

ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบหม้อนึ่งแรงดันสูง (Autoclave) ที่สำคัญ

1. ตัวถังหม้อนึ่ง ทำด้วยสเตนเลสหนาเป็นอย่างน้อย 2 หุน เพื่อให้สามารถรับแรงดันทุกทิศทุกทาง และไม่เกิดปัญหาสนิม เนื่องจากการใช้ถังที่มีปริมาณเหล็กมากนั้นอาจส่งผลเสียต่อการใช้งานในกระบวนการต่อไป

2. ฝาครอบ ทำด้วยสเตนเลสหนาเป็นอย่างน้อย 2 หุน เพื่อให้สามารถรับแรงดันทุกทิศทุกทางได้อย่างสบาย และไม่ให้เกิดสนิมในขณะทำการอบเส้นด้าย และบริเวณด้านบนของฝา จะทำการติดตั้ง เกจวัดแรงดันเพื่อช่วยทราบแรงภายในตัวถังที่ทำการทดลอง และส่วนที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งที่ทำการติดตั้ง คือเกจวัดอุณหภูมิ เพื่อทำให้ทราบถึงอุณหภูมิในขณะนั้นเท่าไรถึงจะทำให้เส้นด้ายที่ทำการอบให้สีที่ซึมลึก ทำให้สามารถยืนยันผลได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2.2

ก) เกจวัดแรงดัน ข) เกจวัดอุณหภูมิ

ภาพที่ 2.2 ลักษณะเกจที่ทำการใช้งานในหม้อนึ่งแรงดันสูง

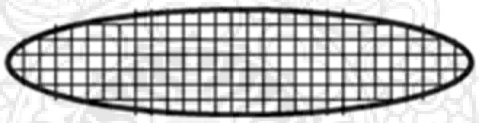
3. ช่องเฉพาะวัดอุณหภูมิ ฝาประกบทำจากสเตนเลส โดยมีส่วนที่ประกบเป็นยางซิลิโคลนเพื่อป้องกันการไหลผ่านของความดันและช่วยให้สายวัดอุณหภูมิไม่เกิดช่องว่างขณะทำการวัดความร้อนจากผ้าที่ทำการย้อมอบภายในหม้อนึ่งแรงดันสูง ลักษณะช่องเฉพาะวัดอุณหภูมิ ทำขึ้นมาเฉพาะงานวิจัยนี้เพื่อเป็นการวัดความร้อนในเนื้อผ้าที่ทำการวิจัยมีการติดทนแน่นได้ที่อุณหภูมิเท่าไรนั้นจึงจำเป็นต้องมีการออกแบบเฉพาะด้านขึ้นมา โดยมีส่วนประกอบตามแสดงในภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.3 ชุดช่องสำหรับใส่สายวัดประกอบติดกับเนื้อผ้าภายในหม้อนึ่งแรงดันสูง

4. ตะแกรง ทำจากสเตนเลส ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างน้อย 2-3 หุน(1/4นิ้ว-3/4นิ้ว) เพื่อรอง รับผ้าที่ทำการอบ และเป็นตัวรับฝาตะแกรงลวด ดังแสดงในภาพที่ 2.4

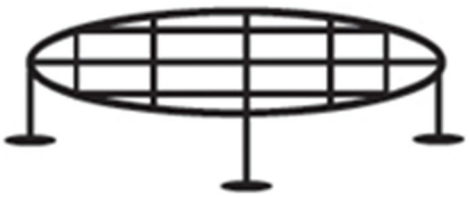
ภาพที่ 2.4 ตะแกรงใส่ผ้าภายในหม้อนึ่งแรงดันสูง

5. ฝาตะแกรงภาพตาข่าย ทำจากสเตนเลส ลวดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 2-3 มิลลิเมตร เพื่อทำการแขวนผ้าเป็นไจ ให้มีประมาณมากที่สุดในหม้อนึ่งแรงดันสูง ดังแสดงภาพที่ได้ออกแบบ ในภาพที่ 2.5 โดยฝาตะแกรงนี้จะวางอยู่บนตะแกรงในภาพที่ 2.4 ซึ่งอยู่ภายในหม้อนึ่งทั้งหมด



ภาพที่ 2.5 ฝาตะแกรงรูปตาข่ายสำหรับแขวนผ้า

6. ฐานรองตะแกรง ทำจากสเตนเลส ลวดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 5-8 มิลลิเมตร เพื่อรองรับตะแกรงในภาพที่ 2.4 และให้มีพื้นที่ในการใส่น้ำลงไว้ใต้ตะแกรง ลักษณะฐานรองตะแกรง ดังในภาพที่ 2.6

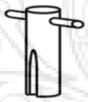


ภาพที่ 2.6 ฐานรองตะแกรง

7. ชุดขันล๊อคฝาและหม้อนึ่งแรงดัน ทุกชิ้นส่วนทำจากสเตนเลส เพื่อช่วยในการยึดฝาครอบให้ประกบยึดแน่นกับหม้อนึ่งแรงดัน ซึ่งมีแรงดันที่สูงถ้ายึดประกบติดกันไม่แน่นหรือเกิดช่องว่างทำให้แรงดันลดลงการมีชุดล๊อคฝาครอบจะเป็นการช่วยให้ความดันภายในหม้อจะได้ตามที่ต้องการ แสดงลักษณะส่วนประกอบที่สำคัญในภาพที่ 2.7

ภาพที่ 2.7 ชุดล๊อคฝาครอบและหม้อนึ่งแรงดัน

8. ชุดขันแหวนล๊อคฝาครอบ ทำจากสเตนเลส เพื่อช่วยยึดให้แน่น เนื่องจากการใช้มือในการบิดให้แน่นนั้นยังไม่เพียงพอ จึงต้องใช้อุปกรณ์เสริมที่ออกแบบมาเฉพาะเพื่อให้ง่ายต่อการขันให้แน่นกว่าเดิม ดังแสดงในภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 ชุดขันแหวนล๊อคฝาครอบ

9. ชุดอุปกรณ์ขาตั้งและแก๊ส LPG เป็นส่วนให้ความร้อนเพื่อช่วยในการต้มน้ำให้เดือดภายในหม้อนึ่งแรงดันสูง และประหยัดการใช้ไฟฟ้ายังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชนบทได้ในอนาคต ดังแสดงในภาพที่ 2.9

ภาพที่ 2.9 ชุดอุปกรณ์และแก๊ส LPG สำหรับการต้มน้ำในหม้อนึ่งแรงดันสูง

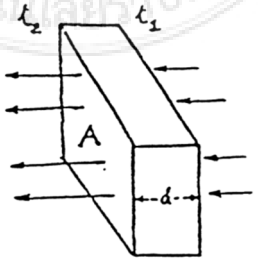
2.2 ระบบความร้อน

ความร้อนเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งซึ่งสามารถไหลเท่จากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งได้ ความร้อนเกิดจากดวงอาทิตย์ จากการเสียดสีของวัตถุ จากความร้อนแสง จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เมื่อวัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิแตกต่างกันและเมื่อนำวัตถุนั้นมาสัมผัสกัน ความร้อนจะไหลจากจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังวัตถุที่มีอุณหภูมิที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ และเมื่อวัตถุที่นำมาสัมผัสกันอยู่ในสภาวะสมดุลจะมีอุณหภูมิสุดท้ายอยู่ระหว่างอุณหภูมิทั้งสอง ซึ่งกลไกเหล่านี้เรียกว่า การถ่ายโอนความร้อน โดยอาศัยตัวกลางเป็นสื่อหรือเส้นทางเดิน ตัวกลางหรือสื่อของการถ่ายโอนความร้อน ได้แก่ อากาศ น้ำ โลหะ แก้ว กลไกการถ่ายเทความร้อนแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี แต่ในความเป็นจริงการถ่ายเทความร้อนทั้งสามชนิดอาจเกิดขึ้นพร้อมๆ กันอย่างแยกไม่ออก

2.2.1 *การถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน* (Conduction heat transfer)

การนำความร้อน คือ การเคลื่อนที่ของความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่ที่มีอุณหภูมิต่ำในวัตถุ โดยไม่มีการเคลื่อนไหวของโมเลกุลในวัตถุ แม้ว่าการนำความร้อนจะเกิดได้ทั้งในตัวกลางที่เป็นของแข็ง ของเหลว ก๊าซ แต่ความร้อนถูกส่งผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งได้ดีที่สุดและในตัวกลางที่เป็นของแข็งนั้นการถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นโดยการนำความร้อนเป็นส่วนใหญ่ หากเป็นวัตถุทึบแสงในการนำความร้อน ความร้อนจะถ่าย เทโดยการสั่นสะเทือนของโมเลกุลในชั้นถัดไปในลักษณะของของพลังงานสั่นสะเทือนของโมเลกุล นอกจากนี้แล้วการนำความร้อนยังอาจเกิดจากการถ่ายเทความร้อนของอิเล็กตรอนที่มีอยู่ในของแข็งเมื่ออิเล็กตรอนได้รับความร้อนจะมีพลังงานมากขึ้น และเคลื่อนที่ไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า เช่น การเอามือไปจับกาน้ำร้อน จะทำให้ความร้อนจากกาน้ำถ่ายเทไปยังมือ จึงทำให้รู้สึกร้อน เป็นต้น วัสดุใดจะนำความร้อนดีหรือไม่ดี ขึ้นอยู่กับค่าสัม ประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ตัวนำความร้อน เช่น เหล็ก ทองแดง ทองเหลือง อะลูมิเนียม ฉนวนความร้อน เช่น พลาสติก ไม้ ยาง สังเคราะห์

ค่าการนำความร้อน (Thermal conductivity) การนำความร้อนสามารถวัดการนำความร้อนของสารด้วยปริมาณที่เรียกว่า ค่าการนำความร้อน หรือใช้ตัวย่อว่า k มีหน่วยเป็น $W / m . K$ ในระบบ SI โดยค่าการนำความร้อนสำหรับวัตถุชนิดต่างจะมีลักษณะเฉพาะตัวสำหรับวัตถุแต่ละประเภท



ภาพที่ 2.10 การนำความร้อนในของแข็ง
ที่มา: พงษ์ พันธุกุล และคณิต อินจันทร์ณรงค์, 2513

2.2.2 *การพาความร้อน* (Convection heat transfer)

คือการถ่ายโอนความร้อนที่เกิดจากที่สารใดสารหนึ่ง ได้รับความร้อนแล้ว ความหนาแน่นของอนุภาคน้อยลงขยายตัวลอยตัวสูงขึ้น พร้อมทั้งพาความร้อนไปด้วย ขณะเดียวกันส่วนอื่นที่ยังไม่ได้รับความร้อนยังมีความหนาแน่นของอนุภาคมากกว่า จะเคลื่อนมาแทนที่เป็นแบบนี้ไปเรื่อยๆ จนสสารนั้นได้รับความร้อนทั่วกัน เรียกว่า "การพาความร้อน" การเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพาความร้อนนั้นจะเกิดขึ้นได้ 2 รูปแบบด้วยกันคือ

1.เกิดขึ้นโดยปริมาณความร้อนที่อยู่ในของไหลทำให้ความหนาแน่นของส่วนต่างๆของของไหลต่างกัน ทำให้ของไหลเกิดการหมุนเวียนพาความร้อนไปถ่ายเทให้กับส่วนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า วิธีนี้เรียกว่าการพาความร้อนแบบอิสระ หรือ การพาความร้อนในวิธีธรรมชาติ (Free or Natural convection)

2. เกิดขึ้นโดยทางกลไก เช่นมีการใช้ปั๊มน้ำหรือใช้พัดลม บังคับให้เกิดการถ่ายเทความร้อนออกไป วิธีนี้จะเรียกว่า การพาความร้อนในแบบกลไก (Forced convection)

2.2.3 *การแผ่รังสี* (Radiation heat transfer)

คือ การถ่ายโอนความร้อนที่เกิดจากแหล่งความร้อนหนึ่ง ถ่านโอนความร้อนไปยังสารที่มีอุณภูมิต่ำกว่า โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง เรียกว่า การแผ่รังสี เช่น การตากปลาแห้ง ตากเสื่อผ้ากลางแจ้ง กลไกการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสี มีความแตกต่างจากการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำและการพาความร้อน เนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนไม่ต้องอาศัยตัวกลาง โดยถ่ายเทความร้อนในรูปของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า การแผ่รังสีที่เกิดในช่วงความยาวช่วงคลื่น 0.1-100 ไมโครเมตรนี้ จัดเป็นรังสีความร้อน

2.3 อุปกรณ์สำหรับการออกแบบและพัฒนาหม้อนึ่งแรงดันสูง

อุปกรณ์สำหรับการออกแบบและพัฒนาหม้อนึ่งแรงดันสูงประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

2.3.*1 ฮีทเตอร์* (Heater)

เป็นอุปกรณ์ทำความร้อนในอุตสาหกรรมที่มีหลักการพื้นฐานคือเมื่อกระ แสไหลผ่านขดลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทานสูงลวดตัวนำจะร้อน ดังนั้น ลวดที่ใช้ผลิตฮีทเตอร์จะต้องมีคุณสมบัติเหนียวและทนอุณหภูมิสูงสำหรับลวดอีทเตอร์เป็นลวด Khantal (นิกเกิ้ล: โครเมี่ยม ,80 : 20) จากประเทศสวีเดน ทนอุณหภูมิสูงได้ถึง 1,250 องศาเซลเซียส เป็นลวดผลิตฮีทเตอร์ที่ดีที่สุดในโลก ส่วนประกอบอื่นๆในการผลิตฮีทเตอร์มีดังนี้ ฉนวนแม็กนีเซียมออกไซค์ (MgO) จาก USA มีค่านำไฟฟ้าต่ำแต่นำความร้อนดีมากทำหน้าที่กั้นกลางระหว่างขดลวดฮีทเตอร์กับปลอกโลหะ เพื่อป้องกันไม่ให้มีกระแสรั่ว (Leak current) จากขดลวดฮีทเตอร์ออกไปยังผิวโลหะจุดสำคัญคือ ห้ามมีความชื้นในฉนวนเด็ดขาด เพราะจะทำให้ค่านำไฟฟ้าสูงขึ้น หากมีความชื้นสามารถแก้ไขได้โดยการนำไปอบในเตาอบ ท่อสแตนเลส 304 และ 316 จากออสเตรเลียเลือกที่มีความหนามากเป็นพิเศษ ทำให้ทนอุณหภูมิสุงได้กว่าปกติ Insulation tester เป็นเครื่องทดสอบความเป็นฉนวนของฮีทเตอร์เพื่อให้แนใจว่าในการใช้งานจริง

จะไม่มีกระแสรั่วจากลวดฮีทเตอร์สู่ผิวโลหะ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ได้ มาตรฐานของ PJ ได้กำหนดการทดสอบแรงดันที่ 1500 VAC และค่าเป็นฉนวนต้องมากกว่า 500 MW ชนิดของฮีทเตอร์

1. ฮีทเตอร์รัดท่อ (Band heat) ได้รับการออกแบบสำหรับถัง หรือท่อรูปทรงกระบอก ฉนวนของฮีทเตอร์ทำจากแผ่น Mica และ ลวดฮีทเตอร์แบบแบน (Ribbon wire heating element) จึงทำให้ฮีทเตอร์ชนิดนี้ มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กขนาด 25 มิลลิเมตร หรืออาจใหญ่ถึง 300 มิลลิเมตร ก็ได้ ส่วนความกว้างอยู่ระหว่าง 20 – 100 มิลลิเมตร ตัวถังด้านนอกจะเป็นแผ่นเหล็กหรือสแตนเลส เหมาะสำหรับให้ความร้อนกับเครื่องฉีดพลาสติก

ภาพที่ 2.11 ฮีทเตอร์รัดท่อ (Band heat)
ที่มา: heater-ies.blogspot.com, 23/04/2552

2. บอบบิ้นฮีทเตอร์ (Bobbin heater) เป็นฮีทเตอร์แบบจุ่มชนิดหนึ่งถูกออกแบบสำหรับให้ความร้อนกับของเหลว สามรถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ปลอกฮีทเตอร์สามารถเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งาน มีให้เลือกทั้งสแตนเลส 304 สแตนเลส 316 และควอทซ์ แบบสแตนเลสมีข้อดีคือ เมือฮีทเตอร์สามารถซ่อมได้ แบบควอทซ์ใช้สำหรับงานชุบ โดยใช้ไฟฟ้า แช่ในกรดหรือสารละลาย

ภาพที่ 2.12 บอบบิ้นฮีทเตอร์ (Bobbin heater)
ที่มา: heater-ies.blogspot.com, 23/04/2552

3. ฮีทเตอร์ครีบ (Finned heater) ทำจากฮีทเตอร์ท่อกลมที่ดัดเป็นรูปต่างๆ และเพิ่มแผ่นครีบม้วนติดกับท่อฮีทเตอร์อย่างต่อเนื่องจากปลายด้านหนึ่งไปยังปลายอีกด้านหนึ่ง ส่วนของแผ่นครีบที่เพิ่มขึ้นมาจะจะทำให้ฮีทเตอร์ถ่ายทความร้อนได้เร็วขึ้น ส่วนฮีทเตอร์ท่อกลม คือฮีทเตอร์ที่ใช้ท่อกลมให้ความร้อนโดยตรงไม่ผ่านครีบ

ฮีทเตอร์ครีบและฮีทเตอร์ท่อกลม ใช้กับงานดังต่อไปนี้ ใช้ในเตาอบ ใช้ในท่อดัช (DUCT) และเครื่องปรับอากาศการติดตั้งสามารถทำได้ 2 วิธี คือ 1) การติดตั้งแบบให้ความร้อนโดยตรง 2) ส่งผ่านความร้อนจากห้องเผาไหม้ไปยังห้องอบโดยใช้ลมร้อนไม่สามารถถ่ายเทได้ในกรณีที่ให้ความร้อนกับอากาศที่ไม่หมุนเวียน ควรเลือกวัสดุที่ใช้ทำฮีทเตอร์เป็นอินโคลอย เนื่องจากมีคุณสมบัติในการถ่ายเทความร้อนได้ดีและทนอุณหภูมิสูงได้กว่าวัสดุชนิดอื่น

ภาพที่ 2.13 ฮีทเตอร์ครีบ (Finned heater)
ที่มา: heater-ies.blogspot.com, 23/04/2552

4. ฮีทเตอร์จุ่ม (Immersion heater) ทำจากอีทเตอรีท่อกลมที่ดัดเป็นรูปตัวยู (U shape) และเชื่อมติดกักลียวซึ่งมีขนาดเกลียวตั้งแต่ 1 นิ้วขึ้นไป และขนาดของเกลียวจะขึ้นอยู่กับจำนวณเส้นของฮีทเตอร์ จะมีตั้งแต่ 1U 2U 3U 6U ตามความเหมาะสมของกำลังไฟฟ้า (Watt) และความยาวของฮีทเตอร์

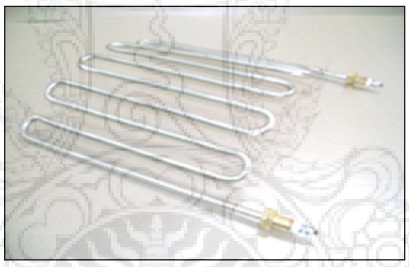
ฮีทเตอร์แบบจุ่มเหมาะสำหรับใช้กับของเหลว เช่น ต้มน้ำและอุ่นน้ำมัน การติดตั้งสามารถทำได้โดยเชื่อมเกลียวตัวเมียติดกับถังแล้วใส่อีทเตอร์แบบเกลียวเข้าไป โดยตัวฮีทเตอร์จะขนานกับพื้นถัง ข้อควรระวังไม่ให้ส่วนของฮีทเตอร์โผล่พ้นของเหลว เนื่อจากจะทำให้ส่วนที่อยู่เหนือของเหลวร้อนจัดเกินไปและจะทำให้อายุการใช้งานสั้นลง เพื่อให้ความร้อนกระจายอย่างทั่วถึงควรติดใบกวนของเหลวด้วย

5. ฮีทเตอร์อินฟราเรด (Infrared heater) มีหลักการทำความร้อน คือการให้กำเนิดแสงอินฟราเรดและส่งไปยังวัตถุ โดยเป็นแสงคลื่นยาวที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาของมนุษย์ รังสีคลื่นยาวนี้จะทำให้โมเลกุลของวัตถุที่ได้รับรังสีนี้เข้าไปเกิดการสั่นทำให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้น

หลักการนี้จะมีประสิทธิภาพเมื่อนำไปใช้กับวัตถุที่มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่เรียงกันเป็นแถวยาว เช่น สี กาว อาหาร พลาสติก เป็นต้น

หน่วยเล็กที่สุดของวัตถุ คือ โมเลกุล ซึ่งประกอบด้วยอะตอมธาตุต่างๆการที่วัตถุอยู่รวมกันเป็นกลุ่มก้อนได้เนื่องจากโมเลกุลเหล่านั้นมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน

อะตอมของวัตถุไฮโมเลกุล (โมเลกุลที่เกาะกันเป็นสายยาว เช่น สี พลาสติก ยาง เป็นต้น) จะยึดเกาะกันคล้ายสปริง ซึ่งจะมีการสั่นอยู่บ้าง เมื่อวัตถุไฮโมเลกุลได้รับรังสีอินฟราเรดซึ่งมีความถี่ของคลื่นใกล้ เคียงกับการสั่นของโมเลกุลจะส่งผลให้โมเลกุลต่างๆมีการสั่นที่รุนแรงขึ้นเนื่องจากอิเล็กตรอนอิสระมีพลังงานมากขึ้น จะส่งผลให้เกิดความร้อนที่ตัววัตถุ ช่วงรังสีที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทำความร้อนกับวัตถุ คือ ช่วงรังสีคลื่นยาว คลื่นความยาวช่วงอื่นจะถือว่าเป็นการสูญเสีย เนื่องจากเนื่องจากการเคลื่อนที่ทะลุวัตถุหรือการถูกสะ ท้อนกลับ ดังนั้น ฮีทเตอร์อินฟราเรดที่มีประสิทธิภาพมากจะต้องมีความสามารถในการแปลงพลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปของคลื่นอินฟราเรดให้มากที่สุด คือช่วง 3 - 10 มิลลิเมตรองค์ประกอบสำคัญที่ต้องพิจารณา คือแหล่งกำเนิดคลื่นอินฟราเรดและวัตถุเป้าหมาย ในขณะที่การทำความร้อนด้วยวิธีการพาและการนำความร้อนจะเน้นที่ตัวกลางหรือสื่อ



ภาพที่ 2.14 ฮีทเตอร์จุ่ม (Immersion heater)
ที่มา : heater-ies.blogspot.com, 23/04/2552

ภาพที่ 2.15 ฮีทเตอร์อินฟราเรด (Infrared heater)
ที่มา: heater-ies.blogspot.com, 23/04/2552

2.3.2 *เทอร์โมคัปเปิ้ล*

เทอร์โมคัปเบิ้ลเป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิเพื่อแสดงผลค่าความร้อน เทอร์โมคัปเปิ้ลมีหลายชนิดให้เลือกแล้วแต่ย่านอุณหภูมิและลักษณะการใช้งาน โดยความแตกต่างของแต่ละชนิดนี้เกิดจากการเลือกใช้ค่าของวัสดุของโลหะ ที่นำโลหะที่นำโลหะชนิดต่างๆมาจับคู่เชื่อมเข้าด้วยกันจะทำให้คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิ้ลที่ได้แตกต่างกันไป นอกจากนี้ได้มีการทดลองผสมโลหะต่างชนิดเข้าด้วยกันเพื่อปรับปรุงคุณภาพของโลหะเดิมให้ดีขึ้นหรือเพื่อใช้แทนโลหะบางชนิดที่ใช้ทำอยู่เดิม เช่น แพลตินั่มเนื่องจากมีราคาสูง ตัวอย่างโลหะผสมที่เกิดขึ้น เช่น โครเมล (Cromel) คือ โลหะผสมของ นิกเกิล 90 เปอร์เซ็นต์ และ โครเมียม 10 เปอร์เซ็นต์ อลูเมล (Alumel) คือโลหะผสมของนิกเกิล 95 เปอร์เซ็นต์ อลูมิเนียม 2 เปอร์เซ็นต์ แมงกานีส 2 เปอร์เซนต์ และซิลิกอน 1 เปอร์เซ็นต์ คอนสแตนแตน (Constantan) คือ โลหะผสมของทองแดง 60 เปอร์เซ็นต์ และนิกเกิล 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น

การใช้งานเทอร์โมคัปเปิ้ลควรเลือกใช้ให้ถูกต้องและเหมาะสมกับงานนั้นๆ โดยสิ่งที่เราจะควรพิจารณามีหลายข้อ เช่น ค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ใช้งาน ราคา ความกัดกร่อนของสารที่เทอร์โมคัปเปิ้ลสัมผัส เป็นต้น

ภาพที่ 2.16 เทอร์โมคัปเปิ้ล
ที่มา: www.prakanmall.com, 23/04/2552

<u>คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน</u> (Characteristic of standard thermocouples)

1. ความไว (Sensitivity) จากตารางแรงเคลื่อนของ NBS แสดงว่าย่านของแรงเคลื่อนจากเทอร์โมคัปเปิลจะมีค่าน้อยกว่า 100 mV แต่ความไวที่แท้จริงในการใช้งานจะขึ้นอยู่กับการใช้วงจรปรับสภาพสัญญาณและตัวเทอร์โมคัปเปิลเอง

2. โครงสร้าง (Construction) โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิลมีลักษณต้องมีลักษณะดังนี้คือ มีความต้านทานต่ำ ให้สัมประสิทธิ์อุณหภูมิสูง ต้านทานต่อการเกิดออกไซด์ที่อุณหภูมิสูงๆ ทนต่อสภาวะแวดล้อมที่นำไปใช้วัดค่า และเป็นเชิงเส้นสูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ตัวฝักหรือท่อป้องกันส่วนมาก

จะทำจากแสตนเลส ความไวของเทอร์โมคัปเปิลขึ้นอยู่กับความหนาของท่อป้องกันทั้งเยอรมันเนียมและซิลิคอนจะทำให้คุณสมบัติการเกิดเทอโมอิเล็กทริกจึงใช้กันมากในอุปกรณ์ทำความเย็น (Peltier element) มากกว่าที่จะใช้เป็นเทอร์โมคัปเปิลวัดอุณหภูมิ

ขนาดของสายเทอร์โมคัปเปิลกำหนดจากการใช้งานแต่ละอย่างและมีขนาดจาก #10 ในสภาวะ แวดล้อมที่ไม่คงที่ จนถึงขนาด # 30 หรือแม้กระทั่ง 0.02 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นสายแบบไมโครไวร์ (Microwire) ที่ใช้กับการวัดอุณหภูมิการกลั่นในงานทางชีววิทยา

3. ย่านการใช้งาน (Range) ย่านอุณหภูมิการใช้งานและความไวในการวัดของเทอร์โมคัปเปิล แต่ละตัวจะแตกต่างกันตามแต่ละสมาคมกำหนด ในส่วนที่สำคัญคือค่าแรงเคลื่อนที่ออกมาจากแต่ละอุณหภูมิต้องอ้าง อิงกับตารางค่ามาตรฐานของแต่ละสมาคมที่ใช้ให้ถูกต้องเป็นเอกภาพเดียวกันหมดทั้งระบบ

4. เวลาตอบสนอง (Time response) เวลาตอบสนองของเทอร์โมคัปเปิลขึ้นอยู่กับขนาดของสายและวัสดุที่นำมาทำท่อป้องกันตัวเทอร์โมคัปเปิล

5.การปรับสภาพสัญญาณ (Signal conditioning) ปกติแรงเคลื่อนของเทอร์โมคัปเปิลจะมีขนาดน้อยมากจึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณโดยใช้ออปแอมป์ขยายความแตกต่างที่มีอัตราขยายสูงๆ

<u>การใช้งานเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐาน</u> (Characteristic in application of thermocouple standard type) ในปัจจุบัน พบว่ามีเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐานอยู่ 7 ชนิดตามมาตรฐานของ ANSI และ ASTM โดยการจำแนกตามประเภทของวัสดุที่ใช้ทำได้แก่

1.เทอร์โมคัปเปิลแบบ S ประดิษฐ์โดยนาย Le Chatelier ในปี 1886

ข้อดีของแบบ S

- เหมาะกับการใช้งานในสภาวะที่เกิดปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิไดซิง (Oxidizing)
- เหมาะกับการใช้งานในสภาวะงานเฉื่อย (Inert) คืองานที่ไม่เปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาใดๆได้ง่าย
- นิยมใช้กับงานวัดตัวแปรที่มีอุณหภูมิสูง เช่น เตาหลอมเหล็ก
- วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 1550^{0}C และอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วงประมาณ –50 ถึงประมาณ 1700^{0}C
- หากอยู่ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะให้ความเที่ยงตรงสูงที่สุด
- ใช้ในการสอบเทียบ ตั้งแต่จุดแข็งตัวของแอนติโมนี (630.74^{0}C) จนถึงจุดแข็งตัวของทองแดง (1064.43^{0}C) ตามมาตรฐาน IPTS 68

ข้อเสียของแบบ S

- ต้องใช้ท่อป้องกันในทุกสภาวะบรรยากาศ
- ไม่เหมาะกับงานที่มีปฏิกิริยาแบบรีดิวซิง (Reduzing)

- ไม่เหมาะกับงานที่เป็นสูญญากาศ (Vacuum)
- ไม่เหมาะกับงานที่มีไอโลหะ เช่น สังกะสี ตะกั่ว
- ไม่เหมาะกับงานที่มีไอของอโลหะ เช่น จำพวก อาเซนิก ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส เพราะจะมีอายุการใช้งานสั้นลง

2.เทอร์โมคัปเปิลแบบ R เป็นแบบที่เหมาะกับการวัดอุณหภูมิสูง ๆ

ข้อดีของแบบ R

- ให้แรงเคลื่อนทางด้านเอาท์พุตสูงกว่าแบบ S
- วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 1600^0C
- วัดอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วง -50 ถึงประมาณ 1700^0C
- เหมาะกับการวัดอุณหภูมิสูงๆ เช่น ในเตาหลอมเหล็ก อุตสาหกรรมแก้ว
- ทนทานต่อการกัดกร่อน และให้เสถียรภาพของอุณหภูมิที่ดี
- ส่วนลักษณะข้อเสียเช่นเดียวกับแบบ S แต่ส่วนที่เพิ่มเติมคือ ให้ความเป็นเชิงเส้นต่ำเพิ่ม
- อุณหภูมิต่ำกว่า 540^0C

3.เทอร์โมคัปเปิลแบบ B ผลิตครั้งแรกเมื่อปี 1954 ในประเทศเยอรมัน

ข้อดีของแบบ B

- วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วงประมาณ 100 ถึงประมาณ 1600^0C
- วัดอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วงประมาณ 50 ถึงประมาณ 1750^0C
- แข็งแรงกว่าแบบ S และแบบ R
- เหมาะกับการใช้งานในสภาวะที่มีปฏิกิริยาแบบออกซิไดซิงและสภาวะเฉื่อย ให้ความเป็นเชิงเส้นของสัญญาณ (linearity) ดี

ข้อเสียของแบบ B

- ให้แรงเคลื่อนของไฟฟ้าน้อยกว่าแบบอื่น ๆ เมื่อวัดอุณหภูมิที่เงื่อนไขเดียวกัน
- ไม่เหมาะกับสภาวะที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาแบบรีดิวซิง
- ไม่เหมาะกับสภาวะที่เป็นสุญญากาศ
- ไม่เหมาะกับสภาพงานที่มีไอของโลหะและอโลหะเช่นเดียวกับแบบ Rและ S
- ให้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าสองค่า (double value region)จากอุณหภูมิในช่วง 0-42 ^{0}C ทำให้ไม่สามารถทาราบได้ว่าที่แรงเคลื่อนไฟฟ้านั้นมี
- อุณหภูมิเป็นเท่าใด เช่นที่อุณหภูมิ 0^0Cจะแรงเลื่อนไฟฟ้าเท่ากับ 42^0C
- ให้ความชัน (การเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนต่ออุณหภูมิ) ของสัญญาณต่ำกว่าแบบอื่น ๆ

4.เทอร์โมคัปเปิลแบบ J พบว่าหากใช้แพลทินัมมาทำเป็นเทอร์โมคัปเปิลความคุ้มทุนก็ลดลงไป ดังนั้นเพื่อที่จะทำให้เทอร์โมคัปเปิลราคาถูกลง จึงใช้วัตถุธาตุอื่นที่มีราคาถูกกว่ามาทดแทนแพลทินัม

ข้อดีของแบบ J

- ให้อัตราการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ออุณหภูมิได้ดี
- มีราคาถูกกว่าแบบที่ทำจากธาตุบริสุทธิ์
- ตามมาตรฐาน BS 7937 Part 30 สามารถวัดอุณหภูมิได้ต่อเนื่องจากช่วงประมาณ –210 ถึง 1200^{0}C
- เหมาะกับสภาพงานที่เป็นสุญญากาศงานที่ งานที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิไดซิง และงานที่อยู่ในสภาพเฉื่อย เมื่ออุณหภูมิไม่เกิน 760^{0}C
- นิยมใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก
- เป็นแบบที่นิยมใช้ ราคาไม่แพง

ข้อเสียของแบบ J

- วัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่าแบบ T
- ไม่เหมาะสมมากนักกับงานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0^{0}C
- หากวัดที่อุณหภูมิสูงกว่า 538^{0}C จะเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซิงที่สายซึ่งทำจากเหล็กด้วยอัตราสูง
- หากใช้งานนานเกินช่วง 20 ปี ส่วนผสมทางเคมี คือ แมงกานีสในเหล็กจะเพิ่มขึ้น 0.5% ทำให้คุณสมบัติของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

5.เทอร์โมคัปเปิลแบบ K ธาตุหนึ่งที่เป็นฐานสำหรับการสร้างคือ นิกเกิล เทอร์โมคัปเปิลชนิดนี้เริ่มผลิตให้เป็นมาตรฐานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1916 โดยพื้นฐานการผลิต ขั้วหนึ่งจะเป็นนิกเกิลที่เจือปนด้วยอะลูมิเนียมส่วนอีกด้านที่เจือปนด้วยโครเมียม เพราะว่าในปี ค.ศ. 1916 ยังไม่สามารถสร้างนิเกิลลบริสุทธิ์ได้ แต่ในปัจจุบันได้มีการระมัดระวังส่วนผสมที่จะทำให้เกิดความไม่บริสุทธิ์ดังกล่าวเพื่อเหตุผลในการบำรุงรักษาและสอบเทียบ ด้วยเหตุนี้เทอร์มคัปเปิลชนิด K ที่กำหนดเป็นค่ามาตรฐานจะไม่ใช้โลหะผสมแต่โดยทั่วไปจะผสมธาตุพิเศษเข้าไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแรงเคลื่อน/อุณหภูมิของจุดหลอมละลายที่กำหนดไว้ข้อควรระวังในการใช้งานของชนิด K มีดังนี้

1. ขั้วลบของเทอร์โมคัปเปิลจะเป็นวัสดุเฟอร์โรแมกเนติก (เหล็กที่เป็นสารแม่เหล็ก) ที่อุณหภูมิ ห้อง แต่ที่จุดคิวรีของมัน (Curie point คืออุณหภูมิที่มันเปลี่ยนจากคุณสมบัติเหล็กไปเป็นแม่เหล็ก) อยู่ในช่วงที่ใช้งานพอดี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนทางเอาต์พุตอย่างทันทีทันใด ยิ่งไปกว่านั้นพบว่าจุดคิวรีดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโลหะผสม จุดคิวรีนี้จะเปลี่ยนคุณสมบัติจากเทอร์โมคัปเปิลตัวหนึ่งให้เป็นเทอร์โมคัปเปิลอีกตัวหนึ่ง ดังนั้นจึงต้องทดลองหาการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนที่ไม่ทราบค่า ณ อุณหภูมิที่เราไม่ทราบค่านี้

2. ที่อุณหภูมิสูง ๆ (ช่วง 200^{0}C ถึง 600^{0}C) เทอร์โมคัปเปิลชนิด K จะมีผลของฮีสเตอร์รีซีสเกิดขึ้นขณะอ่านค่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นและในช่วงที่อุณหภูมิลดลง ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่สามารถจะคาดเดาการเปลี่ยน แปลงแรงเคลื่อนได้

3. ที่อุณหภูมิ 1000^0C ขั้วของเทอร์โมคัปเปิลชนิด K จะเกิดออกไซด์เป็นเหตุให้มีการเปลี่ยน แรงเคลื่อน

4. การใช้โคบอลต์เป็นโลหะผสมสำหรับเทอร์โมคัปเปิลชนิด K จะทำให้เกิดปัญหาในอุตสาหกรรมนิวเคลียร์ หรือในพื้นที่อื่น ๆ ที่มีฟลักซ์นิวตรอนสูง ๆ ธาตุบางตัวจะรับเอาการปลดปล่อยนิวเคลียร์ จึงทำให้เปลี่ยน แปลงแรงเคลื่อนทางด้านเอาต์พุต ย่านการทำงานและความแน่นอนของเทอร์โมคัปเปิลในงานอุตสาหกรรมกำหนดโดยมาตรฐาน IEC 584 (รหัสสำหรับการวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคัปเปิล) ช่วงนการวัดอุณหภูมิต่อเนื่องของเทอร์โมคัปเปิลแบบนี้จะเป็น -270^0C ถึง $+1,370^0C$

ข้อดีของแบบ K

- เป็นแบบที่นิยมใช้แพร่หลายมากที่สุด
- สำหรับการวัดอุณหภูมิช่วงสั้น ๆ จะวัดได้จาก -180^0C ถึงประมาณ $1,350^0C$
- สามารถใช้วัดในงานที่มีปฏิกิริยาออกซิไดซิง หรือสภาวะแบบเฉื่อย(inert) ได้ดีกว่าแบบอื่น ๆ
- สามารถใช้กับสภาพงานที่มีการแผ่รังสีความร้อนได้ดี
- ให้อัตราการเปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ออุณหภูมิดีกว่าแบบอื่น ๆ (ความชันเกือบเป็น 1) และมีความเป็นเชิงเส้นมากที่สุดในบรรดาเทอร์โมคัปเปิลด้วยกัน

ข้อเสียของแบบ K

- ไม่เหมาะกับการวัดที่ต้องสัมผัสกับปฏิกิริยารีดิวซิงและออกซิไดซิงโดยตรง
- ไม่เหมาะกับงานที่มีไอของซัลเฟอร์
- ไม่เหมาะกับสภาพงานที่เป็นสุญญากาศ (ยกเว้นจะใช้ในช่วงเวลาสั้นๆ)
- หลังการใช้งานไป 30 ปี ทำให้ส่วนผสมทางเคมีเปลี่ยนไป เป็นผลทำให้คุณสมบัติของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเปลี่ยนไป

6.เทอร์โมคัปเปิลแบบ T

ข้อดีของแบบ T

- ดีกว่าแบบ K ตรงที่สามารถวัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่า นั่นคือเหมาะกับการวัดอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ เช่นในห้องเย็น ตู้แช่แข็ง
- ให้ความแน่นอนในการวัดดีกว่าแบบ K (ช่วงที่ต่ำกว่า 100^0C ความแน่นอนจะเป็น 1%)
- มีเสถียรภาพในการวัดอุณหภูมิดี
- การวัดสภาพงานที่เป็นสุญญากาศงานที่มีปฏิกิริยาแบบออกซิไดซิงรีดิวซิงและงานที่มีปฏิกิริยาแบบเฉื่อยจะทำได้ดี
- วัดอุณหภูมิอย่างต่อเนื่องได้จากช่วง -185 ถึง 300^0C และวัดอุณหภูมิแบบช่วงสั้นๆ ได้จากช่วง -250 ถึง $400\ ^0C$
- ทนต่อบรรยากาศที่มีการกัดกร่อนได้ดี

ข้อเสียของแบบ T

- เป็นแบบที่วัดอุณหภูมิช่วงบวกได้น้อยกว่าแบบอื่นๆ
- หากใช้วัดอุณหภูมิที่สูงกว่า 370 ^{0}Cจะทำให้เกิดออกไซมาก
- ไม่เหมาะกับการวัดอุณหภูมิที่สัมผัสกับการแผ่รังสีความร้อนโดยตรง(ทำให้ส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ทำเปลี่ยนไป คุณสมบัติทางไฟฟ้าเปลี่ยนไปด้วย)
- เมื่อใช้งานไปนาน ๆ ในช่วง 20 ปี ส่วนผสมของนิเกิลและสังกะสี จะเพิ่มประมาณ 10% ทำให้คุณสมบัติทางไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน
- คุณสมบัติของแรงเคลื่อนต่ออุณหภูมิไม่เป็นเชิงเส้น (แต่ก็ปรับปรุงได้จากวงจรปรับสภาพสัญญาณ)

7.เทอร์โมคัปเปิลชนิด E

ข้อดีของแบบ E

- ให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงสุดเมื่อวัดอุณหภมิเทียบกับแบบอื่น ๆ ในสภาวะเดียวกัน
- วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 800^{0}C
- คุณสมบัติอื่น ๆ คล้ายกับแบบ K

<u>การแก้ไขให้ระบบวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิล</u>ให้ทำงานได้ดีขึ้น ต้องปฏิบัติดังนี้

1.ใช้สายเทอร์โมคัปเปิลขนาดใหญ่ที่สุดที่จะเป็นไปได้ เพราะมันจะไม่พ่วงเอาความร้อนออกจากพื้น ที่การวัดเข้ามา

2. ถ้าต้องการใช้สายขนาดเล็ก ๆ ให้ใช้เฉพาะในขอบเขตที่ทำการวัด และใช้สายขยาย (Extention wire) ในขอบเขตที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกลางสาย

3. หลีกเลี่ยงความเค้นทางกลและการสั่นสะเทือนที่มีผลให้เกิดความเครียดในสาย

4.เมื่อใช้สายเทอร์โมคัปเปิลยาว ๆ ให้ต่อชีลด์ที่สายไปยังขั้วต่อสายของดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ และใช้สายขยายสัญญาณแบบบิดเกลียว

5.หลีกเลี่ยงบริเวณที่เต็มไปด้วยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกลางสาย

6.พยายามเลือกสายเทอร์โมคัปเปิลในพิกัดอุณหภูมิของมัน

7. ป้องกันวงจรแปลง integrate A/D จากการรบกวน

8. ใช้สายขยายเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำ ๆ และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกลางสายน้อย ๆ

9. ทดสอบและเก็บค่าความต้านทานของเทอร์โมคัปเปิลเก่า ๆ ไว้ พร้อมกับวัดค่าความต้านทานของเทอร์โมคัปเปิลเก็บไว้เป็นช่วง ๆ

2.3.3 *ตัวควบคุมอุณหภูมิ* (Temperature Controller)

เป็นวิทยาการใหม่ในการควบคุมอุณหภูมิระบบฟัซซี่คอนโทรล (Fuzzy control) ซึ่งเป็นการควบ คุมอุณหภูมิที่ดีเกือบที่สุดในขณะนี้ เพราะว่าบางระบบนั้นการควบคุมแบบฟัซซี่ยังไม่เหมาะสม

(เพราะระบบเป็นระบบที่ประมวลผลเร็ว) ดังนั้นอาจเกิดปัญหาการแกว่งของอุณหภูมิได้ แต่อย่างไรก็ตาม ระบบฟัซซี่นั้นก็มีความ สามารถหรือฉลาดมากที่จะสามารถปรับแต่งค่า PID ที่เหมาะสมทำให้การควบคุมอุณหภูมิมีความแม่นยำขึ้นนั่นเอง (เกิดการแกว่งของ อุณหภูมิน้อยลงหรือไม่แกว่งเลย)

ภาพที่ 2.17 Temperature controller
ที่มา:http://www.vcharkarn.com, 23/04/2552

2.4 การอนุรักษ์พลังงาน

การอนุรักษ์พลังงาน คือ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมด้วยความฉลาดและใช้อย่างเหมาะสม เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อมนุษย์มากที่สุด โดยหลีกเลี่ยงให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด กระบวน การดำเนินการอนุรักษ์อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ต้องครอบคลุมทั้งปัญหาด้านการทำลายสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติจนเกิดความเสื่อมโทรมรวมถึงปัญหาการก่อมลพิษแก่สิ่งแวดล้อมที่จะส่งผลกระทบกลับมาสู่ตัวมนุษย์เองด้วย โดยแนวทางในการอนุรักษ์ประกอบด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

1. การใช้อย่างยั่งยืน หมายถึง การใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ในธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในปริมาณที่เหมาะสมไม่มากเกินไป โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม และมีของเสียที่เกิดจากการใช้งานน้อยที่สุดหรือไม่มีของเสียเกิดขึ้นเลย การใช้อย่างยั่งยืนนี้จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ทำให้ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมสามารถฟื้นตัวหรือเกิดขึ้นมาใหม่ได้ทันกับความต้องการใช้งานมนุษย์

2. การเก็บกักทรัพยากร หมายถึง การรวบรวมและการเก็บกักทรัพยากรที่มีแนวโน้มจะเกิดการขาดแคลนในบางช่วงเวลาไว้ เพื่อให้สามารถนำมาใช้ในกิจกรรมที่เหมาะสมได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เช่นการเก็บกักทรัพยากรน้ำที่มีมากในฤดูน้ำหลากไว้ เพื่อนำมาใช้ในฤดูแล้งที่ขาดแคลนน้ำ ซึ่งการเก็บกักน้ำมาใช้ในฤดูแล้งจะทำให้สามารถนำน้ำมาใช้ประโยชน์ได้มากกว่า เมื่อเทียบกับการใช้น้ำในฤดูน้ำหลากหรือในช่วงที่มีน้ำมาก หรือการเก็บผลผลิตทางการเกษตร เช่น ข้าว ไว้เป็นเสบียงอาหารในช่วงเวลาอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ฤดูเก็บเกี่ยว เป็นต้น

3. การรักษา หมายถึง การดำเนินการกับทรัพยากรที่ลดลงหรือเสื่อมโทรมให้สามารถฟื้นคืนกลับสู่สภาพเดิมได้โดยอาศัยวิธีการทางเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้นเข้ามาช่วยดำเนินการซ่อมแซมส่วนที่เสียหาย จนทำให้สิ่งแวดล้อมสามารถกับสู่สภาพเดิมได้อีก เช่น การใช้เทคโนโนยีในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานให้กลับเป็นน้ำสะอาด เป็นต้น

4. การพัฒนา หมายถึง การพัฒนาปรับปรุงสิ่งที่เป็นอยู่ให้ดีขึ้น เป็นการเร่งหรือเพิ่มประสิทธิภาพให้ได้ผลผลิตที่ดีขึ้น การพัฒนาทรัพยากรจะต้องมีการนำเทคโนโลยีที่ก้าวหน้ามาใช้ควบคู่กับกระบวนการพัฒนาทุกขั้นตอน ทั้งยังรวมถึงการพัฒนาเทคนิควิธีที่ทำให้ใช้ทรัพยากรในปริมาณน้อยแต่ได้ผลผลิตที่เพิ่มมากขึ้น และมีประสิทธิภาพสูงขึ้นด้วย

5. การสงวน หมายถึง การเก็บสงวนทรัพยากรไว้ไม่ให้มีการนำมาใช้งาน เนื่องจากทรัพยากรนั้นกำลังจะหมดหรือสูญสิ้นไป ทรัพยากรบางชนิดเมื่อสงวนไปในระยะเวลาหนึ่งแล้วอาจจะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นจนสามารถนำมากใช้ใหม่ได้ ซึ่งเมื่อถึงเวลาดังกล่าวอาจมีการอนุญาตให้นำทรัพยากรมาใช้ได้ โดยมีกฎเกณฑ์หรือมาตรการต่าง ๆ ควบคุม เช่น การสงวนพันธุ์สัตว์ป่า เป็นต้น

6. การแบ่งเขต หมายถึง การจัดแบ่งกลุ่มหรือประเภทของทรัพยากรเพื่อให้สามารถดำเนินการอนุรักษ์ได้ผลดีขึ้น การดำเนินการนี้อาจมีการแบ่งพื้นที่ควบคุมเพื่อให้มีสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเปลี่ยนแปลงของทรัพยากร เช่น การจัดพื้นที่เป็นป่าอนุรักษ์หรืออุทยานซึ่งจะทำให้สภาพดิน พืช สัตว์และป่าไม้มีสภาพที่เหมาะ สมในการขยายพันธุ์ ดำรงพันธุ์ และเจริญเติบโต นอกจากนี้การแบ่งเขตยังช่วยให้สามารถกำหนดมาตรการดำเนิน การต่าง ๆ ได้เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่ด้วย พื้นที่ที่มีการจัดการแบ่งเขตควบคุม ได้แก่ พื้นที่เขตต้นน้ำ วนอุทยาน อุทยานแห่งชาติ เขตป่าสงวน เขตห้ามล่าและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เป็นต้น

<u>มาตรการการอนุรักษ์พลังงาน</u> แบ่งเป็น

1. การใช้ระบบปัจจุบันให้เกิดประโยชน์สูงสุด
   - การควบคุมการทำงาน
   - การปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน
   - การปรับปรุงซ่อมบำรุง
   - การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิต
2. การปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่
   - การปรับอุปกรณ์
   - การปรับสภาวะแวดล้อม
3. การเปลี่ยนแปลงสิ่งที่มีอยู่
   - การเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ใหม่ที่มีประสิทธิภาพ
   - การติดตั้งอุปกรณ์ใหม่เพื่อให้ประสิทธิภาพโดยรวมสูง

2.5 เทคโนโลยีสะอาด

เทคโนโลยีสะอาด คือ กลยุทธ์ในการปรับปรุง ผลิตภัณฑ์ บริการ และกระบวนการ อย่างต่อเนื่อง เพื่อจัดการทรัพยากร อย่างมีประสิทธิภาพ ให้เปลี่ยนเป็นของเสีย น้อยที่สุดหรือไม่มีเลย การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด จึงเป็นทั้งการรักษาสิ่งแวดล้อม และการลดค่าใช้จ่าย ในการผลิตไปพร้อม กันด้วย สำหรับประเทศไทย การนำเทคโนโลยีสะอาด มาใช้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เป็นการเสริมสร้าง ความสามารถ ในการแข่งขัน ในตลาดโลก เนื่องจากความได้เปรียบ ด้านต้นทุนและแรงงาน ของอุตสาหกรรมไทยมีน้อยลง

2. เป็นการพัฒนาขีดความสามารถ และประสิทธิภาพ ของการประกอบธุรกิจ เพื่อการพัฒนาแบบยั่งยืน ให้สอดคล้องกับ แผนพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8

<u>หลักการของเทคโนโลยีสะอาด สรุปได้ดังนี้</u>

1. การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด แบ่งได้เป็น 2 แนวทางใหญ่ๆ คือ การเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ และการเปลี่ยนแปลง กระบวนการผลิต

1.1 การเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์อาจทำได้โดยการออกแบบให้มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมน้อยที่สุดหรือให้มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น เช่นปรับเปลี่ยนสูตรของผลิตภัณฑ์เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อผู้บริโภคนำไปใช้ ยกเลิกการใช้ชิ้นส่วน หรือองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และ ยกเลิกหีบห่อบรรจุ ที่ไม่จำเป็น เป็นต้น

1.2 การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ การเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี และการปรับปรุง กระบวนการดำเนินงาน

1.2.1 การเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ โดยการเลือกใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพ หรือมีความบริสุทธิ์สูง รวมทั้งลดหรือยกเลิก การใช้วัตถุดิบ ที่เป็นอันตราย เพื่อหลีกเลี่ยง การเติมสิ่งปนเปื้อนเข้าไปในกระบวนการผลิต และพยายามใช้วัตถุ ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น การเปลี่ยนหมึกพิมพ์เขียน จากประเภทใช้ตัวทำละลายเคมี ไปเป็นการใช้น้ำ เป็นตัวทำละลาย หรือเลิกใช้หมึกพิมพ์ ที่มีแคดเมียม ตลอดจนการไม่ใช้น้ำยาไซยาไนด์ หรือแคดเมียมในการชุบโลหะ เป็นต้น

1.2.2 การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี ทำได้โดยการออกแบบใหม่ เพิ่มระบบอัตโนมัติ เข้าช่วยปรับปรุง คุณภาพของอุปกรณ์ และแสวงหาเทคโนโลยีใหม่มาใช้ เช่น

- เปลี่ยนอุปกรณ์ ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ หรือระบบท่อ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ในการเคลื่อนย้าย หรือขนถ่ายอุปกรณ์
- ใช้ระบบอัตโนมัติ หรืออุปกรณ์ควบคุม ช่วยลดผลผลิตที่ด้อยคุณภาพไม่ได้มาตรฐาน
- ปรับปรุงการดำเนินการผลิต เช่นอัตราการไหลอุณหภูมิ ความดันหรือระยะ เวลา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดปริมาณของเสีย
- ติดตั้งอุปกรณ์การล้างน้ำ แบบทวนกระแส (Counter current flow)

■ ติดตั้งมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพ และควบคุมความเร็วของมอเตอร์ เพื่อลดการสิ้นเปลืองพลังงาน

1.2.3 การปรับปรุงกระบวนการดำเนินงาน เป็นขั้นตอนที่ทำให้ ได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น เพราะผลิตภัณฑ์ที่เสียลดลง และยังทำให้เกิดของเสีย ที่จะต้องจัดการกำจัดลดน้อยลง โดยกำหนดให้มีขั้นตอนการผลิต กระบวนการงาน และขั้นตอนบำรุงรักษาที่ชัดเจน รวมถึงการจัดระบบ การบริหารการจัดการในโรงงาน ตัวอย่างเช่น วางแผนการผลิต เพื่อลดความจำเป็น ที่จะต้องล้างเครื่องจักร หรืออุปกรณ์บ่อยๆ กำจัดขนาดของ จำนวนการผลิตแต่ละครั้ง ให้เหมาะสม เพื่อลดปริมาณของเสีย ติดตั้งเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ ในลักษณะที่ลดการรั่วไหล สูญเสียและปนเปื้อน ในระหว่างการผลิต ที่มีการเคลื่อนย้าย จนถ่ายชิ้นส่วนหรือวัสดุต่างๆ เป็นต้น

2. การนำกลับมาใช้ใหม่ แบ่งออกได้เป็น 2 แนวทางคือ การนำผลิตภัณฑ์ มาใช้ใหม่ หรือการใช้ผลิตภัณฑ์หมุนเวียน และการใช้เทคโนโลยีหมุนเวียน

2.1 การใช้ผลิตภัณฑ์หมุนเวียน โดยหาทางนำวัตถุดิบ ที่ไม่ได้คุณภาพมาใช้ประโยชน์ หรือหาทางใช้ประโยชน์ จากสารหรือวัสดุ ที่ปนอยู่ในของเสีย โดยนำมาใช้ ในกระบวนการผลิตเดิม หรือกระบวนการผลิตอื่นๆ

2.2 การใช้เทคโนโลยีหมุนเวียน เป็นการนำเอาของเสีย ผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อนำเอาทรัพยากร กลับมาใช้อีก หรือเพื่อทำให้เป็นผลพลอยได้ เช่น การนำน้ำหล่อเย็น น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต และตัวทำละลาย ตลอดจนวัสดุอื่นๆ กลับมาใช้ใหม่ในโรงงาน การนำพลังงานความร้อนส่วนเกิน หรือเหลือใช้กลับมาใช้ใหม่

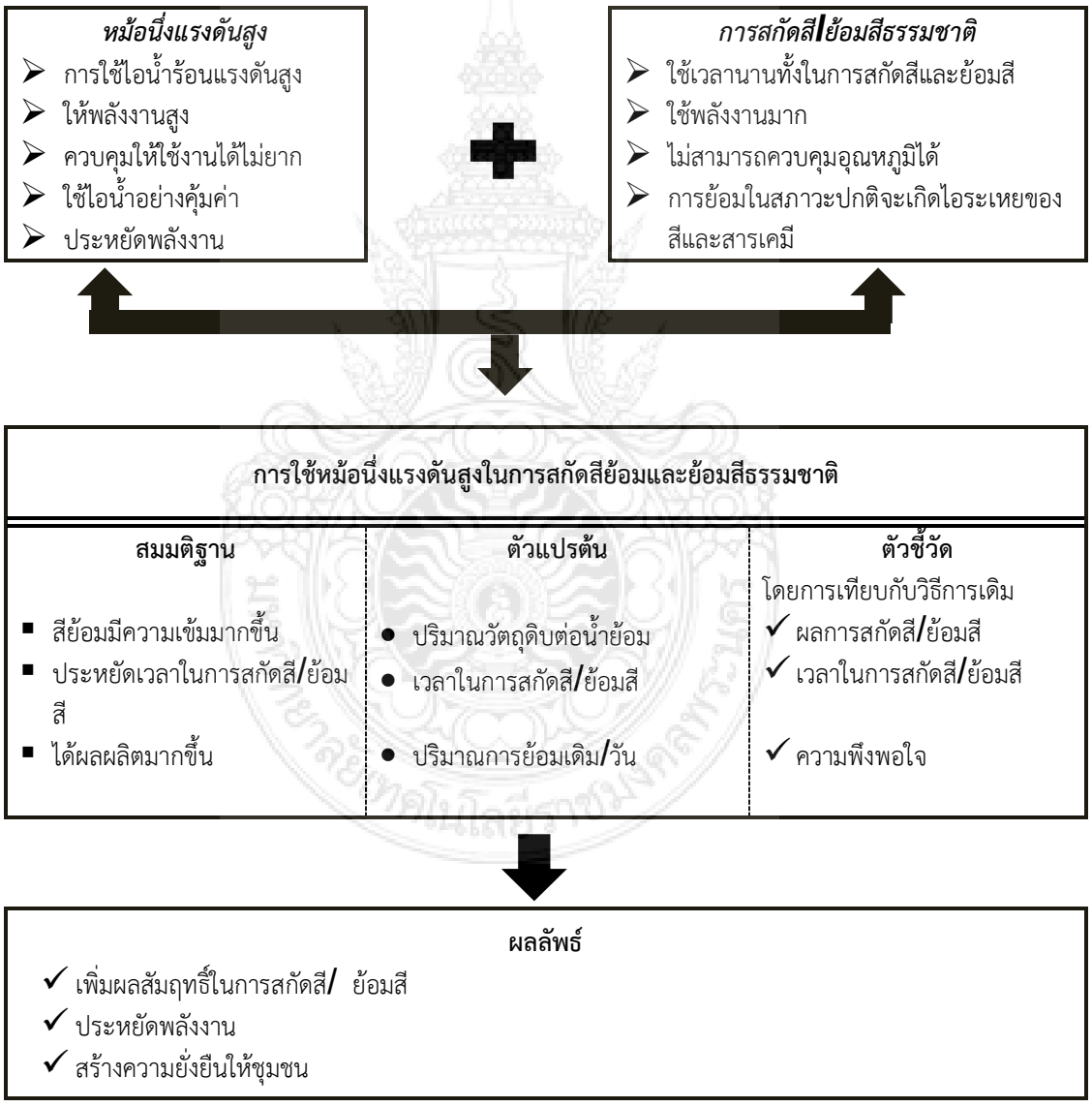
<u>ประโยชน์จากนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้</u>

เทคโนโลยีสะอาดเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ ในการสร้างการพัฒนาที่ยั่งยืนทำให้สามารถ รักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ควบคู่ไปกับการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศ การใช้เทคโนโลยีสะอาดสามารถช่วย

- ลดของเสียจากการผลิต และประหยัดค่าใช้จ่าย ในการบำบัดของเสีย
- ลดค่าใช้จ่ายในการผลิต เพราะใช้วัตถุดิบน้อยลง แต่ประสิทธิภาพการผลิตสูงขึ้น
- เพิ่มผลการผลิต และเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์
- ประหยัดพลังงาน
- ลดความเสี่ยงและอุบัติเหตุ
- เพิ่มความสามารถในการแข่งขัน และทำให้ภาพพจน์ขององค์กรดีขึ้น
- เป็นไปตามกฎหมาย ด้านสิ่งแวดล้อมของทางราชการ

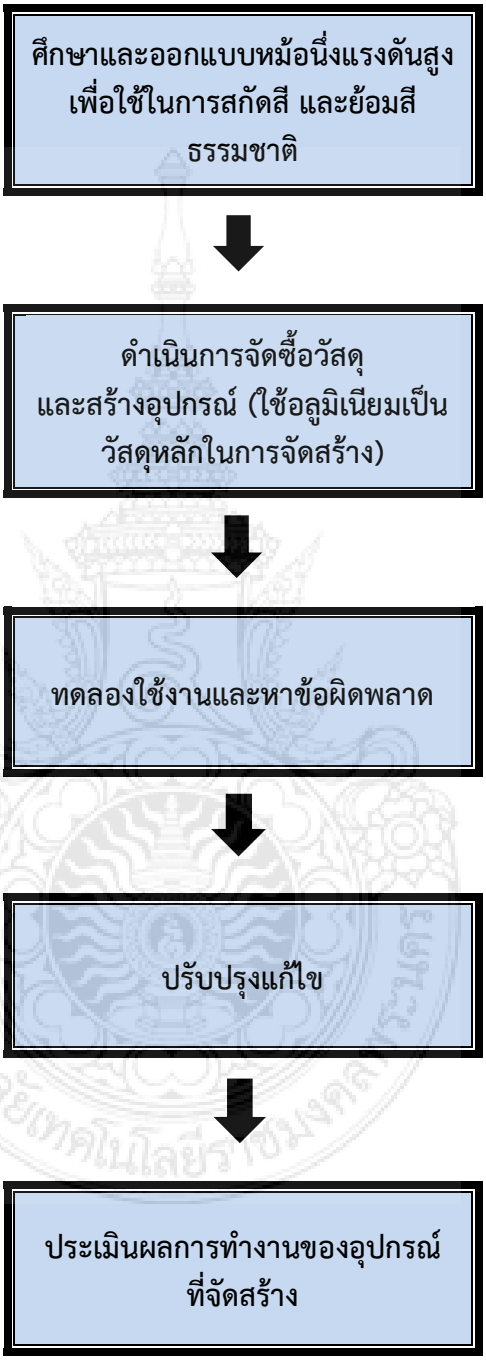
บทที่ 3
วิธีการทดลอง

การพัฒนาหม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อการสกัดสีและย้อมสีธรรมชาตินี้เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ในการนำการอนุรักษ์พลังงานมาใช้กับการสกัดสีและย้อมสีธรรมชาติซึ่งเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่อยู่คู่กับสังคมไทย ผลการศึกษาที่ได้จะนำไปต่อยอดเพื่อการพัฒนาและสร้างหม้อนึ่งแรงดันสูงในการใช้งานกับกระบวนการอื่นๆ ในอนาคต กรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัยมีดังนี้



ภาพที่ 3.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการศึกษา



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 การออกแบบหม้อนึ่งแรงดันสูง

การออกแบบหม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อการสกัดสีและย้อมสีธรรมชาติตามรายละเอียดในภาคผนวก 2 ส่วนประกอบหลักมีด้วยกัน 3 ชุดดังนี้

1. ชุดหม้อนึ่งแรงดันสูง ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้
   - เกจวัดความดัน
   - ก๊อก
   - ชุดล๊อคฝาครอบ
   - ฐานรองถัง
   - ฝา
   - วาลว์คายความดัน
   - วาล์ววัดอุณหภูมิ
   - หูจับ
   - การประกอบเป็นหม้ออัดแรงดัน
2. ชุดขันแหวนล๊อคล๊อคฝาครอบ
   - ก้านล๊อค
   - ชุดขันแหวนล๊อคฝาครอบ
   - บล๊อกล็อก
3. ชุดส่วนประกอบเสริม
   - ตะแกรงก้นถัง
   - ขาตะแกรง

3.3 การวัดผลสัมฤธิ์ในการวิจัย

หม้อนึ่งแรงดันสูงจะให้พลังงานความร้อนด้วยระบบแก๊ส ในการศึกษาวิจัยนี้จะศึกษาและเปรียบเทียบผลดังนี้

1. ผลเปรียบเทียบจากการสกัดสีย้อมระหว่างวิธีดั้งเดิม (ระบบปิด) และการใช้หม้อนึ่งแรงดัน

2. ผลเปรียบเทียบความเข้มสีจากการย้อมสีธรรมชาติระหว่างวิธีเดิม และการใช้หม้อนึ่งแรงดัน ในการศึกษาใช้การย้อมสีธรรมชาติจำนวน 6 ตัว ได้แก่
   - หมาก
   - ขมิ้น
   - อัญชัน
   - ฝาง
   - แก่นขนุน

- มะเกลือ

<u>หมายเหตุ</u> ความเข้มของสีจะวัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer Color Quest XE แสดงผลด้วยค่า K/S

3. ผลการเปรียบเทียบเวลา และค่าใช้จ่ายในการสกัดสีและย้อมสีระหว่างวิธีเดิม และการใช้หม้อนึ่งแรงดัน

<u>หมายเหตุ</u> การหาผลเปรียบเทียบในข้อ 1- 3 จะใช้ตามหลักการหาการเปลี่ยนแปลงของหน่วยที่ต้องการทราบเทียบกับหน่วยตั้งต้นในรูปแบบร้อยละ

4. ผลความพึงพอใจในการรับการถ่ายทอดความรู้ ณ โรงเรียนบ้านยางน้ำกลัดใต้ อำเภอหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรีในด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ความเหมาะสมของเนื้อหาหลักสูตร ความเหมาะสมของวิทยากร ระยะเวลาการอบรม ช่วงเวลาการอบรม ความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับเวลาและค่าใช้จ่าย

โดยการรวบรวมเพื่อจัดหมวดหมู่ สังเคราะห์ข้อมูลให้เป็นระบบ เพื่อให้สะดวกต่อการศึกษาตีความหมาย การวิเคราะห์ตามแบบการวิเคราะห์เนื้อหา 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
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

ในการจัดสร้างและทดสอบระบบหม้อนึ่งแรงดันสูงนั้นเพื่อใช้งานในการสกัดสี ย้อมสี เป็นการดำเนินงานในระบบปิด สามารถป้องกันความร้อนและไอระเหยสู่ผู้ปฏิบัติ ส่งผลให้สามารถลดการสูดดมสารเคมีและไอร้อนเข้าสู่ร่างกายโดยตรง เพื่อเพิ่มความคุ้มกันทางสุขภาพและความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน นอกจากนี้ผลการดำเนินงานเป็นการศึกษาทางด้านดศรษฐศาสตร์ในเรื่องของเวลาและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้งานของระบบที่พัฒนาและจัดสร้างขึ้นเทียบกับการสกัด และการย้อมสีวิธีเดิม ผลผลิตที่ได้จากการศึกษาสามารถเพิ่มกำลังในการผลิตและเตรียมวัตถุดิบของสีย้อมธรรมชาติ เพื่อนำไปใช้ในการย้อมสี ทำให้ได้เส้นด้ายที่เป็นวัตถุดิบหลักของการทอ เพื่อไปผลิตเป็นผืนผ้า ส่งผลให้สามารถเพิ่มกำลังการผลิตให้แก่กลุ่มเป้าหมาย เป็นการสร้างอาชีพและเสริมความเข้มแข็งให้ชุมชนอีกทางหนึ่ง ผลการศึกษามีดังนี้

4.1 การพัฒนาและจัดสร้างหม้อนึ่งอัดแรงดัน

หม้อนึ่งแรงดันสูงเป็นอุปกรณ์ที่พัฒนาและจัดสร้างขึ้นมาโดยอาศัยหลักการทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ทั้งด้านการถ่ายเทความร้อน การควบแน่นและการใช้ความร้อนแฝงโดยอาศัยการเปลี่ยนสถานะภาพของของเหลวให้เป็นไอน้ำ และส่งผ่านความร้อนไปยังบริเวณหรือพื้นที่ที่กำหนด เป็นการใช้ประโยชน์จากค่าความดันของน้ำที่เกิดขึ้นภายในระบบเป็นตัวขับเคลื่อนให้ได้ปริมาณและค่าความร้อนที่สูงกว่าปกติ การทำงานจะใช้การกระจายความดัน ทั่วบริเวณภายในหม้อ เพื่อให้วัตถุดิบที่อยู่ภายในมีความเปื่อยยุ่ยหรืออ่อนตัวในระยะเวลาอันสั้น ในการศึกษานี้เลือกใช้วัสดุประกอบจำพวกอลูมิเนียมซึ่งมีน้ำหนักเบา ไม่เป็นสนิม มีความคงทนกต่อการกัดกร่อนของสารเคมีได้เป็นอย่างดี สามารถทนแรงดันที่เกิดขึ้นได้

หม้อนึ่งแรงดันสูงที่จัดสร้างขึ้นมีส่วนประกอบหลักๆ อยู่ 2 ส่วน ได้แก่ 1) ส่วนบรรจุ (Container) ทำหน้าที่ในการบรรจุของเหลว และเก็บกักไอน้ำเพื่อให้การทำงานในการสกัดสีและย้อมสีมีประสิทธิภาพ แต่ในการใช้งานไม่ควรบรรจุของเหลวเกินกว่าร้อยละ 70 ของปริมาตรที่สามารถรองรับได้ เพราะจะทำให้เกิดการอัดของความดันสูงเกินไปส่งผลให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานได้ 2) ส่วนควบคุมเป็นบริเวณฝาของส่วนบรรจุ จะมีการออกแบบให้มีความโค้งเพื่อลดแรงดันที่เกิดขึ้นในกระบวนการ และยังสามารถทำให้เกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำของไอน้ำกลับลงสู่ภาชนะบรรจุได้อีกทางหนึ่ง ลักษณะโดยรวมของหม้อนึ่งอัดแรงดันที่ทำการศึกษาและพัฒนาดังแสดงในรูปที่ 4.1

หม้อนึ่งแรงดันสูงที่ใช้
ในการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ส่วนควบคุม

ต้นแบบ
หม้อนึ่งแรงดันสูง

ภาพที่ 4.1 หม้อนึ่งแรงดันสูง

จากการทดลองพบว่าบริเวณส่วนควบคุมและพื้นที่ล่างสุดของหม้ออัดแรงดันจะมีผลต่างของอุณหภูมิอยู่ประมาณ $10^{o}C$ หมายความว่า บริเวณด้านล่างส่วนบรรจุเป็นส่วนที่อยู่ติดกับส่วนให้ความร้อนหลักมีความร้อนที่สูง เมื่อมีการส่งผ่านความร้อนไปยังตัวกลางที่บรรจุในภาชนะ จะมีการสูญเสียค่าความร้อนในระบบ ดังนั้นในการใช้งานจริงจึงพบว่าในการควบคุมอุณหภูมิบนส่วนควบคุมจึงมีเกจวัดความร้อนสูงกว่าอุณหภมิที่ใช้จริงคือ $110^{o}C$ แต่ค่าปริมาณความร้อนที่ได้จะเทียบเท่ากับอุณหภูมิในการย้อมปกติคือ $100^{o}C$

4.2 การเปรียบเทียบผลการสกัดสีย้อม

ในการทดลองทำการสกัดสีธรรมชาติจากตัววัสดุ คือ หมาก ขมิ้น อัญชัน ฝาง แก่นขนุน และมะเกลือ โดยลักษณะของพืชแต่ละประเภทจะมีความอ่อน นุ่ม หรือมีลักษณะเฉพาะแตกต่างกันออกไป ในการสกัดสีทำโดยเตรียมวัตถุดิบทั้งหมดให้เป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อช่วยในการกระจายตัวของสี และ

ประโยชน์ในการสกัดสี ทำการสกัดสีโดยใช้อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำย้อม (LR) 1:10 เว้นฝางที่เตรียมในอัตราส่วน 1:5 ผลการสกัดสีย้อมแต่ละประเภทแสดงดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการสกัดสีย้อมวัสดุธรรมชาติประเภทต่างๆ

ประเภท	ภาวะการสกัดสี (°C, นาที)	ปริมาณน้ำเริ่มต้น (cm^3)		ปริมาณน้ำสุดท้าย (cm^3)		ร้อยละการสูญเสียน้ำ	
		วิธีเดิม	หม้ออัดแรงดัน	วิธีเดิม	หม้ออัดแรงดัน	วิธีเดิม	หม้ออัดแรงดัน
หมาก	100, 45	2,500	2,500	1,382	1,825	44.72	27.00
ขมิ้น	100, 45	2,500	2,500	1,686	2,111	32.56	15.56
อัญชัน	100, 45	2,500	2,500	1,686	2,111	32.56	15.56
ฝาง	100, 45	2,500	2,500	1,250	1,574	50.00	38.12
แก่นขนุน	100, 45	2,500	2,500	1,250	1,574	50.00	38.12
มะเกลือ	100, 45	2,500	2,500	1,447	1,852	42.12	25.92
ค่าเฉลี่ย						41.99	26.71

หมายเหตุ ร้อยละปริมาณการสูญเสียน้ำ = $\frac{(\text{ปริมาณน้ำเริ่มต้น} - \text{ปริมาณน้ำสุดท้าย})}{\text{ความเข้ปริมาณน้ำเริ่มต้น}}$ **X** 100

จากผลการทดลองพบว่า ความเข้มของน้ำย้อมที่สกัดได้จากการใช้วิธีเดิมและวิธีการใช้หม้ออัดแรงดันมีลักษณะทางกายภาพและความเข้มที่เทียบเท่ากัน แต่เมื่อพิจารณาผลการสูญเสียน้ำในระบบขงอการสกัดสีกลับพบผลการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ในการศึกษานี้ทำการเปรียบเทียบการปริมาณสูญเสียน้ำของการสกัดสีเมื่อใช้เวลาในการสกัดสีที่อุณหภูมิ 100 ^{o}C เวลา 45 นาที ตามกระบวนการที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน พบว่าปริมาณการสูญเสียน้ำที่เกิดขึ้นของวิธีเดิมจะมีค่าระหว่างร้อยละ 32.56 – 50.00 แต่วิธีที่ใช้หม้ออัดแรงดันจะมีค่าระหว่าง 15.56 – 38.12 นั่นแสดงว่าการสกัดสีด้วยวธีการใช้หม้ออัดแรงดันมีการสูญเสียน้ำในรูปของไอน้ำสู่บรรยากาศที่น้อยกว่า เนื่องจากวิธีดังกล่าวเป็นการสกัดสีในสภาวะกึ่งระบบปิด ไอน้ำที่ระเหยออกจะผ่านทางวาลว์ควบคุมเมื่อแรงดันเกินในระบบเท่านั้น และบางส่วนสามารถควบแน่นกลับลงเป็นหยดน้ำลงสู่หม้อย้อมได้ ส่วนการสกัดสีด้วยวิธีดั้งเดิมไอน้ำสามารถระเหยสู่บรรยากาศได้อย่างอิสระ

4.3 การเปรียบเทียบผลความเข้มสี

การเปรียบเทียบความเข้มสีในกระบวนการย้อมแบบเดิมและการย้อมด้วยหม้อนึ่งแรงดันเป็นการเปรียบ เทียบที่เวลาต่างๆ กัน โดยจับเวลาเมื่ออุณหภูมิถึงที่กำหนดแสดงผลในรูปของค่า K/S ซึ่งเป็นค่าความเข้มสี และหาเวลาเทียบเท่าในการย้อมสีด้วยหม้ออัดแรงดันที่มีความเข้มสีเทียบเท่ากับการใช้วิธีเดิมผลการศึกษาดังตารางที่ 4.2

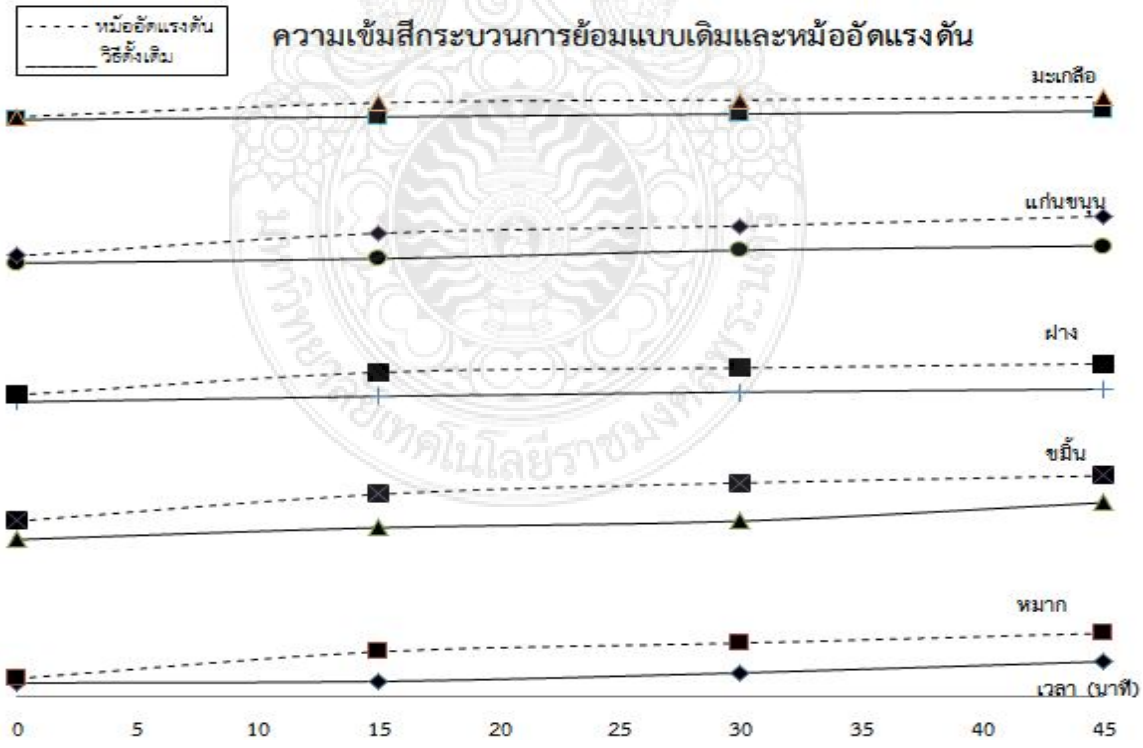
ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบผลความเข้มสี

ลำดับ	เวลา (นาที)	pH	K/S		ร้อยละการเปลี่ยนแปลง	เวลาเทียบเท่า
			วิธีเดิม	หม้อแรงดัน		
หมาก	0	5.3	0.10	0.13	30.00	15
	15	5.3	0.11	0.32	190.91	
	30	5.3	0.17	0.38	123.53	
	45	5.3	0.25	0.45	80.00	
ขมิ้น	0	5.3	0.11	0.24	118.18	15
	15	5.3	0.19	0.43	121.65	
	30	5.3	0.24	0.51	112.50	
	45	5.3	0.37	0.56	51.35	
อัญชัน	0	4.6	0.10	0.12	20.00	15
	15	4.6	0.12	0.25	108.33	
	30	4.6	0.15	N/A	#VALUE!	
	45	4.6	0.23	N/A	#VALUE!	
ฝาง	0	6.8	0.08	0.13	62.50	15
	15	6.8	0.12	0.29	141.67	
	30	6.8	0.15	0.32	113.33	
	45	6.8	0.17	0.35	105.88	
แก่นขนุน	0	6.8	0.06	0.11	83.33	15
	15	6.8	0.09	0.27	200.00	
	30	6.8	0.15	0.32	113.33	
	45	6.8	0.18	0.39	116.67	
มะเกลือ	0	7.3	0.07	0.09	28.57	15
	15	7.3	0.09	0.19	111.11	
	30	7.3	0.11	0.21	90.91	
	45	7.3	0.13	0.23	76.92	

หมายเหตุ

1. ร้อยละการเปลี่ยนแปลง = $\frac{(\text{ความเข้มสีหม้ออัดแรงดัน} - \text{ความเข้มสีวิธีเดิม})}{\text{ความเข้มสีวิธีเดิม}}$ X 100
2. N/A หมายถึง สีมีการเปลี่ยนเฉด

ในการศึกษาด้านเวลาในการย้อมสีทำการทดลองโดยให้ความร้อนอย่างต่อเนื่องในระบบเดิม ส่วนวิธีการใช้หม้อแรงดันสูงจะให้ความร้อนเพียง 15 นาทีเพื่อป้องกันแรงดันไม่ให้สูงเกินที่อุปกรณ์จะสามารถรับได้ และทำการแช่เส้นด้ายในน้ำย้อมต่อไปจนครบเวลาที่กำหนด ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าการใช้หม้อนึ่งแรงดันสูงเป็นเครื่องมือในการย้อมสีธรรมชาติให้ค่าความเข้มสี K/S สูงกว่าการใช้วิธีเดิมเทียบที่เวลาในการย้อมสีเท่ากัน การติดสีทั้งแบบเดิมและใช้หม้ออัดแรงดันจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาในการย้อมสีเพิ่มขึ้นแต่พบว่าแนวโน้มการติดสีแบบใช้หม้อนึ่งแรงดันสูงจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในช่วง 15 นาทีแรก เนื่องจากมีความร้อนในระบบเป็นปัจจัยหลักในการดันโมเลกุลสีเข้าสู่เส้นใย และมีแนวโน้มการติดสีที่ช้าลงเมื่อนำความร้อนออกจากระบบผลการศึกษาเป็นแนวทางเดียวกันในทุกๆ ประเภทของวัตถุ ดิบที่นำมาศึกษา ดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 การเปรียบเทียบความเข้มสีกระบวนการย้อมแบบเดิมและหม้ออัดแรงดัน

จากการศึกษาการหาเวลาเทียบเท่าของการย้อมเปรียบเทียบระหว่างการย้อมวิธีดั้งเดิมและการย้อมโดยใช้หม้อนึ่งแรงดันของวัตถุดิบทุกชนิด พบว่าเวลาเทียบเท่าสำหรับการย้อมสีด้วยหม้อนึ่งแรงดันเพื่อให้ได้ความเข้มสีเท่ากับหรือใกล้เคียงกับการย้อมสิวิธีเดิมคือ 15 นาที นั่นแสดงว่าการใช้หม้อนึ่งแรงดันสูงสามารถประหยัดเวลาในการย้อมและให้ผลของความเข้มสีตามที่ต้องการได้

4.4 การประเมินค่าใช้จ่ายในกระบวนการ

ในการศึกษานี้จะพิจารณาผลด้านการประหยัดพลังงานเฉพาะในส่วนของกระบวนการย้อมสีเท่านั้น เนื่องจากเวลาและค่าใช้จ่ายในการสกัดสีเท่ากันทั้งสองกระบวนการ ในการศึกษาทำการเปรียบเทียบผลในด้านเวลา ผลการศึกษามีดังนี้

ตารางที่ 4.3 ค่าใช้ไฟฟ้าในการย้อมสีด้วยหม้ออัดแรงดัน

ประเภท	เวลาในการย้อม (นาที)		เวลาที่ประหยัดได้ต่อครั้ง	
	วิธีเดิม	หม้ออัดแรงดัน	นาที	ร้อยละ
หมาก	45	15	30	66.67
ขมิ้น	45	15	30	66.67
อัญชัน**	45	15	30	66.67
ฝาง	45	15	30	66.67
แก่นขนุน	45	15	30	66.67
มะเกลือ	45	15	30	66.67
ค่าเฉลี่ย			**30**	**66.67**

จากผลการทดลองพบว่าการใช้หม้ออัดแรงดันในการย้อมสีธรรมชาติสามารถช่วยลดเวลาในกระบวนการได้ร้อยละ 66.67 เมื่อเทียบในหน่วยพลังงานแก๊สที่ใช้ โดยกำหนดค่าตัวแปรในหน่วยความดันของแก๊ส (P) เป็น 15 lb_f/in^2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อแก๊ส (D) 4/8 นิ้ว ระยะทางจากถังแก๊สถึงระบบที่ทำการวิจัย (S) 2 เมตร นำไปเทียบสมการการหาค่าพลังงานแก๊สในหน่วยกิโลกรัมเมื่อเวลาในการทำงานกำหนดให้ t1 เป็นเวลาในระบบเดิม และ t2 เป็นเวลาในระบบใช้หม้อนึ่งแรงดัน ดังนั้นสามารถหาความสัมพันธ์ของปริมาณแก๊สที่ใช้งานได้ดังนี้

จาก $P = \frac{F}{A}$ และ $F = m.a$ และ $a = \frac{s}{t^2}$

ดังนั้น $m = \frac{P.A.t^2}{S}$

แต่ในการดำเนินงานมี ความดัน (P), พื้นที่หน้าตัดของระบบส่งแก๊ส (A), และระยะทางจากถังแก๊สถึงระบบที่ทำการวิจัย (S) ที่เท่ากัน ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่า

$$m \alpha t^2$$

เมื่อ t_1 เป็นเวลาในระบบเดิม คือ 45 นาที

และ t_2 เป็นเวลาในระบบใช้หม้อนึ่งแรงดัน คือ 15 นาที ความสัมพันธ์ที่ได้จะออกมาดังนี้

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{t1^2}{t2^2}$$

$$m_1 = \frac{45^2}{15^2} m_2$$

$$m_1 = 9\, m_2$$

นั่นคือระบบเดิมใช้ปริมาณแก๊สเป็น 9 เท่าของระบบใหม่ หรือกล่าวได้ว่าระบบใหม่ใช้ปริมาณแก๊สร้อยละ 11.11 ของระบบเดิม นั่นแสดงว่าการใช้หม้อนึ่งแรงดันสามารถประหยัดการใช้พลังงานแก๊สได้ร้อยละ 88.89 (100 - 11.11 = 88.89)

4.5 การทดสอบ

ในการศึกษาทำการทดสอบผลความคงทนของสีต่อการซัก การขัดถู และความคงทนของสีต่อแสง เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย้อมด้วยวิธีดั้งเดิม และการใช้หม้ออัดแรงดัน ผลการศึกษาดังนี้

ตารางที่ 4.4 การทดสอบความคงทนของสีบนผ้าไหมที่ย้อมด้วยวัตถุดิบต่างๆ

ประเภท	ผลการทดสอบความคงทนของสี							
	การซักล้าง		การขัดถู				แสง	
	เดิม	แรงดัน	เดิม	แรงดัน	เดิม	แรงดัน	เดิม	แรงดัน
			แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก		
หมาก	1-2	2	3	2	4-5	4	2	2
ขมิ้น	1	2	3-4	2-3	4-5	3-4	1	1
อัญชัน	1-2	2	4	3	4-5	4	2	2
ฝาง	1-2	2-3	3	2	4-5	4	3	3
แก่นขนุน	1-2	2	3	2	4-5	4	2	2
มะเกลือ	1-2	2	4	3	4-5	4	2	2

ผลการศึกษาด้านความคงทนของสีในด้านต่างๆ เป็นการเปรียบเทียบผลการย้อมสีด้วยวิธีเดิมโดยใช้เวลา 45 นาที กับผ้าที่ได้จากการย้อมด้วยหม้ออัดแรงดันโดยใช้เวลาเทียบเท่า ตามตารางที่โดยกำหนดผ้าตัวอย่างที่มีค่าความเข้มสีของย้อมทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน จากตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบค่าความคงทนของสีต่อการซักและการขัดถูของผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยหม้ออัดแรงดันจะให้ความคงทนของสีต่อคุณสมบัติทั้งสองอยู่ในเกณฑ์ที่มากกว่าผ้าที่ย้อมด้วยกระบวนการเดิม แต่เมื่อพิจารณาผลความคงทนของสีต่อแสงพบว่าความคงทนของสีต่อแสงของทั้งสองวิธีมีค่าความคงทนของแสงที่เทียบเท่ากัน เมื่อนำผ้าที่ผ่านการทดสอบของทั้งสองกระบวนการไปวัดความเข้มสีที่เหลือจากการผ่านแสง เห็นได้ว่าค่าความเข้มสีของผ้าที่ผ่านกระบวนการย้อมด้วยหม้อนึ่งแรงดันยังคงมีความเข้มของสีที่มากกว่ากระบวนการย้อมแบบเดิม จากผลการทดลองทั้งหมดจึงสามารถกล่าวได้ว่ากระบวนการย้อมสีด้วยหม้อนึ่งแรงดันส่งผลให้ความคงทนของสีต่อการซัก การขัดถู และแสง อยู่ในเกณฑ์ที่มากกว่าการใช้วิธีเดิม เนื่องจากหม้ออัดแรงดันเป็นกระบวนการที่เกิดแรงดันภายในภาชนะและแรงดันที่เกิดขึ้นสามารถผลักโมเลกุลของสีเข้าไปและทำการผนึกลงบนผืนผ้าได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น

4.6 การถ่ายทอดความรู้สู่กลุ่มชุมชน

การถ่ายทอดเทคโนโลยสู่ชุมชนใช้รูปแบบการอบรมเชิงปฏิบัติการ แบบต่อเนื่องตลอดหลักสูตร เพื่อให้ผู้รับการถ่ายทอด สามารถเรียนรู้ และมีพัฒนาการในการนำความรู้ที่ได้รับในการถ่าย

ทอดไปใช้ประโยชน์ได้ทุกด้าน โดยวิทยาการจากคณะผู้วิจัย ในหัวข้อ 1) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับส่วนประกอบเครื่อง 2) การใช้งานหม้อนึ่งแรงดันสูงในการสกัดสี ย้อมสี และอบแห้ง และ 3) การซ่อมบำรุงหม้อนึ่งแรงดันสูง สื่อที่ใช้ในการถ่ายทอด ได้แก่ เอกสารประกอบการบรรยาย คู่มือการใช้งานหม้อนึ่งแรงดันสูง หลังจากเสร็จสิ้นการถ่ายทอดเทคโนโลยีทำการการประเมินผลผู้เข้าร่วมอบรมโดยการสอบถามสังเกตการณ์ปฏิบัติงาน และแบบสำรวจความพึงพอใจในด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ความเหมาะสมของเนื้อหาหลักสูตร ความเหมาะสมของวิทยากร ระยะเวลาการอบรม ช่วงเวลาการอบรม ความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับเวลาและค่าใช้จ่าย ผลการประเมินเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.5 ร้อยละความพึงพอใจ

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 จากการสอบถามผู้

เข้าอบรมเห็นว่าเนื้อหามีความเหมาะสม สามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการสร้างอาชีพ เพิ่มรายได้ มีความคุ้มค่าในการอบรม

ภาพที่ 4.3 การบรรยายความรู้พื้นฐานหม้อนึ่งอัดแรงดัน

ภาพที่ 4.4 การใช้งานหม้อนึ่งแรงดัน

ก. วิธีเดิม ข. ใช้หม้อแรงดัน

ภาพที่ 4.5 การเปรียบเทียบกระบวนการทำงาน

ค. วิธีเดิม ง. ใช้หม้อแรงดัน

ภาพที่ 4.6 การเปรียบเทียบด้านผลผลิต/วัน

ในการวิจัยนี้จะได้หม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อใช้งานในการสกัดสี ย้อมสี เพื่อลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการผลิตวัตถุดิบเพื่อการแปรรูปเป็นผืนผ้า (Outcome) การทำงานด้วยหม้อนึ่งแรงดันสูงเป็นการทำงานในระบบปิดสามารถป้องกันความร้อนและไอระเหยสู่ผู้ปฏิบัติ ส่งผลให้ลดการสูดดมสารเคมีและไอร้อนเข้าสู่ร่างกายโดยตรงเป็นการเพิ่มความคุ้มกันทางสุขภาพ และความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน อีกทั้งยังเป็นการสร้างอาชีพและเสริมความเข้มแข็งชุมชนอีกทางหนึ่ง (Impact)

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

การพัฒนาหม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อการสกัดสีและย้อมสีธรรมชาติมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างนวัตกรรมหม้อนึ่งแรงดันสูงสำหรับเตรียมน้ำสีและย้อมสีธรรมชาติจากสแตนเลสสตีลเพื่อความคงทนในการใช้งาน การหาผลสัมฤทธิ์ในการใช้งานเทียบจากวิธีการเตรียมสีแบบเดิมในส่วนของความคุ้มค่า เวลาเทียบเท่าการใช้งานระหว่างวิธีเดิมและการใช้หม้อนึ่งแรงดันสูง และการประหยัดปริมาณแก๊สในระบบ ผลที่ได้จากการศึกษานำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมาย ณ บ้านยางน้ำกลัดใต้ อำเภอหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี ในรูปแบบการสอนเชิงปฏิบัติการในส่วนของวิธีการใช้ การแก้ปัญหา และการบำรุงรักษาเบื้องต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำผลการศึกษาไปต่อยอดหรือนำเสนอไปยังกลุ่มอื่นๆ ในงานวารสาร งานนิทรรศการ และ/หรืองานสัมมนาระดับชาติและนานาชาติ หรือทำการขยายผลไปยังชุมชนที่มีการเตรียมสีและย้อมสีธรรมชาติ ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การเปรียบเทียบผลในกระบวนการสกัดสีย้อมธรรมชาติพบว่าการใช้หม้อนึ่งแรงดันสูงมีปริมาณของน้ำสีที่เหลือในกระบวนการมากกว่าการใช้วิธีการสกัดแบบเดิม พบว่าวิธีเดิมเกิดการสูญเสียน้ำร้อยละ 41.99 แต่หม้อนึ่งแรงดันสูญเสียน้ำร้อยละ 26.71 แสดงว่าหม้อนึ่งแรงดันสูงมีการสูญเสียน้ำน้อยกว่าวิธีเดิมร้อยละ 36.39 (41.99-26.71/41.99) เนื่องจากการใช้หม้อนึ่งแรงดันสูงสามารถควบแน่นไอน้ำให้กลับมาเป็นหยดน้ำและไอน้ำไม่สามารถระเหยออกสู่บรรยากาศภายนอกอย่างอิสระ จึงสามารถกล่าวได้ว่าการใช้หม้อนึ่งแรงดันสูงนอกจากจะช่วยเพิ่มปริมาณของน้ำสีสกัดได้แล้วยังสามารถลดการสูดดมไอระเหยจากกระบวนการสกัดสีได้ด้วย

2. เปรียบเทียบความเข้มสีพบว่าการย้อมด้วยหม้อนึ่งแรงดันสูงให้ความเข้มของสีย้อมสูงกว่าการใช้วิธีเดิมเมื่อเวลาเท่ากัน และพบว่าความเข้มสีที่เทียบเท่าระหว่างการใช้วิธีเดิมและการใช้หม้อนึ่งแรงดันสูงอยู่ที่ 15 นาที หมายความว่าการใช้หม้อนึ่งแรงดันสูงเพียง 15 นาทีจะได้ผลความเข้มข้นที่เทียบเท่าหรือมากกว่าการย้อมสีด้วยวิธีเดิมที่ใช้เวลา 45 นาที และผลการย้อมสีด้วยหม้อนึ่งแรงดันสูงยังมีผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก การขัดถู และแสงดีกว่าการใช้วิธีเดิมเนื่องจากสีและสารเคมีสามารถแทรกเข้าไปยังแกนกลางของเส้นใยได้อย่างสมบูรณ์มากกว่า

3. การเปรียบเทียบผลด้านเวลาและปริมาณแก๊สที่ใช้ในการวิจัยระหว่างการใช้การย้อมสีด้วยวิธีเดิมและการใช้หม้อนึ่งแรงดันสู พบว่าสามารถประหยัดเวลาในกระบวนการได้ร้อยละ 66.67 และปริมาณแก๊สที่ใช้ในกระบวนการร้อยละ 88.89 จึงถือได้ว่าวิธีการที่นำหม้อนึ่งแรงดันสูงเข้ามาใช้ในการย้อมสีและสกัดสีเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานตามมาตราการการอนุรักษ์พลังงานในมาตราการการเปลี่ยนแปลงการเปลี่ยนแปลงสิ่งที่มีอยู่ โดยการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ใหม่ที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้การทำงานที่เกิดประสิทธิผล เป็นการใช้ทรัพยากรด้านวัตถุดิบและพลังงานอย่างมีคุณค่า หรืออาจกล่าวได้ว่าการใช้หม้อนึ่งแรงดันสูงสามารถอนุรักษ์พลังงานและเป็นส่วนหนึ่งของการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ในกระบวนการผลิต โดยการปรับปรุง ผลิตภัณฑ์ บริการ และกระบวนการ อย่างต่อ

เนื่อง เพื่อจัดการทรัพยากร อย่างมีประสิทธิภาพ ให้เปลี่ยนเป็นของเสีย น้อยที่สุดหรือไม่มีเลย การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด จึงเป็นทั้งการรักษาสิ่งแวดล้อม และการลดค่าใช้จ่าย ในการผลิตไปพร้อมกัน

ก.วิธีเดิม ข.หม้อนึ่งแรงดันสูง

ภาพที่ 5.1 ตัวอย่างสีที่ได้จากการศึกษา

4. ผลการตอบรับในการถ่ายทอดเทคโนโลยีในด้านองค์ความรู้และส่วนประกอบการใช้หม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อการสกัดสี ย้อมสี ได้ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้รับบริการอยู่ในระดับพึงพอใจมากในด้านความเหมาะสมของเนื้อหาหลักสูตร ระยะเวลาการอบรม และช่วงเวลาการอบรม ส่วนความพึงพอใจด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ความเหมาะสมของวิทยากร และความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับเวลาและค่าใช้จ่ายมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด นั่นแสดงว่าผู้เข้ารับการอบรมเห็นว่าการใช้หม้อนึ่ง

แรงดันสูงสามารถสร้างประโยชน์ในการดำเนินงาน ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพและสามารถเพิ่มกำลังผลิตได้เป็นอย่างดี

ดังนั้นในการวิจัยเรื่องการพัฒนาหม้อนึ่งแรงดันสูง ที่ดำเนินการพัฒนาและจัดสร้างหม้อนึ่งแรงดันสูงโดยใช้สแตนเลสเป็นวัสดุหลัก สามารถใช้งานในการสกัดสีและย้อมสีได้อย่างดี ให้ผลการศึกษาวิจัยในรูปแบบการประหยัดพลังงาน สารตั้งต้น เพิ่มผลผลิตในกระบวนการ และป้องกันการสัมผัสไอระเหยจากกระบวนการโดยตรง ตรงตามผลสำเร็จของงานวิจัยที่ตั้งไว้คือได้องค์ความรู้ในการพัฒนาและสร้างหม้อนึ่งแรงดันสูง (ผลสำเร็จเบื้องต้น (Preliminary results, P)) สามารถลดเวลา และเชื้อเพลิงในการผลิตวัตถุดิบ (ผลสำเร็จกึ่งกลาง (Intermediate results, I)) และหม้อนึ่งแรงดันสูงที่ได้จะเพิ่มกำลังการผลิตให้แก่กลุ่มเป้าหมาย เป็นการสร้างอาชีพและเสริมความเข้มแข็งให้ชุมชนเป็นผลสำเร็จตามเป้าประสงค์ (Goal results, G) อย่างสมบูรณ์

ในด้านการอนุรักษ์พลังงานโดยการใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่หรือการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ และสภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถส่งเสริมให้การอนุรักษ์พลังงานมีความยั่งยืนและต่อเนื่อง ผลที่ได้ไม่เพียงแต่ทำให้เกิดการลดการใช้พลังงาน แต่ยังสามารถดำเรงไว้ซึ่งทรัพยากรอันมีค่าให้ดำรงอยู่เพื่อการใช้งานเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดอีกด้วย

บรรณานุกรม

กาญจนา ลือพงษ์. **การอนุรักษ์พลังงาน.** เอกสารประกอบการสอน ระดับปริญญาตรี รายวิชาการอนุรักษ์พลังงานในงานอุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพ. 2555.

ธงชัย เปาอินทร์ และนิวัตร เปาอินทร์. **ต้นไม้ยาน่ารู้.** บริษัท ออฟเซ็ท เพรส.กรุงเทพมหานครฯ. 2544.

นักสิทธิ์ คูวัฒนชัย. **การถ่ายเทความร้อน.** กรุงเทพฯ.ฟินิกส์เซนเตอร์. 2526.

ปิลันธ์ ธรรมมงคล. **การใช้ CT เพื่อลดสีในน้ำทิ้ง.** Colourway. Vol.28 May-June 2000.

พงษ์ พันธุกูลและคณิต อินทร์จันทร์ณรงค์. **ความร้อนประโยคมัธยมศึกษาตอนปลาย.**กรุงเทพฯ.อักษรเจริญทัศน์. 2513.

พิทยา อินทร์มี. **ความรู้เกี่ยวกับผ้าทอกะเหรี่ยง.** โรงเรียนบ้านยางน้ำกลัดใต้ อำเภอหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี. 2554.

มนตรี พิรุณเกษตร. **การถ่ายเทความร้อน.** กรุงเทพฯ. วิทยาพัฒน์จำกัด. 2542.

วริทธิ์ อึ้งภากรและชาญณัดงาน. **การออกแบบเครื่องจักร.** กรุงเทพฯ. เอช.เอ็น.กรุ๊ป. 2541.

สุนันท์ ศรัณยนิตย์. **การถ่ายเทความร้อน.** กรุงเทพฯ. เอช.เอ็น.กรุ๊ป. 2541.

สุรเชษฐ์ รุ่งวัฒนพงษ์. **กลศาสตร์ของแข็ง.** กรุงเทพฯ. เอช.เอ็น.กรุ๊ป. 2541.

สุวรรณ บุญทิพย์และชาญศักดิ์ อภัยนพัฒน์. **ไฟฟ้าอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ. 2542.

_____. **Autocalve**. [online] http://www.eqacenter.com /2010/10/autoclave.html. 13/7/2554.

_____. **Autocalve**. [online] http://th.wikipedia.org. 13/7/2554.

_____. **Autocalve**. [online] http://www.boonyium.com/ boonyium/sara1.htm. 15/7/2554.

_____. **Boiler**. [online] http://www.boilerthailand.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=556557&Ntype1. 15/7/2554.

_____. ไอน้ำ. [online] www.panyathai.or.th/wiki/index.php/ไอน้ำ. 17/7/2554.

ภาคผนวก

ภาคผนวก 1

คู่มือการใช้งานหม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อการสกัดสีและย้อมสีธรรมชาติ

ณ บ้านยางน้ำกลัดใต้ อำเภอหนองหญ้าปล้อง

จังหวัดเพชรบุรี

ขั้นตอนการปฏิบัติสำหรับการใช้หม้ออัดแรงดัน

1. เปิดฝาหม้ออัดแรงดัน เติมน้ำใส่ลงไปตามที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 1 (ก) และ(ข)

(ก)

(ข)

รูปที่ 1 แสดงการเติมน้ำในหม้ออัดแรงดัน (ก) เปิดฝาหม้อฯ (ข) เติมน้ำตามปริมาณที่ต้องการ

2. เมื่อเติมได้ตามปริมาณที่กำหนด ปิดฝาหม้อ และดึงเกลียวล๊อคฝาหม้อ
3. การขันล๊อคให้แน่น โดยใช้ด้านเหล็กสแตนเลสยาว สอดระหว่างหวงแล้วออกแรงขันทั้ง 6 มุม จนแน่น ดังในรูปที่ 2

รูปที่ 2 แสดงการขันล๊อคฝาหม้ออัดแรงดัน โดยแกนเหล็กสแตนเลส

4. เปิดแก๊สโดยใช้ไฟแรงเพื่อให้น้ำเดือด

5. คอยจนความร้อนในหม้ออัดแรงดันมีค่า 120 องศงเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 แสดงเกจวัดความร้อน

6. ทำการปิดระบบการทำงานของแก๊ส เมื่อความร้อนอยู่ที่ 120 องศงเซลเซียส ทันที
7. เมื่อทำการเช็คความร้อน จะพบว่าความร้อนที่ระดับบนฝาหม้ออัดแรงดันจะต่างจากบริเวณก้นหม้ออัดแรงดันอยู่ที่ 10 องศาเซลเซียส หมายความว่าถ้าบนหน้าปัดด้านบนของฝาหม้อบอกว่าความร้อนขณะนั้นคือ 100 จะหมายถึงบริเวณด้านล่างของหม้ออัดแรงดันหรือบริเวณที่เส้นด้ายจมอยู่กับน้ำจะมีอุณหภูมิที่ 110 องศงเซลเซียส นั้นเอง
8. หลังจากปิดแก๊สแล้ว สามารถปล่อยให้ความร้อนทำงานต่อไปในหม้ออัดแรงดัน ตามต้องการ
9. ถ้าต้องการเอาชิ้นงานออกจากเตาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ก็สามารถทำได้โดยการปล่อยวาล์วลดแรงดันออก ดังแสดงในรูปที่ 4

รูปที่ 4 วาล์วปรับลดแรงดันภายในหม้ออัดแรงดัน

10. หลังจากนั้นเปิดฝา ควรใส่ถุงมือที่เป็นฉนวนหรือทนความร้อนเพื่อเปิดฝาหม้อฯ ดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 เปิดฝาหม้ออันแรงดันควรใช้ถุงมือหนัง

11. ต่อจากนั้นหยิบเส้นด้ายขึ้นมาโดยใช้ตัวหนีบหรือวัสดุที่สามารถจับถนัดมือในการหยิบขึ้น
12. หลังจากก็จะนำไปสู่ขบวนการต่อไป

ภาคผนวก 2

การออกแบบหม้อนึ่งแรงดันสูงเพื่อการสกัดสีและย้อมสีธรรมชาติ

ประกอบไปด้วยส่วนประกอบดังนี้

ส่วนประกอบหลักมีด้วยกัน 3 ชุดดังนี้

ชุดที่ 1 ชุดหม้อนึ่งแรงดันสูง ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

- เกจวัดความดัน
- ก๊อก
- ชุดล๊อคฝาครอบ
- ฐานรองถัง
- ฝา
- วาลว์คายความดัน
- วาล์ววัดอุณหภูมิ
- หูจับ
- การประกอบเป็นหม้ออัดแรงดัน

ชุดที่ 2 ชุดขันแหวนล๊อคล๊อคฝาครอบ

- ก้านล๊อค
- ชุดขันแหวนล๊อคฝาครอบ
- บล๊อกล็อก

ชุดที่ 3 ชุดส่วนประกอบเสริม

- ตะแกรงก้นถัง
- ขาตะแกรง

TITLE:

1.7

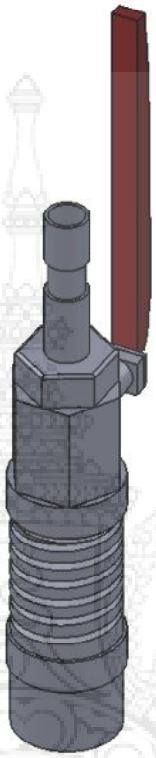
DWG NO.

เกจวัดแรงดัน

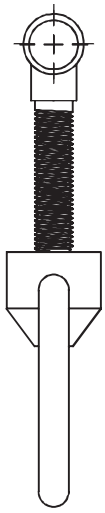
A4

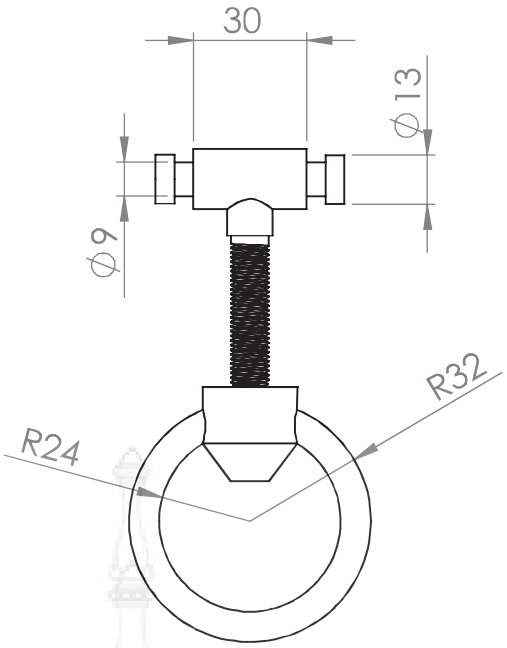
SCALE:1:2

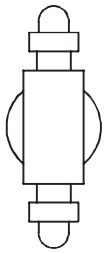
SHEET 1 OF 1

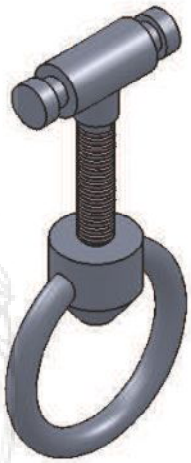


TITLE:	1.6	
DWG NO.	ก็อก	A4
SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1	

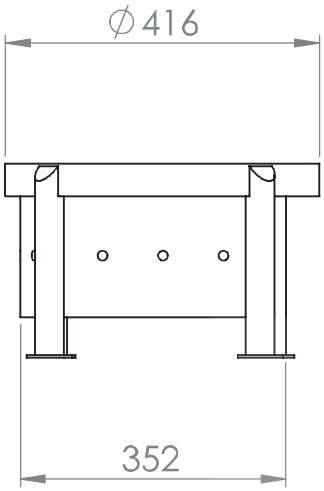


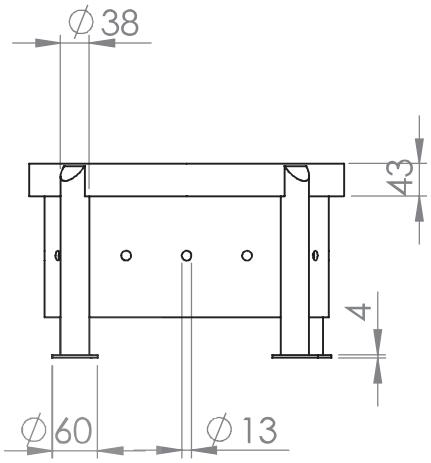


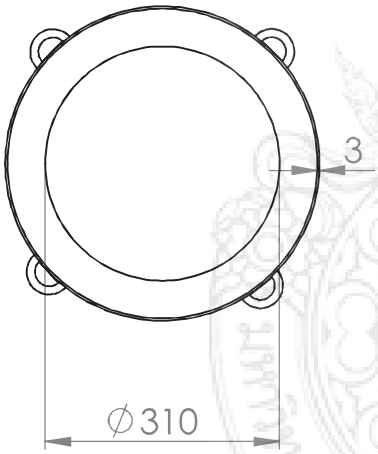


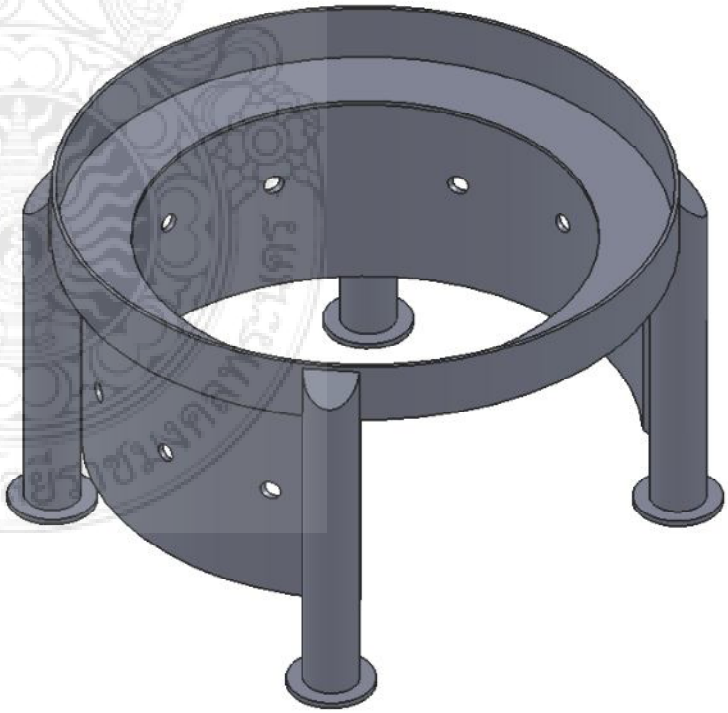


TITLE: 1.4		
DWG NO. ชุดล็อคฝาครอบ		A4
SCALE:1:2	SHEET 1 OF 1	

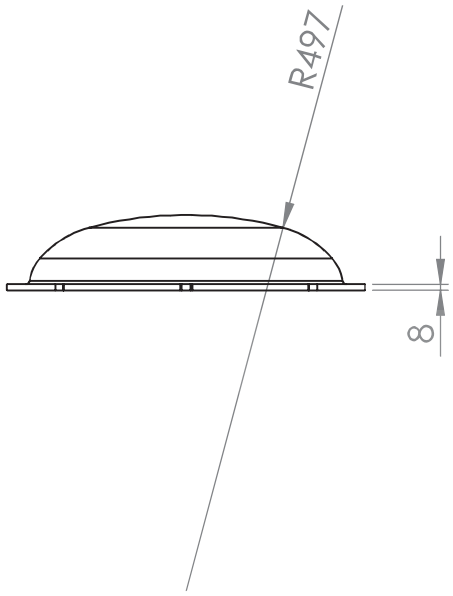


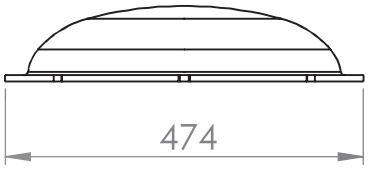


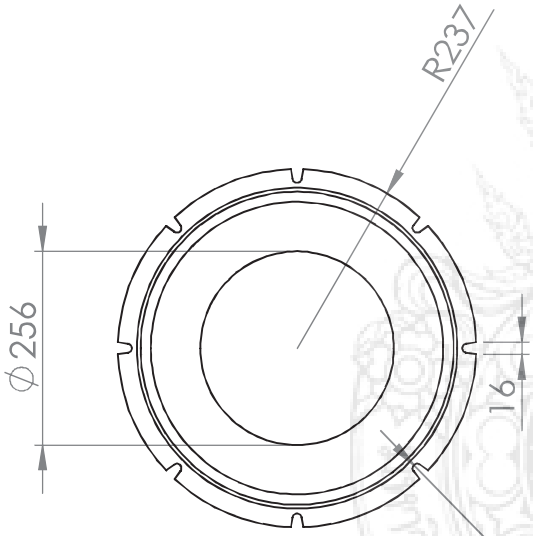


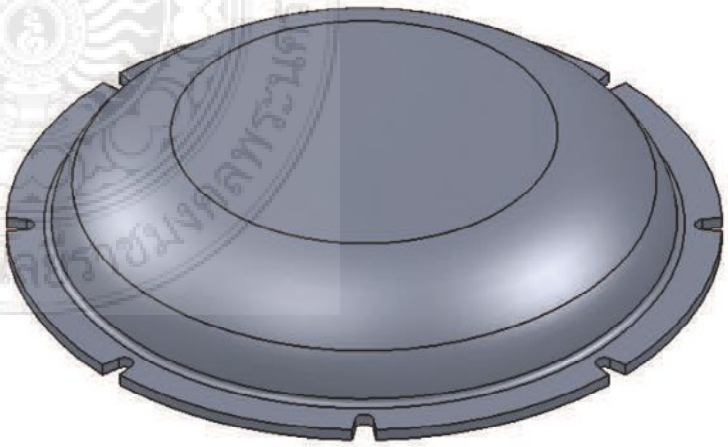


TITLE: 1.9	
DWG NO. ฐานรองถึง	A4
SCALE:1:10	SHEET 1 OF 1

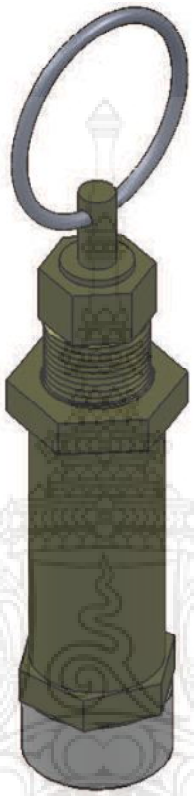








TITLE:	1.2
DWG NO.	ฝา
A4	
SCALE:1:10	SHEET 1 OF 1



TITLE:

1.5

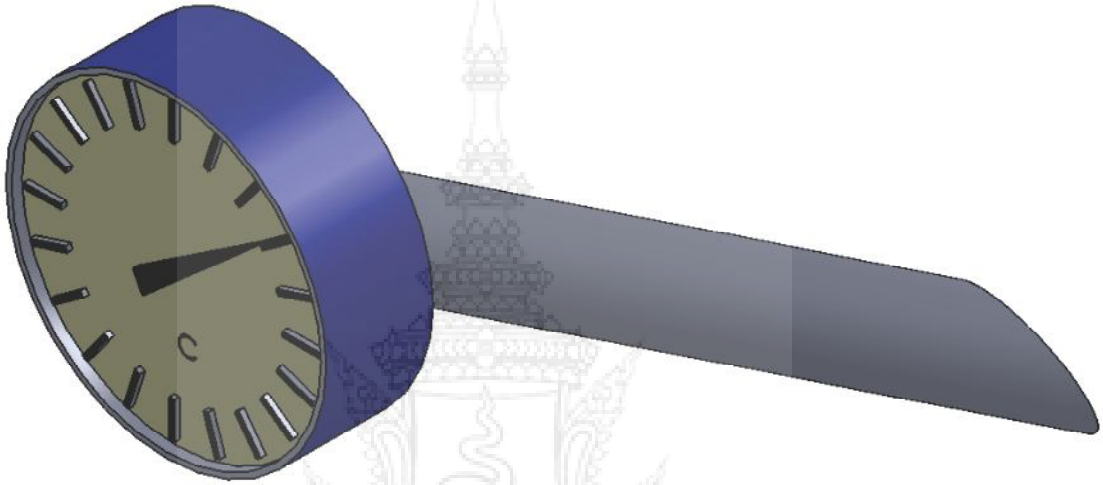
DWG NO.

วาล์วคายความดัน

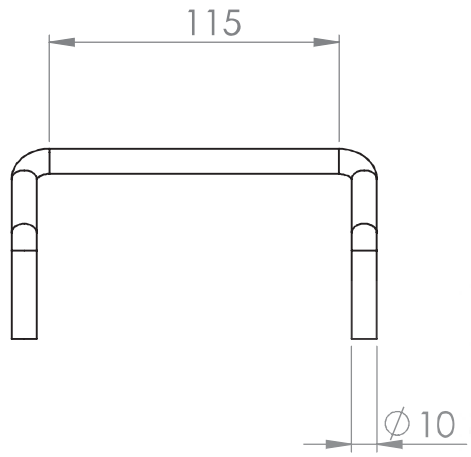
A4

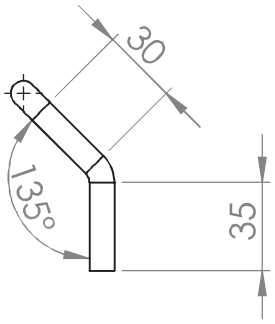
SCALE:1:1

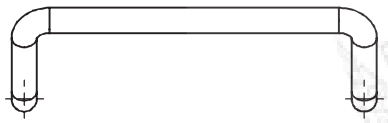
SHEET 1 OF 1

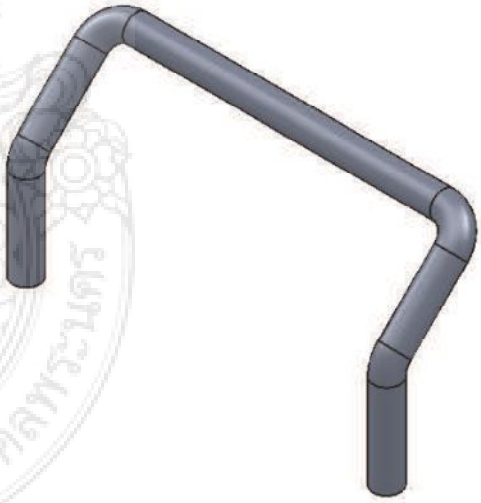


TITLE:	1.8	
DWG NO.	วาล์ววัดอุณหภูมิ	A4
SCALE:1:5	SHEET 1 OF 1	

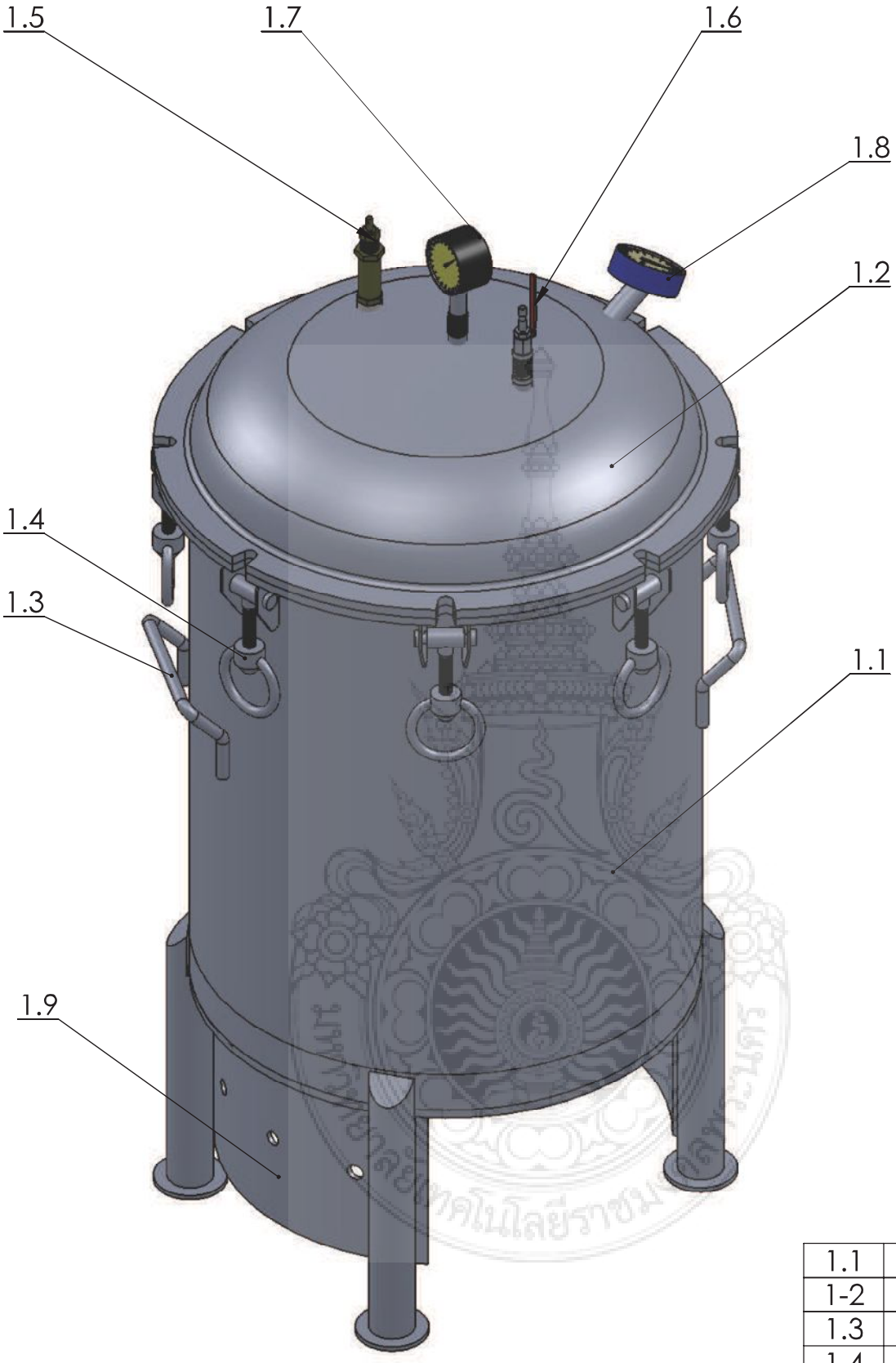








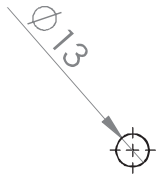
TITLE:	1.3
DWG NO.	หูจับ
	A4
SCALE:1:2	SHEET 1 OF 1

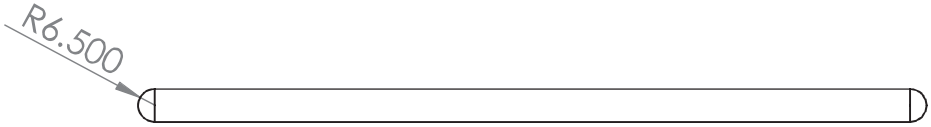


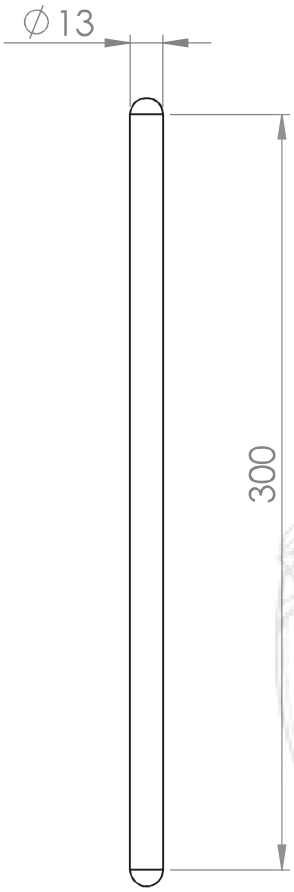
1.1	ตัวถังหม้อนึ่ง
1-2	ฝา
1.3	หูจับ
1.4	ชุดล็อคฝาครอบ
1.5	วาวล์คายความดัน
1.6	ก็อก
1.7	เกจ์วัดแรงดัน
1.8	วาล์วัดอุณหภูมิ
1.9	ฐานรองถัง

ชุดที่ 1: หม้อนึ่งแรงดันสูง

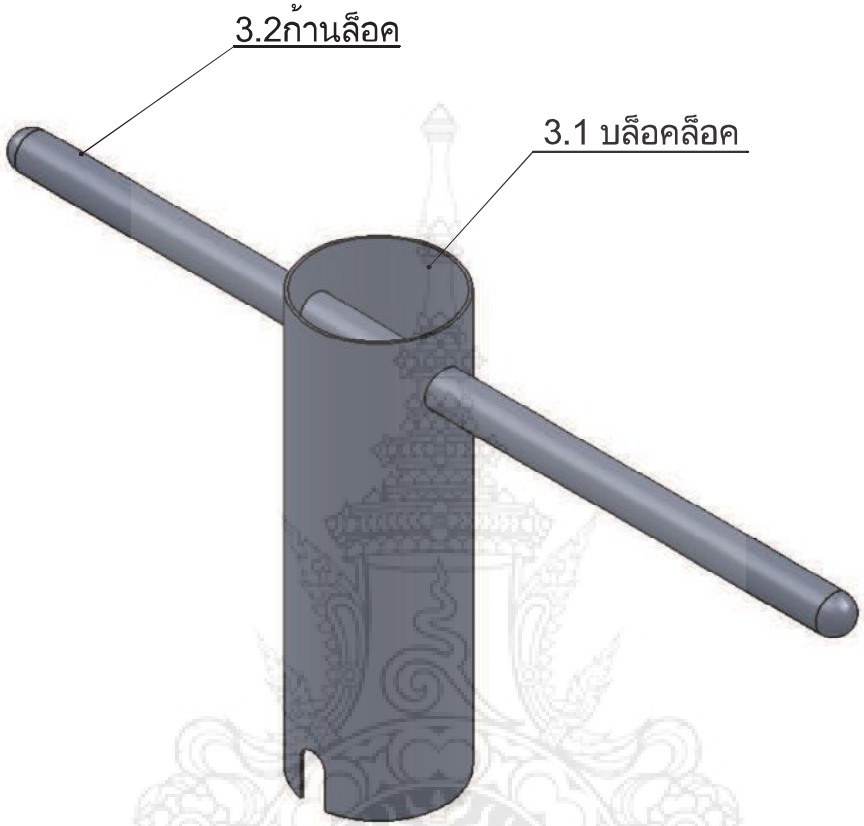
A4







TITLE:	3.2
DWG NO.	ก้านล็อค
A4	
SCALE:1:5	SHEET 1 OF 1



3.1	บล็อคล็อค
3.2	ก้านล็อค

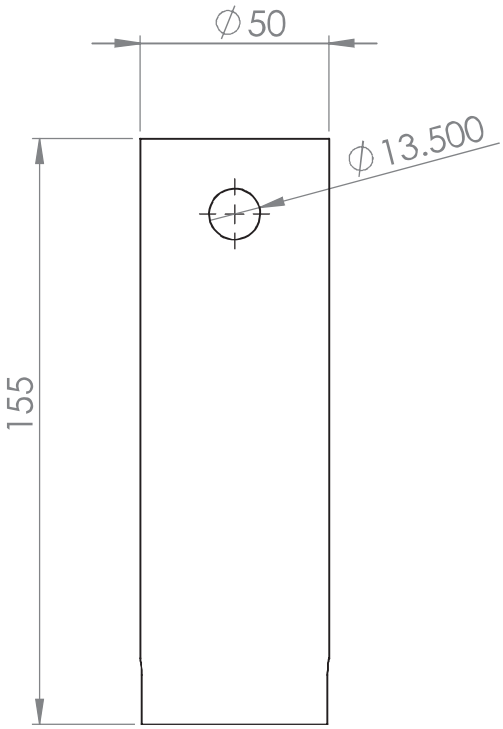
DWG NO.

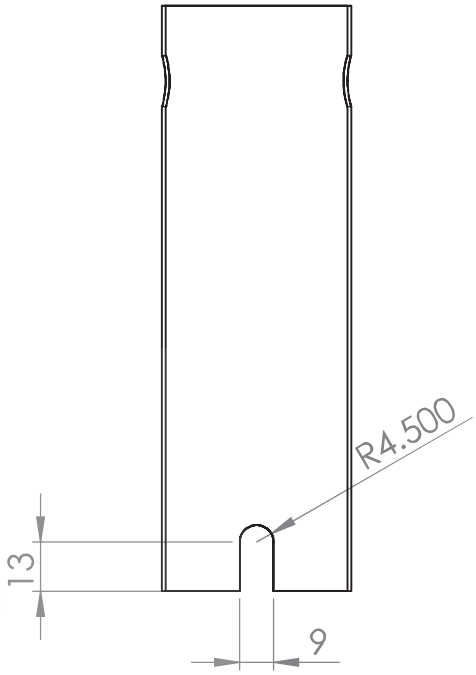
ชุดที่3 ชุดขันแหวนล็อคล็อคฝาครอบ

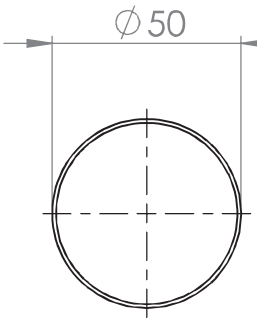
A4

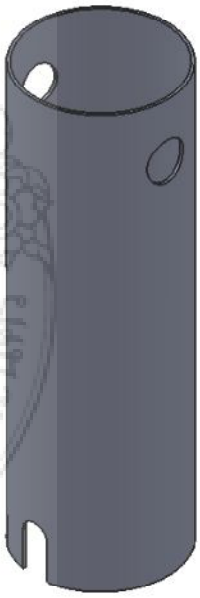
SCALE:1:5

SHEET 1 OF 1

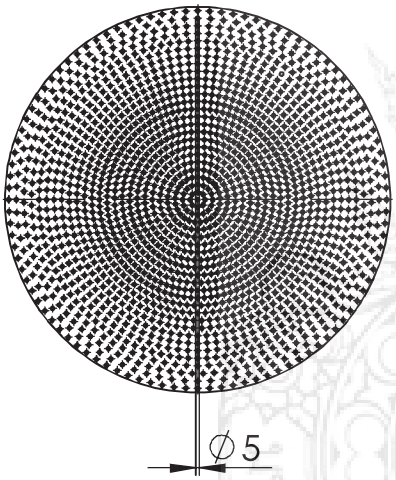


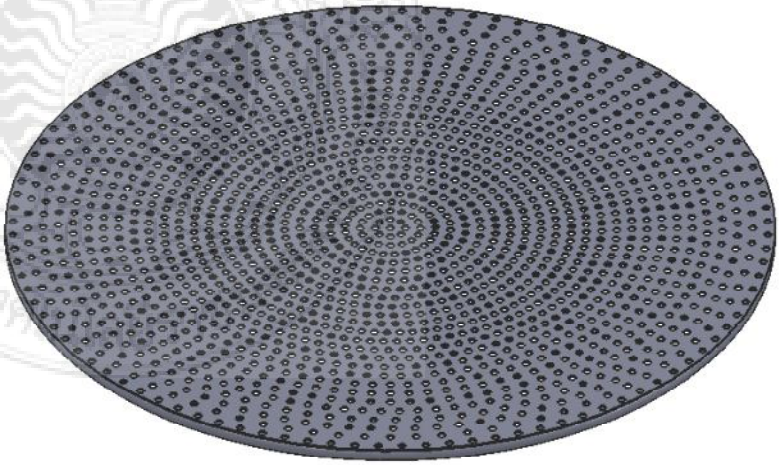






TITLE: 3.1		
DWG NO.	บล็อกล็อก	A4
SCALE:1:5	SHEET 1 OF 1	





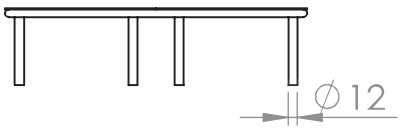
DWG NO.

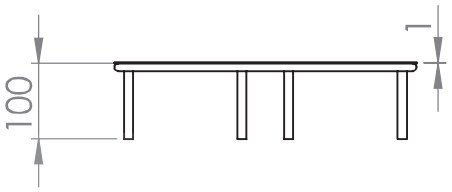
ตะแกรงก้นถัง

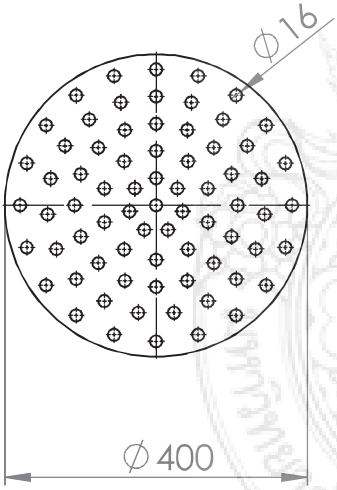
A4

SCALE:1:10

SHEET 1 OF 1







DWG NO.	ชุดขาตะแกรง	A4
SCALE:1:10	SHEET 1 OF 1	