

**การพัฒนาออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบ
สำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหินอย่างยั่งยืนโดยวิธีปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม**
**SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF PRODUCT DESIGN AND MOLD
MANUFACTURING PROCESS FOR BRONZE CRAFT BY A PARTICIPATORY
ACTION APPROACH**

นพพร บิ๊กแวน(Nopporn Bukwan)* อุไรวรรณ คำภูแสน(Ulaiwan khumpusan)

ศศิธร คนทน(Sasithorn Khonthon)

สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

E-mail : luckpull2520@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากหัตถกรรมเครื่องทองลงหินให้มีความสวยงามและเหมาะสมกับความต้องการของตลาด เพื่อพัฒนาและสร้างแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน เพื่อประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบและหาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน วิธีการวิจัย คณะผู้วิจัยได้สำรวจปัญหาและความต้องการของชุมชน ร่วมเสนอแนวคิดและคัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ทำการวาดแบบร่าง ออกแบบลายเส้นและออกแบบรูปทรง 3 มิติ เขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมีดกัด และผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี แล้วนำผลิตภัณฑ์ต้นแบบไปประเมินความพึงพอใจและการพัฒนากระบวนการผลิตแม่พิมพ์ เริ่มจากการออกแบบชิ้นงาน 3 มิติ นำแบบที่ได้ไปออกแบบแม่พิมพ์ เขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมีดกัดและทำการผลิตแม่พิมพ์โดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี หาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์โดยหาค่าเฉลี่ยจากการวัดขนาดของชิ้นงานหลังจากป้อนขึ้นรูปและเปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตแม่พิมพ์แบบเดิม โดยกลุ่มตัวอย่างประเมินความพึงพอใจได้แก่ กลุ่มลูกค้าที่มาติดต่อซื้อผลิตภัณฑ์ของชุมชน 15 คนและผู้ผลิตในชุมชน 15 คน ด้วยเครื่องมือแบบสอบถามและนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิจัยพบว่าการประเมินความพึงพอใจผลิตภัณฑ์ต้นแบบของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ ดี และการหาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์พบว่า ผลการประเมินค่าเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ประเมินมาตรฐานของชุมชนและลูกค้าที่ยอมรับได้ ส่วนการเปรียบเทียบกระบวนการผลิตแม่พิมพ์แบบเดิมใช้เวลาต่างจากกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ 1561 นาทีหรือ 26 ชั่วโมง ลดระยะเวลาในการผลิตแม่พิมพ์ร้อยละ 88.4

คำสำคัญ : ออกแบบผลิตภัณฑ์ , กระบวนการแม่พิมพ์ , หัตถกรรมเครื่องทองลงหิน , วิธีปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม

Abstract

The purpose of this research paper consist of, To design and develop the prototype product of bronze craft to be beautiful and meet with the market's requirement, To develop and create the mold for bronze craft product, To evaluate the satisfaction towards the prototype product design and the efficiency of the mold for bronze craft product. Research method; the researcher team explored the problem and requirement of the community, suggestion the concept and choosing the prototype product, sketch drawing, lined pattern and 3D design, CNC machine tool path programming and manufacturing of the prototype product by CNC machine, then taking the prototype product to evaluate the satisfaction and develop the mold manufacturing process. Starting with 3D model design, mold creation, CNC machine tool path programming and manufacturing of the prototype product by CNC machine. After that, evaluate the efficiency of the mold by measuring the average size of the product after molding and compare with the original manufacturing process. Group sample study is 15 clients and 15 producers in the community by using the questionnaire to analyze the data and determine the efficiency. The research result showed that the average satisfaction of prototype product was at good level, and the result of efficiency evaluation showed that the average could be acceptable and passed standard of community and clients. The comparison of original mold manufacturing processes is different from the developed mold manufacturing process for 1561 minutes or 26 hours, reducing the process time by 88.4%.

Keywords: Product Design, Mold Manufacturing Process, Bronze Craft, Participatory

บทนำ

เครื่องทองลงหิน มีชื่อเรียกอีกอย่างในสมัยโบราณว่า เครื่องมัลลอ เอกสารเก่าในประวัติศาสตร์จะพบว่า มีการใช้คำว่า “มัลลอ” จากหลักฐานทางศิลปวัตถุตามแหล่งที่อยู่อาศัยของมนุษย์ก่อนประวัติศาสตร์ในประเทศไทยประมาณ 2,500 – 3,500 ปี ต่อเนื่องมาจากยุคทองแดง ซึ่งมีอายุประมาณ 3,500 – 5,000 ปี ประเทศไทยรู้จักทองสัมฤทธิ์ หรือทองลงหินมาช้านาน โดยสังเกตได้จากพระพุทธรูปและศิลปวิทยาการอันเป็นสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ เหล่านี้ ได้สร้างขึ้นมามาตั้งแต่สมัยเชียง

แสนและสุขโขทัย ซึ่งประเทศไทยกำลังรุ่งเรืองด้วยช่างฝีมือหลายแขนง จึงมีการซื้อโลหะหรือทองม้วน
พ้อจากจีนมาหลอมทำเป็น ชันน้ำ พานรอง และเครื่องดนตรีไทย ตลอดจนได้หล่อเป็นพระพุทธรูป ล้ำ
กล้องปิ่น ซึ่งประเทศไทยเราเรียกงานหัตถกรรมอันทรงคุณค่าเหล่านี้ว่า “ทองลงหิน” นั่นเอง

วิสาหกิจชุมชนศูนย์หัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ตั้งอยู่บ้านเลขที่ 9/10 ซอยพหลโยธิน 47
ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 ก่อตั้งโดยนายสมคิด ดั่งเงิน
เมื่อปี พ.ศ. 2533 วัตถุประสงค์ในการจัดตั้งศูนย์หัตถกรรมเครื่องทองลงหิน เพื่อต้องการให้งาน
หัตถกรรมประเภทนี้เกิดความเข้มแข็งสามารถต่อรองราคากับพ่อค้าคนกลางได้และในปัจจุบันมี
หน่วยงานภาครัฐเช่น สำนักงานเขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร มาให้ความช่วยเหลือตลอดจน
ภาคเอกชนได้เห็นความสำคัญในการสนับสนุน เพื่อเป็นการรักษาหัตถกรรมเครื่องทองลงหินให้คงอยู่
และเพื่อนำผลิตภัณฑ์ออกจัดแสดงและจำหน่ายในงานต่างๆ

ปัจจุบันพบว่าวิสาหกิจชุมชนศูนย์หัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ประสบปัญหาในด้านการ
ออกแบบผลิตภัณฑ์ การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ๆเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า ปัญหา
ด้านแรงงาน ต้นทุนการผลิตสูง กระบวนการผลิตหลายขั้นตอน อีกทั้งกระบวนการผลิตของชุมชนยัง
ใช้รูปแบบเดิม จึงทำให้ผู้ผลิตมีจำนวนลดลง เนื่องจากต้องใช้ความชำนาญในการทำหัตถกรรมเครื่อง
ทองลงหิน จากการสำรวจพบว่าปัจจุบันมีผู้ผลิตเหลือเพียง 2 ครอบครัว ขาดการสืบทอดงาน
หัตถกรรมจากคนรุ่นหลัง และที่สำคัญที่เป็นหัวใจหลักของงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหินคือแม่พิมพ์
ที่ใช้ในกระบวนการผลิต เมื่อมีการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากลูกค้า ชุมชนจะทำแม่พิมพ์เพื่อใช้สำหรับปั๊ม
ลวดลายบนผลิตภัณฑ์ ซึ่งแม่พิมพ์ที่ใช้ปั๊มลวดลายจะไปจ้างนายเสวียงในการแกะลวดลายตามแบบ ซึ่ง
ต้องใช้ระยะเวลาานานสาเหตุเพราะนายเสวียงมีอายุ 78 ปี จากการลงพื้นที่สอบถามอย่างไม่เป็น
ทางการพบว่าไม่สามารถผลิตแม่พิมพ์ได้แล้ว เนื่องจากนายเสวียงมีอายุมากและคนในครอบครัวไม่
อยากให้ทำ สาเหตุมาจากปัญหาด้านสุขภาพและสายตา จึงทำให้ชุมชนต้องใช้แม่พิมพ์ที่เคยผลิตไว้มา
ทำการผลิตสินค้า เวลาลูกค้ามาสั่งผลิตชิ้นงานจำนวนมากทางชุมชนก็ไม่สามารถทำการผลิตได้
เนื่องจากคนผลิตมีอายุมาก และที่สำคัญผลิตภัณฑ์ของชุมชนไม่มีการพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์
เมื่อลูกค้าต้องการผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ต้องใช้ต้นทุนสูงและไม่สามารถทำต้นแบบให้ลูกค้าดูได้ทำให้
ชุมชนต้องปฏิเสธการสั่งซื้อจากลูกค้า จึงทำให้ชุมชนขาดรายได้และลดจำนวนลูกค้าที่สั่งผลิตงาน
หัตถกรรมเครื่องทองลงหินของชุมชน

จากปัญหาและความสำคัญดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงเห็นว่าควรอนุรักษ์ศิลปหัตถกรรมท้องถิ่นอัน
ทรงคุณค่าไว้ไม่ให้สูญหายไปและควรมีผู้สืบทอดจากคนรุ่นหลัง โดยการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์
ช่วยในการออกแบบเข้ามาช่วยในการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ออกแบบแม่พิมพ์ และใช้
เทคโนโลยีเครื่องจักรซีเอ็นซีเข้ามาช่วยในการผลิต ผลิตภัณฑ์ต้นแบบและกระบวนการผลิต
แม่พิมพ์ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ๆ สู้ความต้องการของกลุ่มผู้บริโภค ชุมชนสามารถผลิต

แม่พิมพ์ได้รวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำ ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ ซึ่งคณะผู้วิจัยหวังว่า หากโครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จ จะเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับชุมชน อีกทั้งเป็นการเพิ่มรายได้แก่ชุมชนให้สามารถยกระดับฐานะความเป็นอยู่ของคนในชุมชนให้ดีขึ้น รวมถึงเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ในการพัฒนาต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นและทำให้มีคนรุ่นใหม่กลับมามีชีวิตการทำงานที่ถาวรต้องถิ่นอย่างต่อเนื่องและยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากหัตถกรรมเครื่องทองลงหินให้มีความสวยงามและเหมาะสมกับความต้องการของตลาด
2. เพื่อพัฒนาและสร้างแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบและหาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ที่พัฒนา

ขอบเขตการวิจัย

การพัฒนาออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหินอย่างยั่งยืนโดยวิธีปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม คณะผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยดังนี้

1. ออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่สำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหินที่มีอัตลักษณ์ของชุมชนประดิษฐ์โถกร โดยใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการออกแบบและผลิตต้นแบบโดยใช้เทคโนโลยีเครื่องจักรซีเอ็นซี ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่จะพัฒนาเป็นต้นแบบ ได้แก่ ข้อนขาว ส้อมขาว ทัพพี ที่เปิดขวด มีดหั่นสแต็ก ส้อมจิ้มผลไม้ ข้อนกาแฟ และลวดลายบนผลิตภัณฑ์ คือ ตัวละครจากเรื่องรามเกียรติ์

2. พัฒนาและสร้างแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับหัตถกรรมเครื่องทองลงหินของชุมชนประดิษฐ์โถกร โดยการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการออกแบบแม่พิมพ์ รวมถึงผลิตแม่พิมพ์โดยใช้เทคโนโลยีเครื่องจักรซีเอ็นซี ซึ่งแม่พิมพ์ต้นแบบที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนาคือแม่พิมพ์ข้อนขาเท่านั้น

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้ที่ให้ข้อมูลด้านผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ได้แก่ ประธานวิสาหกิจชุมชนศูนย์หัตถกรรมทองลงหิน สมาชิกกลุ่มและบุคคลที่เกี่ยวข้องและผู้ให้ข้อมูลด้านกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ รวมถึงกลุ่มคนรุ่นใหม่ที่มีส่วนร่วมสืบสานงานหัตถกรรมท้องถิ่น

กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มลูกค้าที่มาติดต่อซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องทองลงหิน จำนวน 15 คนและผู้ที่เคยผลิตเครื่องทองลงหินและผู้กำลังผลิตในปัจจุบัน จำนวน 15 คน รวมทั้งสิ้น 30 คน เพื่อประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ ซึ่งผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (พรสนอง วงศ์สิงห์ทอง.2550 : 125)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

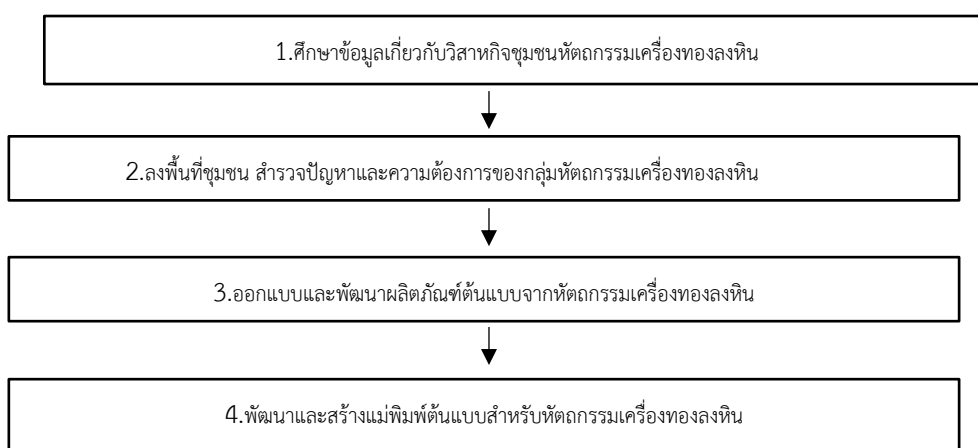
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเรื่องการพัฒนาออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบจากหัตถกรรมเครื่องทองลงหินอย่างยั่งยืนโดยวิธีปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม ประกอบด้วยดังนี้

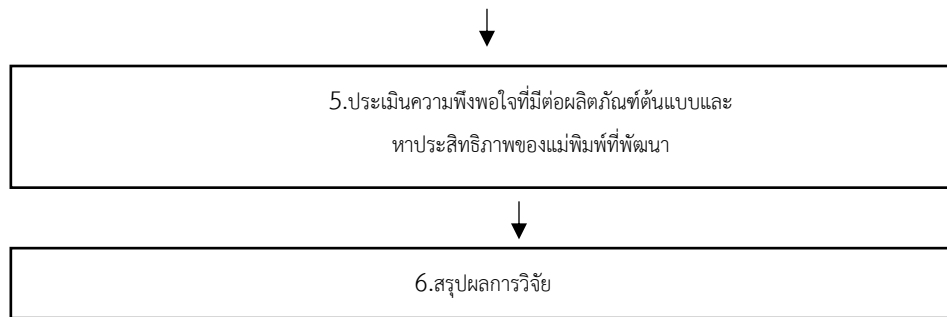
แบบสอบถามความพึงพอใจของชุมชนที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบ โดยใช้แบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมาและมีการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ และทำการแก้ไขข้อเสนอแนะตามผู้ทรงคุณวุฒิ ลักษณะของแบบสอบถามในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบสอบถามความพึงพอใจ แบ่งออกเป็น 2 ตอนซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับสถานะภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา ตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ ทองลงหินโดยใช้คอมพิวเตอร์ ช่วยในการออกแบบ จำนวน 3 ด้านได้แก่ 1.ด้านกายภาพ 2.ด้านการใช้งาน 3.ด้านการออกแบบลวดลาย และตอนท้ายของแบบสอบถามปลายเปิด และมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหินอย่างยั่งยืนโดยวิธีปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม คณะผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้





ภาพที่ 1 แผนผังแสดงขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

1.ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวิสาหกิจชุมชนหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวิสาหกิจชุมชนหัตถกรรมเครื่องทองลงหินพบว่า ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหารเช่น มีดควา ช้อนและส้อมควา ช้อนและส้อมหวาน ช้อนชุป มีดหั่นสแต็ก และยังมีผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกเช่น กำไลข้อมือ พวงกุญแจ ที่คั่นหนังสือ ที่เปิดขวด ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวิสาหกิจชุมชนหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน

2.ลงพื้นที่ชุมชน สำรวจปัญหาและความต้องการของกลุ่มหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน

คณะผู้วิจัยลงพื้นที่ชุมชนประดิษฐ์โถกรเพื่อสำรวจปัญหาและความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน จัดเวทีร่วมประชุม เมื่อวันที่ 10 มกราคม 2560 โดยมีผู้เข้าร่วมประชุม จำนวน 20 คน จากการวิเคราะห์ปัญหาของชุมชนพบว่า ด้านจุดแข็งของผลิตภัณฑ์นั้นยังเป็นที่ต้องการของกลุ่มผู้บริโภค อีกทั้งยังมีความสวยงามและโดดเด่น เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ระดับห้าดาวของเขตจตุจักรและยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่ยอมรับของต่างประเทศ ด้านจุดอ่อนพบว่าขาดคนผลิต ขาดการสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นจากรุ่นสู่รุ่น ขาดการนำเทคโนโลยีเข้าไปช่วยในการออกแบบและกระบวนการผลิต การพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ แต่ยังพบว่ามีโอกาสในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพราะปัจจุบันมีหน่วยงานทั้งทางสำนักงานเขต และหน่วยงานการศึกษาเข้าไปช่วยในกระบวนการต่างๆ

รวมถึงทางด้านสื่อต่างๆเข้าไปทำสารคดี ภูมิปัญญาท้องถิ่น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีการเผยแพร่มากขึ้น และมีการสั่งซื้อเพิ่มมากขึ้น แต่ยังมีอุปสรรคที่สำคัญคือด้านความนิยมของคนในประเทศ รวมถึงมี คู่แข่งของผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหารมากขึ้น จากเหตุผลดังกล่าวคณะผู้วิจัยได้เสนอการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิตงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหินคือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ช่วยในการ ออกแบบและผลิตเพื่อออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่และผลิตต้นแบบโดยใช้เครื่องจักร ซีเอ็นซี อีกทั้งใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบแม่พิมพ์และใช้เครื่องจักรซีเอ็นซีช่วยในการผลิต แม่พิมพ์ให้กับชุมชน เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวและทดแทนการผลิตแม่พิมพ์จากนายเสวียงและสืบทอด งานหัตถกรรมให้อยู่คู่กับประเทศไทยสืบไป ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงการลงพื้นที่ชุมชน สำรวจปัญหาและความต้องการของกลุ่มหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน

3.ออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน โดยคณะผู้วิจัย และชุมชนร่วมกันพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ โดยร่วมกันเสนอแนวคิดและคัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบ จากนั้นนำแบบร่างที่ได้จากการคัดเลือกมาวาดแบบร่างและวาดแบบลายเส้นโดยใช้โปรแกรม คอมพิวเตอร์ช่วยในการวาดแบบและทำการออกแบบเป็นแบบรูปทรงสามมิติ ทำการเขียนโปรแกรม เส้นทางเดินของมิดกัตและดำเนินการทดลองผลิตชิ้นงานต้นแบบโดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี จนได้ ผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่สมบูรณ์ นำผลิตภัณฑ์ต้นแบบไปประเมินความพึงพอใจ

4.พัฒนาและสร้างแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน คณะผู้วิจัยและ ชุมชนได้นำเทคโนโลยีวิศวกรรมย้อนรอยในการออกแบบรูปทรง 3 มิติจากผลิตภัณฑ์เดิม จากนั้นนำ รูปแบบ 3 มิติที่ได้ไปออกแบบแม่พิมพ์ สำหรับทำการแยกแม่พิมพ์ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ แม่พิมพ์ ส่วนบนและแม่พิมพ์ส่วนล่าง แล้วนำแม่พิมพ์ที่ได้มาเขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมิดกัตและทดลอง ผลิตแม่พิมพ์โดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซีจนได้แม่พิมพ์ชิ้นงานที่สมบูรณ์ จากนั้นนำแม่พิมพ์ที่พัฒนาไป ทดลองปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน แล้วนำชิ้นงานที่ได้ไปหาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ที่พัฒนา

5.ประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบและหาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ที่ พัฒนา โดยคณะผู้วิจัยได้แจกแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ

แบบสอบถาม โดยใช้กลุ่มตัวอย่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการผลิตเครื่องทองลงหินจำนวน 15 ชุดและลูกค้าที่มาติดต่อซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องทองลงหินจำนวน 15 ชุด รวมทั้งหมด จำนวน 30 ชุด โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้านได้แก่ ด้านกายภาพ ด้านการใช้งาน ด้านการออกแบบลวดลาย นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อได้ผลประเมินความพึงพอใจและการหาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ โดยหาค่าเฉลี่ยความคาดเคลื่อนของข้อหาที่ได้จากการปั๊มขึ้นรูป วิธีการคือวัดขนาดของชิ้นงานข้อหา 3 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่งที่ 1 (ใบข้อ) มีขนาดเท่ากับ 32 มิลลิเมตร ตำแหน่งที่ 2 (คอข้อ) มีขนาดเท่ากับ 8 มิลลิเมตร และตำแหน่งที่ 3 (ปลายด้ามข้อ) มีขนาด 18 มิลลิเมตร ซึ่งมาตรฐานของชุมชนและลูกค้าที่ยอมรับได้ไม่เกินค่า (10 ± 1) มิลลิเมตร โดยมีค่าระหว่างไม่เกิน 9-11 มิลลิเมตร นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบกระบวนการผลิตแม่พิมพ์แบบเดิมกับแม่พิมพ์ที่พัฒนา

6. สรุปผลการวิจัย นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ประเมินความพึงพอใจและผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ที่พัฒนามาสรุปผลการวิจัยในครั้งนี้

ผลการวิจัย

การพัฒนาออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหินอย่างยั่งยืนโดยวิธีปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม คณะผู้วิจัยได้ดำเนินงานและวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษา โดยการดำเนินงานวิจัยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ข้างต้น ตามการวิเคราะห์ผลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

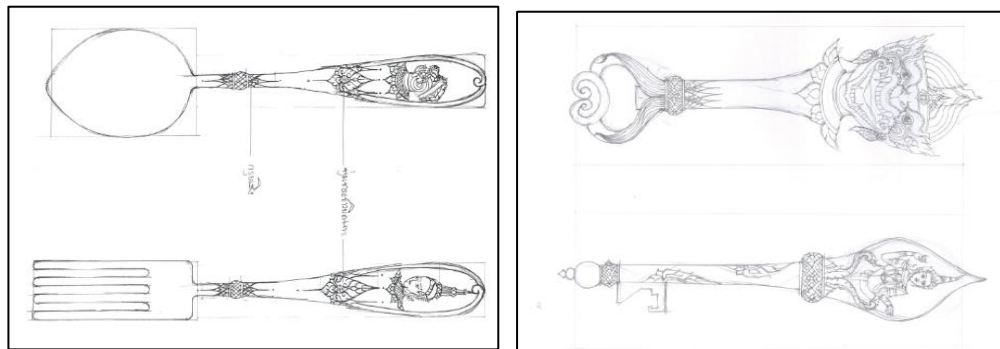
1. ผลการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากหัตถกรรมเครื่องทองลงหินให้มีความสวยงามและเหมาะสมกับความต้องการของตลาด ซึ่งมีผลการวิจัยดังนี้

1.1 ผลการร่วมเสนอแนวคิดและคัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

จากการร่วมเสนอแนวคิดและคัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบพบว่า ผลจากที่ประชุมเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบในการพัฒนาคือ ข้อคาว ส้อมคาว ส้อมจิ้มผลไม้ ข้อกาแพ มีดสตีล ทัพพีและที่เปิดขวด โดยใช้ตัวละครจากเรื่องรามเกียรติ์ ซึ่งตัวละครที่นำมาใช้ในการออกแบบคือ พระราม พระลักษณ์ นางสีดา ยักษ์ ทศกัณฐ์ หนุมาน อีกทั้งที่ประชุมยังเสนอแนวคิดลวดลายบนผลิตภัณฑ์ควรให้เห็นลวดลายที่ชัดเจนและนำลวดลายไทยเข้ามาใส่บนผลิตภัณฑ์ซึ่งลวดลายที่นำมาใส่ควรบ่งบอกถึงเอกลักษณ์ของความเป็นไทย

1.2 ผลการวาดแบบร่างของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

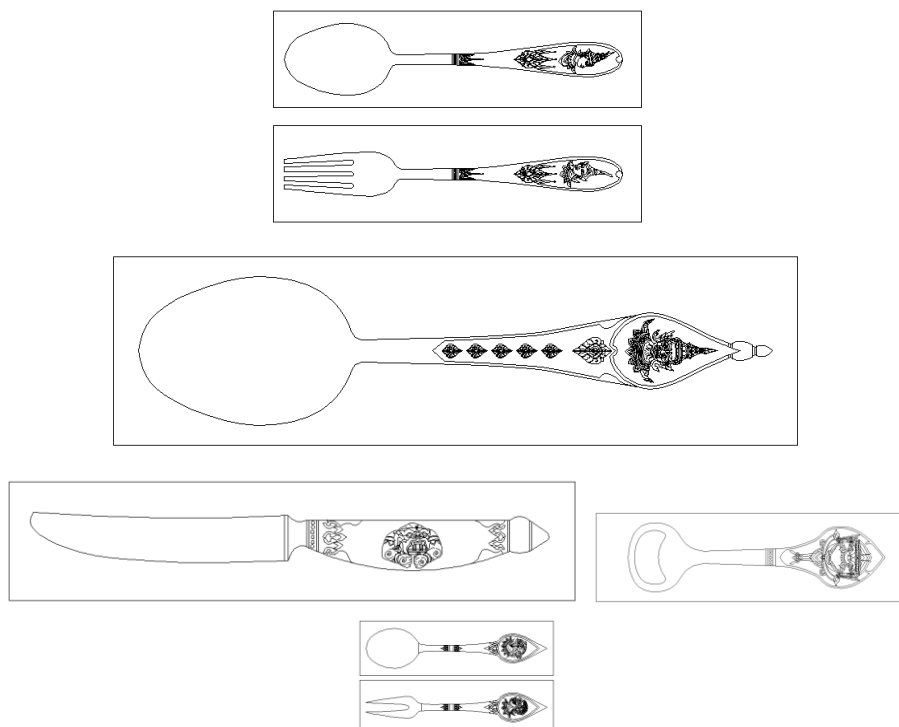
จากนั้นคณะผู้วิจัยได้ทำการร่างแบบลงบนกระดาษและกำหนดตำแหน่งในการจัดวางลวดลายเกี่ยวกับตัวละครรามเกียรติ์ลงบนผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ซึ่งผลจากการวาดแบบร่างของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ แสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงผลการวาดแบบร่างของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

1.3 ผลออกแบบลายเส้นของผลิตภัณฑ์ต้นแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ

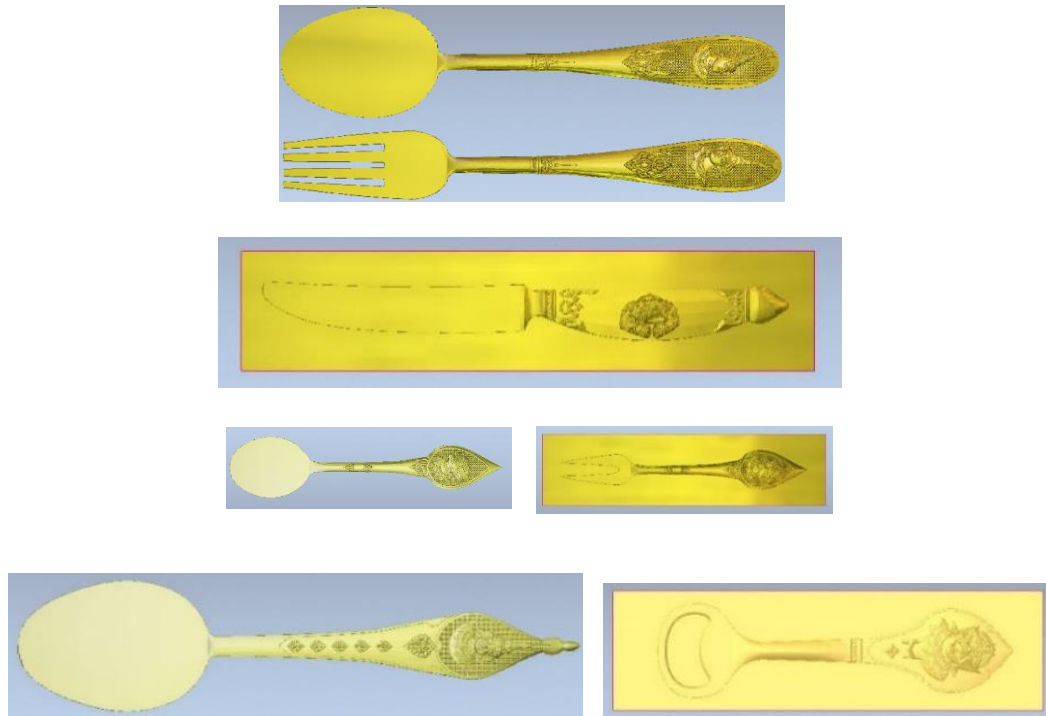
คณะผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ โดยใช้โปรแกรม Auto CAD และโปรแกรม Art CAM ทำการออกแบบลายเส้นของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ทั้ง 7 ชิ้นงาน รวมถึงออกแบบลายเส้นตัวละครที่นำมาวางบนผลิตภัณฑ์ต้นแบบ โดยนำแบบร่างที่เขียนไว้มาทำการลากเส้นตามแบบและปรับแก้ไขขนาดแบบที่ได้ให้สมบูรณ์ ซึ่งผลจากการออกแบบลายเส้นของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงผลการออกแบบลายเส้นของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

1.4 ผลการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบสามมิติสำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน

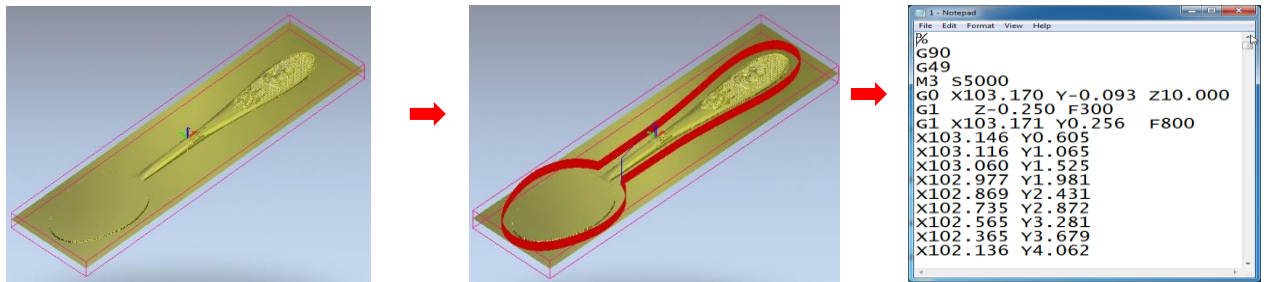
ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบสามมิติโดยใช้โปรแกรม Unigraphics Nx 6.0 และ โปรแกรม Art CAM จากนั้นทำการสร้างพื้นผิวของชิ้นงาน ทำการรวมแบบจำลองพื้นผิวเข้าด้วยกัน เพื่อให้เห็นขนาดและรูปทรงของผลิตภัณฑ์ จากนั้นออกแบบลวดลายมาวางบนผลิตภัณฑ์ตามที่ได้ร่างแบบไว้ ซึ่งผลจากการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบสามมิติ ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงผลการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบสามมิติสำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน

1.5 ผลการเขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมีดกัดโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต (CAM)

ขั้นตอนต่อไปทางคณะผู้วิจัย นำแบบชิ้นงานสามมิติที่ได้จากการออกแบบ มาทำการเขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมีดกัดและสร้างลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม กำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในงานกัด จากนั้นทำการแปลงเส้นทางเดินของมีดกัดเป็นโปรแกรมเอ็นซี ซึ่งผลจากการเขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมีดกัด ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงผลการเขียนโปรแกรมเส้นทางการเดินของมีดกัดโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต (CAM)

1.6 ผลการทดลองผลิตและสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี

หลังจากทำการออกแบบชิ้นงานสามมิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์และเขียนโปรแกรมเส้นทางการเดินของมีดกัดชิ้นงาน ขั้นตอนถัดไปทางคณะผู้วิจัยและชุมชนประดิษฐ์โทรการได้ทำการผลิตต้นแบบที่พัฒนาขึ้นโดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แสดงผลการทดลองผลิตและสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี

2. ผลการพัฒนาและสร้างแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ซึ่งมีผลการวิจัยดังนี้

2.1 ผลศึกษาการผลิตแม่พิมพ์แบบดั้งเดิม

จากการศึกษาการผลิตแม่พิมพ์แบบดั้งเดิมพบว่าปัจจุบันคนผลิตแม่พิมพ์เหลือเพียงคนเดียวคือนายเสวียง และมีอายุ 78 ปี ปัจจุบันได้เลิกผลิตแม่พิมพ์แล้ว เนื่องจากมีอายุมากรวมถึงไม่มีการผลิตสินค้าแบบใหม่จากชุมชนประดิษฐ์โทรการและครอบครัวไม่ยอมให้ทำเนื่องจากปัญหาด้านสุขภาพและสายตา จากนั้นคณะผู้วิจัยได้สอบถามนายเสวียงในการผลิตแม่พิมพ์ซ็อนซา เมื่อชุมชนมาสั่งผลิตแม่พิมพ์ ชุมชนได้จัดเตรียมเหล็กและมีแบบรูปทรงของชิ้นงาน นายเสวียงนำเหล็กที่ได้มาทำการร่างแบบโดยใช้เวลา 120 นาที ทำการแกะเหล็กโดยใช้วิธีการแกะแบบหยาบเพื่อลดเนื้อเหล็กออกให้มากที่สุดโดยใช้ตะไบมาเจียรให้มีคมตัดและนำไปชุดเนื้อเหล็กออก การแกะหยาบใช้เวลา 360 นาที

ขั้นตอนต่อไปคือการแกะแม่พิมพ์แบบกึ่งละเอียด ซึ่งขั้นตอนนี้นายเสวียงกล่าวว่า นำตะไบมาลับให้คม และลดคมตัดให้เล็กลง เพื่อเก็บผิวงานให้ละเอียดกว่าเดิม โดยใช้เวลาในการแกะกึ่งละเอียด 480 นาที ขั้นตอนสุดท้ายคือการเก็บละเอียดผิวงาน โดยขั้นตอนนี้นายเสวียงกล่าวว่าเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลานานที่สุดเพราะต้องการความละเอียดและผิวของชิ้นงานต้องมีความคมชัดเมื่อป้อนขึ้นรูปผลวดลายของชิ้นงานเพราะถ้าผิวงานไม่ได้จะทำให้ขนาดผิดจากแบบ โดยใช้เวลาในการแกะแบบละเอียด 720 นาที ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ผลการศึกษาการผลิตแม่พิมพ์แบบดั้งเดิม

2.2 ผลการออกแบบชิ้นงานทดสอบโดยใช้เทคโนโลยีวิศวกรรมย้อนรอย

จากที่ประชุมร่วมกับชุมชนประดิษฐ์โครงการจึงได้เสนอแนวคิดร่วมกันเพื่อแก้ปัญหาในการผลิตแม่พิมพ์ โดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซีเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ โดยที่ประชุมได้ทำการคัดเลือกแม่พิมพ์ที่ใช้ในการป้อนชิ้นงานคือแม่พิมพ์ช้อนชา จากนั้นทางคณะผู้วิจัยและชุมชนได้นำต้นแบบผลิตภัณฑ์ช้อนชาไปแสกนโดยใช้เครื่องแสกนแบบสามมิติเพื่อออกแบบชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ ดังแสดงในภาพที่ 10

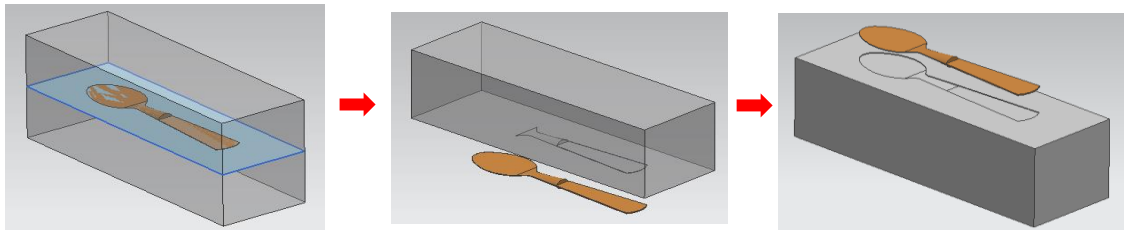


ที่ 10 แสดงผลการออกแบบชิ้นงานทดสอบโดยใช้เทคโนโลยีวิศวกรรมย้อนรอย

2.3 ผลการออกแบบแม่พิมพ์โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ

หลังจากได้แบบรูปทรงสามมิติของช้อนชาขั้นตอนต่อไป คือกระบวนการออกแบบแม่พิมพ์ โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ ซึ่งทางคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบ โดยเริ่มจากนำไฟล์ของ

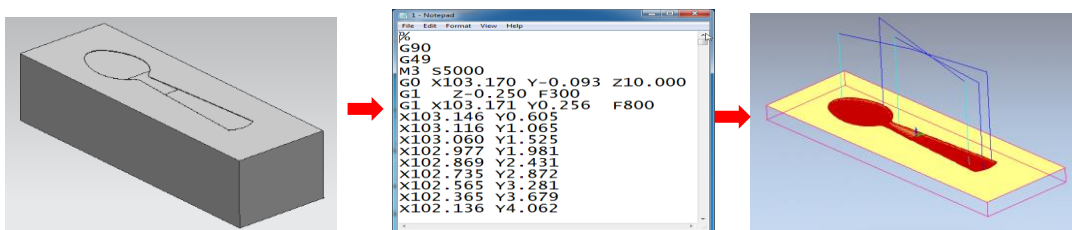
แบบชิ้นขาที่ได้จากการออกแบบทำการตรวจสอบชิ้นงานเพื่อหาความลาดเอียง กำหนดค่าการหดตัวของชิ้นงานและสร้างพื้นผิวในการแบ่งเส้นเปิดแม่พิมพ์ ขั้นตอนต่อไปทำการแยกส่วนของแม่พิมพ์ออกเป็นสองส่วนได้แก่ส่วนบนและส่วนล่าง ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แสดงผลการออกแบบแม่พิมพ์โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ

2.4 ผลการเขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมิดกัตสำหรับผลิตแม่พิมพ์

คณะผู้วิจัยได้ทำการเขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมิดกัตสำหรับใช้ในการผลิตแม่พิมพ์ โดยการนำไฟล์ของแม่พิมพ์ที่ได้จากการออกแบบ มาเขียนโปรแกรมตามลำดับการทำงาน โดยเริ่มจากการกำหนดจุดศูนย์กลางของชิ้นงาน การกำหนดขนาดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต การกำหนดมิดกัตที่ใช้ การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการกัด หลังจากนั้นเป็นการกำหนดรูปแบบเส้นทางเดินของมิดกัตและลำดับขั้นตอนการทำงาน จากนั้นทำการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมโดยการจำลองการกัดเส้นทางเดินของมิดกัต ทำการแปลงข้อมูลจากโปรแกรมให้เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับควบคุมสั่งงานเครื่องจักรซีเอ็นซี ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 แสดงผลการเขียนโปรแกรมเส้นทางเดินของมิดกัตสำหรับผลิตแม่พิมพ์

2.5 ผลการทดลองผลิตแม่พิมพ์โดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองผลิตแม่พิมพ์ โดยเริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบ การเตรียมเครื่องมือและดอกกัด การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมที่ทำไว้ จากนั้นทำการผลิตแม่พิมพ์โดยใช้เครื่องจักรกลซีเอ็นซี ซึ่งผลจากการทดลองผลิตแม่พิมพ์ ดังแสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ทดลองผลิตแม่พิมพ์โดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี

2.6 ผลการทดสอบปั๊มชิ้นงานโดยใช้แม่พิมพ์ที่พัฒนา

หลังจากผลิตแม่พิมพ์ชิ้นงานโดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซีเสร็จสมบูรณ์ ทางคณะผู้วิจัยและชุมชนได้ทำการทดสอบปั๊มชิ้นงานชิ้นงานโดยใช้แม่พิมพ์เหล็กที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ ซึ่งผลจากการทดสอบปั๊มชิ้นงานโดยใช้แม่พิมพ์ที่พัฒนา ดังแสดงในภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ทดสอบปั๊มชิ้นงานโดยใช้แม่พิมพ์ที่พัฒนา

3. ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบและหาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ที่พัฒนา

3.1 ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ได้แก่ ช้อนควา ส้อมควา ส้อมจิ้มผลไม้ ช้อนกาแฟ ทัพพี ที่เปิดขวดและมีดหั่นสแต็ก โดยคณะผู้วิจัยได้แจกแบบสอบถาม แก่ผู้ผลิตเครื่องทองลงหิน 15 ชุดและลูกค้าที่มาติดต่อซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องทองลงหิน 15 ชุด รวมทั้งหมด 30 ชุด โดยสอบถามความพึงพอใจทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ 1.ด้านกายภาพ 2.ด้านการใช้งาน 3.ด้านการออกแบบลวดลาย สรุปผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบช้อนควา ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.52 ระดับความพึงพอใจ อยู่ในระดับ ดี ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบส้อมควา ทั้ง 3 ด้านพบว่า ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.60 ระดับความพึงพอใจ อยู่ในระดับ ดี ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบช้อนกาแฟ ทั้ง

3 ด้านพบว่าค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.18 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.59 ระดับความพึงพอใจ อยู่ในระดับ ดี ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบทัฟพี ทั้ง 3 ด้านพบว่าค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.59 ระดับความพึงพอใจ อยู่ในระดับ ดี ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบมิดหันสเติก ทั้ง 3 ด้านพบว่าค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.60 ระดับความพึงพอใจ อยู่ในระดับ ดี ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบส้อมจิ้มผลไม้ ทั้ง 3 ด้านพบว่า ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.62 ระดับความพึงพอใจ อยู่ในระดับ ดี ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่เปิดขวด ทั้ง 3 ด้านพบว่าค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.73 ระดับความพึงพอใจ อยู่ในระดับ ดี

3.2 ผลการหาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ที่พัฒนา

ตารางที่ 1 แสดงผลการหาความคลาดเคลื่อนของผลิตภัณฑ์ชิ้นงาน

ลำดับ ที่	ตำแหน่งวัดที่ 1 (ใบซ้อน)		ตำแหน่งวัดที่ 2 (คอซ้อน)		ตำแหน่งวัดที่ 3 (ด้ามซ้อน)	
	ขนาดที่วัดได้ (มม.)	ความคลาด เคลื่อน	ขนาดที่วัดได้ (มม.)	ความคลาด เคลื่อน	ขนาดที่วัดได้ (มม.)	ความคลาด เคลื่อน
1	31.89	0.11	7.96	0.04	17.98	0.02
2	31.79	0.21	7.84	0.16	17.78	0.22
3	31.86	0.14	7.72	0.28	17.87	0.13
4	31.84	0.16	7.73	0.27	17.96	0.04
5	31.73	0.27	7.91	0.09	17.95	0.05
6	31.79	0.21	7.84	0.16	17.78	0.22
7	31.89	0.11	7.96	0.04	17.98	0.02
8	31.73	0.27	7.91	0.09	17.95	0.05
9	31.84	0.16	7.73	0.27	17.96	0.04
10	31.86	0.14	7.72	0.28	17.87	0.13
	ค่าเฉลี่ย ความคลาด เคลื่อน	0.178	ค่าเฉลี่ย ความคลาด เคลื่อน	0.168	ค่าเฉลี่ย ความคลาด เคลื่อน	0.092
ผลการประเมิน		ผ่าน		ผ่าน		ผ่าน

จากตารางที่ 1 แสดงผลการหาค่าความคลาดเคลื่อนของผลิตภัณฑ์ชิ้นงานพบว่าชิ้นงานชิ้นที่ 1-10 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน ตำแหน่งวัดที่ 1 (ใบซ้อน) มีค่าเท่ากับ 0.178 มิลลิเมตร ผลการประเมินผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน ตำแหน่งวัดที่ 2 (คอซ้อน) มีค่าเท่ากับ 0.168 มิลลิเมตร ผลการประเมินผ่านเกณฑ์มาตรฐาน และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน ตำแหน่งวัดที่ 3 (ปลายด้ามซ้อน) มีค่าเท่ากับ 0.092 มิลลิเมตร ผลการประเมินผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ตารางที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบการผลิตแม่พิมพ์แบบเดิมกับการผลิตแม่พิมพ์ที่พัฒนา

ลำดับ	การผลิตแม่พิมพ์แบบเดิม	เวลา (นาทีก)	การผลิตแม่พิมพ์ที่พัฒนา	เวลา (นาทีก)
1	ปาดหน้าผิวของชิ้นงาน	60	ปาดหน้าผิวของชิ้นงาน	60
2	ออกแบบ	120	ออกแบบ	54
3	กัดหยาบ	360	กัดหยาบ	13
4	กัดกึ่งละเอียด	480	กัดกึ่งละเอียด	17
5	เก็บละเอียด	720	เก็บละเอียด	36
	รวม	1740 หรือ 29 ชั่วโมง	รวม	179 หรือ 3 ชั่วโมง

จากตารางที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบการผลิตแม่พิมพ์แบบเดิมกับการผลิตแม่พิมพ์ที่พัฒนาพบว่า รวมระยะเวลาในการผลิตแม่พิมพ์ของชุมชนเป็นเวลา 1740 นาทีหรือ 29 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับแม่พิมพ์ที่พัฒนาใช้เวลาทั้งหมดในการผลิต 179 นาทีหรือ 3 ชั่วโมง ผลการเปรียบเทียบการผลิตแม่พิมพ์แบบเดิมกับแม่พิมพ์ที่พัฒนาพบว่าแม่พิมพ์แบบเดิมของทางชุมชนประดิษฐ์โทรการใช้เวลาต่างจากแม่พิมพ์ที่พัฒนา 1561 นาทีหรือ 26 ชั่วโมง ซึ่งลดระยะเวลาการผลิตแม่พิมพ์จากเดิมร้อยละ 88.4

สรุปและอภิปรายผล

จากการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบพบว่าทางวิสาหกิจชุมชนต้องการที่จะพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์แบบใหม่ให้มีอัตลักษณ์ที่โดดเด่นเหมาะสมและสวยงามให้เป็นที่ต้องการของลูกค้า เนื่องจากที่ผ่านมาทางชุมชนยังไม่มีผลิตภัณฑ์ที่เป็นอัตลักษณ์ของชุมชน ส่วนตลาดใหม่ทางวิสาหกิจชุมชนต้องการให้เป็นอัตลักษณ์คือตลาดเฉพาะตัวละครจากเรื่องราวเกียรติ ส่วนการพัฒนาผลิตแม่พิมพ์โดยวิธีการแบบมีส่วนร่วมนั้นได้รับความช่วยเหลือและความร่วมมือเป็นอย่างดี ซึ่งผลลัพธ์ที่

เกิดขึ้นนอกเหนือจากชุมชนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีอัตลักษณ์ของชุมชนรูปแบบใหม่แล้วทางชุมชนยังมีความภาคภูมิใจในผลิตภัณฑ์ของตนเองค่อนข้างมาก อันเนื่องมาจากทุกขั้นตอนทางชุมชนและผู้ที่เกี่ยวข้องมีส่วนร่วมทั้งหมดซึ่งสอดคล้องกับสุภาวงศ์ จันทวานิช (2547:67) ที่กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (PAR) หมายถึงการที่ชาวบ้านเข้ามามีส่วนร่วมวิจัย เป็นการเรียนรู้จากประสบการณ์โดยอาศัยการมีส่วนร่วมจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมงานวิจัยทำให้ชุมชนส่วนใหญ่รู้สึกภาคภูมิใจและรู้สึกเป็นเกียรติที่มีส่วนร่วม ส่วนผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบ พบว่าระดับความพึงพอใจ อยู่ในระดับ ดี และผลจากการหาประสิทธิภาพของแม่พิมพ์พบว่า ผ่านเกณฑ์ประเมินมาตรฐานของชุมชนและลูกค้าที่ยอมรับได้และการเปรียบเทียบกระบวนการผลิตแม่พิมพ์แบบเดิมใช้เวลาต่างจากกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ที่พัฒนา 1561 นาทีหรือ 26 ชั่วโมง ลดระยะเวลาในการผลิตแม่พิมพ์ร้อยละ 88.4

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้เรียนรู้และมีข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์คือการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ควรมีการปรับปรุงให้มีน้ำหนักให้น้อยลงเพื่อลดต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตและตอบสนองความต้องการของลูกค้าและชุมชนควรนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้าไปใช้ในกระบวนการผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ รวมถึงควรมีผู้สืบทอดจากคนรุ่นหลังเพื่อสร้างความยั่งยืนของวิสาหกิจชุมชนเครื่องทองลงหินสืบไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครและสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผู้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้โดยได้รับความร่วมมือจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ศูนย์หัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ชุมชนประดิษฐ์โทรการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นายสมคิด ดั่งเงิน ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ศูนย์หัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ซึ่งเป็นผู้ให้ข้อมูลและคำแนะนำตลอดจนเป็นผู้ที่ให้คำปรึกษากระบวนการผลิตงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหินด้วยดีตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

- อุตสาหกรรมเครื่องทองลงหิน.** กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม , 2508 ข. กระทรวงพาณิชย์ กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ รายงานผลการศึกษาวิจัยเรื่องเครื่องทองลงหิน (Bronze ware) .
กรุงเทพฯ กระทรวงพาณิชย์ , 2521
- กรมส่งเสริมสหกรณ์ สำนักงานสหกรณ์จังหวัดกรุงเทพมหานคร สหกรณ์บริการศูนย์ส่งเสริม
ศิลปหัตถกรรมชุมชนกรุงเทพ จำกัด. **เครื่องทองลงหิน.** กรุงเทพฯ : สำนักงานสหกรณ์
จังหวัดกรุงเทพมหานคร กรมส่งเสริมสหกรณ์, 2545.
- ครรชิต คุณาพัทธ์ **ผลงานการพัฒนาเครื่องทองลงหิน ผลิตภัณฑ์ชุมชนประดิษฐ์โถกร** เขต
จตุจักร. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ., 2550.
- สุภางค์ จันทวานิช (2547). **วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิโรจน์ ตั้งสกุล. **ภูมิปัญญาชาวบ้านกับการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน ศึกษากรณี เครื่องทองลงหิน**
ชุมชนประดิษฐ์โถกร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ :
มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, 2547.
- พรสนอง วงศ์สิงห์ทอง. (2550). **วิธีวิทยาการวิจัยการออกแบบผลิตภัณฑ์.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- T. M. M. Shahin (2008), “Feature based Design – An Overview,” Computer-Aided
Design and Applications, vol.5, no.5, pp.639-653

การเปรียบเทียบระยะเวลา ค่าความร้อน และความหนาแน่นพลังงาน

ระหว่างถ่านชาร์กะลามะพร้าวจากเตาคาร์บอนชนิดใหม่

และเตาคาร์บอนของเกษตรกร

Comparison Time , Higher Heating Value and Energy Densification Ratio

Between Coconut Shell Char from New Carbonizer

and Agriculturist Carbonizer

นงนุช ศรีเล็ก(Nongnoot Srilek) * อัญชณา อู่ประกุล(Unchana Auaprakul)

นเรศ ไญ้วงศ์(Naret Yaiwong) ชัชชัย วรพัฒน์(Chatchai Vorapat)

ธีรวัฒน์ ใหม่เต็ม(Theerawat Maitem)¹

โปรแกรมวิชาวิศวกรรมพลังงานและเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

*Email : nongnoot.sri@crru.ac.th

บทคัดย่อ

กะลามะพร้าว (Coconut Shell) เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตไอศกรีม หรือ ผลิตภัณฑ์ ซึ่งเกษตรกรได้นำกะลามะพร้าวไปเผาเพื่อผลิตถ่านใช้ในครัวเรือนและชุมชน โดยการนำกะลามะพร้าวไปเผาในเตาขนาด 200 ลิตร ซึ่งการผลิตถ่านแต่ละครั้งนั้นให้ปริมาณถ่านแตกต่างกันไป ตลอดจนระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตนั้นใช้เวลานาน และ ไม่คงที่ ซึ่งส่งผลให้คุณภาพด้านค่าความร้อนแตกต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการคาร์บอนไนซ์ ปริมาณผลผลิตที่ได้ ค่าความร้อน และความหนาแน่นพลังงาน ระหว่างการผลิตถ่านชาร์เชื้อเพลิงแข็งโดยเตาขนาด 200 ลิตรที่เกษตรกรใช้ปัจจุบัน และ เตาคาร์บอนไนซ์ที่สร้างขึ้นใหม่

ผลการวิจัยพบว่า ระยะเวลาในกระบวนการคาร์บอนไนซ์เพื่อให้ได้ถ่านชาร์จากชีวมวลกะลามะพร้าวด้วยเตาคาร์บอนไนซ์ที่ได้สร้างขึ้น ลดลง จาก 5 ชั่วโมง เป็น 1 ชั่วโมง ปริมาณผลผลิตที่ได้ เพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ 20 เป็น ร้อยละ 22 ค่าความร้อนสูงเพิ่มขึ้นจาก 27.59 เมกะจูล/กิโลกรัม เป็น 30.7 เมกะจูล/กิโลกรัม และมีค่าความหนาแน่นของพลังงานเพิ่มขึ้นเป็น 1.5 และ 1.7 ตามลำดับ โดยชีวมวลกะลามะพร้าว มีค่าความร้อนสูง เป็น 18.39 เมกะจูล/กิโลกรัม

คำสำคัญ คาร์บอนไนเซชัน , กะลามะพร้าว, ถ่านชาร์

Abstracts

Coconut shells are the waste from ice cream or coconut milk production. Normally, agriculturist carbonized coconut shell in the 200 liters tank to produce charcoal. For this method, yield is not consistant and production time is too long. Therefore, the quality of charcoal is fluctuated. Therefore , this study aims to compare production time, yield , higher heating value (HHV) and energy densification ratio of the 200 liters tank and the new carbonizer.

The results show that carbonization time of the agriculturist and new carbonizer decreased from 5 to 1. Char yield from the agriculturist and new carbonizer increases from 20 to 22 %. Higher heating value (HHV) of char from the agriculturist and new carbonizer increase from 27.59 to 30.7 MJ/kg. Higher heating value of coconut shell biomass is 18.39 MJ/kg. Energy densification Ratio of char yield from agriculturist and new carbonizer increase from 1.5 to 1.7.

Key word carbonization, coconut shell, charcoal

บทนำ

ชีวมวล (Biomass) เป็นแหล่งสำหรับผลิตพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศเกษตรกรรม ชีวมวลที่จะนำมาใช้เป็นพลังงานมีแหล่งที่มาจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการเก็บเกี่ยวหรือแปรรูปสินค้าทางการเกษตร และจากการปลูกพืชเพื่อใช้ผลิตพลังงานโดยเฉพาะ ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรหลายชนิด เช่น ฟางข้าว แกลบ ซึ่งข้าวโพด ต้นข้าวโพด ทะลายปาล์ม กะลามะพร้าว เป็นต้น การนำวัสดุเหลือทิ้งดังกล่าวมาเปลี่ยนรูปเพื่อเป็นพลังงาน สามารถเลือกใช้เทคโนโลยีหรือกระบวนการที่เหมาะสมกับวัสดุเหลือทิ้งนั้น และประเภทของพลังงานที่ต้องการซึ่งอาจอยู่ในรูปของแข็ง ของเหลว หรือ ก๊าซ กะลามะพร้าวเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการทำกะทิเพื่อผลิตเป็นไอศกรีม หรือ อาหารหวาน ซึ่งมีปริมาณมาก เกษตรกรได้หาทางเลือกในการนำกะลามะพร้าวเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์ โดยวิธีหนึ่งได้นำกะลามะพร้าวเหลือทิ้งดังกล่าวเผาในเตาเผาของเกษตรกรที่สร้างขึ้นจากถังขนาด 200 ลิตร เพื่อเปลี่ยนรูปให้เป็นถ่านเพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงแข็งในครัวเรือนและชุมชน โดยการเผากะลามะพร้าวแต่ละครั้งนั้น ให้ปริมาณถ่านแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับเกษตรกรแต่ละคน โดยใช้ระยะเวลาที่ผลิตถ่านจากกะลามะพร้าวแต่ละครั้งแตกต่างกันไป ไม่แน่นอน ซึ่งปัญหาของการใช้เวลาในการผลิตถ่านแต่ละครั้งใช้เวลานาน จึงทำให้มีปริมาณกะลามะพร้าวค้างค้ำเป็นจำนวนมาก

กะลามะพร้าว (Coconut Shell) เป็นวัสดุลิกโนเซลลูโลสที่มีองค์ประกอบของลิกนิน ร้อยละ 35.54 (Nizamuddin et al., 2017) มีค่าความชื้นอยู่ ร้อยละ 12 ค่าความร้อน 17.93 เมกะจูล/กิโลกรัม (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2561) ปริมาณลิกนินที่สูงมีความเป็นไปได้ในการนำมาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตถ่านชาร์ (Charcoal) แม้ว่า ชีวมวลกะลามะพร้าว มีค่าความชื้นไม่สูงมากนัก แต่มีค่าความร้อนต่ำ ประกอบกับ ความหนาแน่นพลังงานต่ำ ซึ่งใช้พื้นที่ในการเก็บมาก การผ่านกระบวนการเปลี่ยนสภาพเชิงเคมีความร้อน (Thermochemical conversion) เพื่อเป็นเชื้อเพลิง สามารถเพิ่มความหนาแน่นพลังงานให้สูงขึ้นได้ ปริญา นวบุตร, จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์ และ เจริญพร เลิศสถิตธนกร (2559) ศึกษากระบวนการคาร์บอนเซชันเพื่อผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ โดยใช้ชีวมวลเปลือกไม้ยูคาลิปตัส เปลือกสับปะรด และเปลือกมะละกอดิบในเตาเผา 200 ลิตรชนิดแนวตั้ง ปริมาณของผลได้เป็น ร้อยละ 24, 22 และ 21 ตามลำดับ ปองพล รักการงาน, กังสาด สกฤษณ์มาลี, จุติพร อินทะนิน และ ภาณุศักดิ์ มูลศรี (2557) ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร โดยใช้ฉนวนกันความร้อนเซรามิกส์ไฟเบอร์หุ้มบริเวณผนังด้านนอกของห้องเผาไหม้ ทดสอบโดยใช้ความร้อนจากถ่านที่ทำจากไม้สะแก พบว่า สามารถลดการสูญเสียความร้อนและลดระยะเวลาในการเผาชีวมวลลง

ดังนั้นงานวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการคาร์บอนเซชัน ปริมาณผลผลิตที่ได้ ค่าความร้อน และความหนาแน่นพลังงาน ระหว่างการผลิตถ่านชาร์เชื้อเพลิงแข็ง โดยเตาเผาของเกษตรกรที่เกษตรกรใช้ และ เตาคาร์บอนเซชันที่ได้สร้างขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลา ที่ใช้ในการคาร์บอนเซชันชีวมวลกะลามะพร้าวเมื่อใช้เตาคาร์บอนเซชันที่สร้างขึ้นและเตาเผาของเกษตรกร
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของผลผลิตที่ได้ จากการคาร์บอนเซชันชีวมวลกะลามะพร้าวที่ได้จากเตาคาร์บอนเซชันที่สร้างขึ้นและเตาเผาของเกษตรกร
3. เพื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนสูงของถ่านชาร์กะลามะพร้าวที่ได้จากเตาคาร์บอนเซชันที่สร้างขึ้นและเตาเผาของเกษตรกร
4. เพื่อเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของพลังงานของถ่านชาร์จากกะลามะพร้าวที่ได้จากเตาคาร์บอนเซชันที่สร้างขึ้นและเตาเผาของเกษตรกร กับ และชีวมวลกะลามะพร้าว

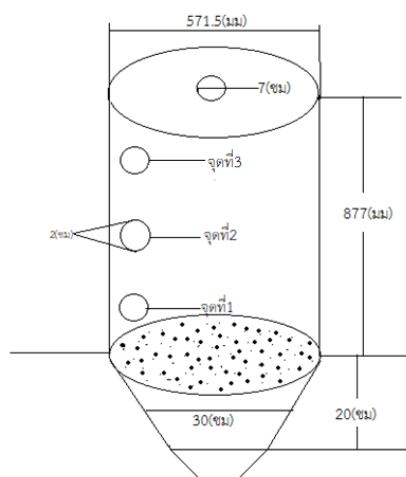
วิธีการดำเนินการวิจัย

วัสดุและอุปกรณ์

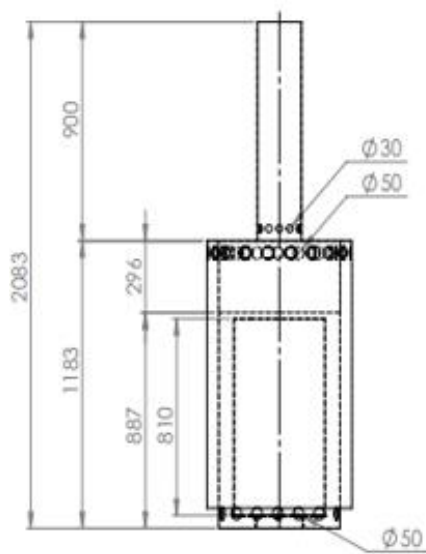
1. กะลามะพร้าวจากชุมชน ไม่คัดขนาด ดังรูปที่ 1 จำนวน 10 กิโลกรัม
2. เตาคาร์บอน 2 ชนิด คือ
 - 2.1 เตาเผาของเกษตรกรซึ่งเกษตรกรใช้งานอยู่แล้ว ขนาด 200 ลิตร ดังรูปที่ 2
 - 2.2 เตาที่สร้างขึ้น ซึ่งออกแบบห้องเผาไหม้อยู่ด้านใน และฉนวนห้องเผาไหม้ โดยออกแบบให้อากาศบางส่วนไหลผ่านโดยอิสระ ดังรูปที่ 3
3. เทอร์โมคัปเปิล
4. เครื่องบันทึกเวลา



รูปที่ 1 กะลามะพร้าว



รูปที่ 2 เตาเผาของเกษตรกรซึ่งเกษตรกรใช้งานอยู่แล้ว



รูปที่ 3 เตาคาร์บอนี่สร้างขึ้น

กระบวนการทดลอง

1. ใส่ชีวมวลกะลามะพร้าว ปริมาณ 10 กิโลกรัม ในเตาเผาของเกษตรกร ให้ความร้อนโดยไม้เนื้อแข็ง จำนวน 10 กิโลกรัม จากด้านล่างของเตา ปิดเตาเมื่อสังเกตเห็นควันมีลักษณะใส ไม่เป็นสีขาวขุ่น บันทึกระยะเวลาเมื่อเริ่มการทดลอง ดังรูปที่ 4 และเมื่ออุณหภูมิลดลง จนถึง 40°C จึงนำถ่านออกจากเตา



รูปที่ 4 การคาร์บอนี่ด้วยเตาเผาของเกษตรกรซึ่งเกษตรกรใช้งานอยู่แล้ว

2. ใส่ชีวมวลกะลามะพร้าว ปริมาณ 10 กิโลกรัม ในเตาเผาที่สร้างขึ้น ให้ความร้อนโดยชีวมวลชนิดเดียวกัน ปริมาณ 10 กิโลกรัม บันทึกระยะเวลาเมื่อเริ่มการทดลองและเมื่ออุณหภูมิลดลงจนถึง 40°C จึงนำถ่านออกจากเตา รูปที่ 5



รูปที่ 5 การคาร์บอนไนซ์ด้วยเตาที่สร้างขึ้น

3. นำถ่านจากชีวมวลกะลามะพร้าว จากข้อ 1 และ 2 ชั่งน้ำหนักหาปริมาณผลได้

4. นำถ่านจากชีวมวลกะลามะพร้าว จากข้อ 1 และ 2 ทดสอบหาค่าความร้อนสูง (HHV) โดยอุปกรณ์ Parr 6400 Calorimeter ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การทดสอบหาค่าความร้อนสูงโดยอุปกรณ์ Parr 6400 Calorimeter

ผลการวิจัย

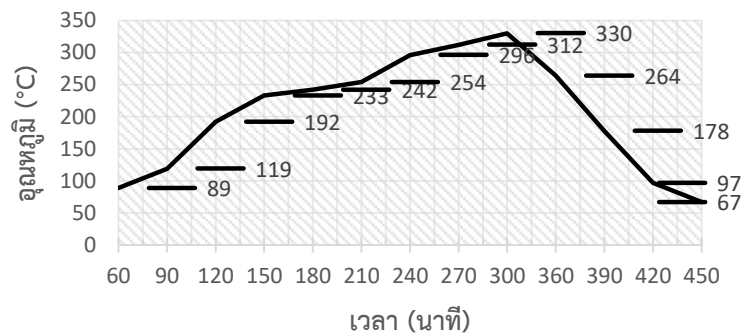
การศึกษาจะเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการคาร์บอนไนซ์ชีวมวลกะลามะพร้าว ปริมาณผลผลิต ค่าความร้อนถ่านชาร์ เมื่อใช้เตาเผาของเกษตรกรที่เกษตรกรใช้งานอยู่และเตาที่สร้างขึ้นใหม่ และเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นพลังงานที่ได้ดังนี้

1. ระยะเวลาที่ใช้ในการคาร์บอนไนซ์ชีวมวลกะลามะพร้าว เมื่อใช้เตาคาร์บอนไนซ์ที่ออกแบบขึ้นและเตาเผาแบบท้องถิ่น แสดงดังตารางที่ 1

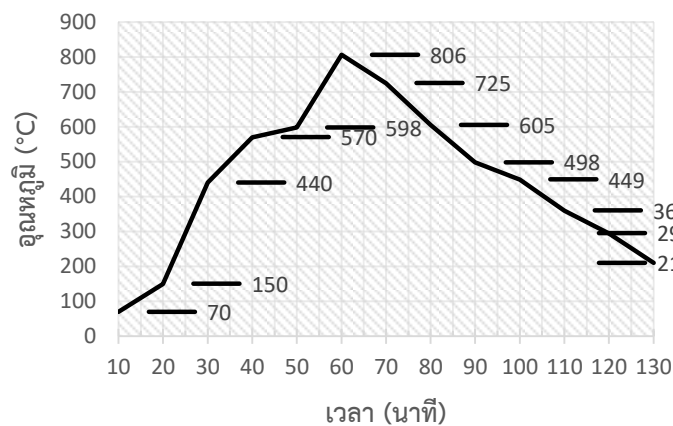
ตารางที่ 1 อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ ($^{\circ}\text{C}$) ณ เวลาที่เกิดกระบวนการคาร์บอนไนซ์ขึ้น ดังตารางที่ 1

เตาเผาของเกษตรกร		เตาเผาที่สร้างขึ้น	
ระยะเวลา (นาท)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	ระยะเวลา (นาท)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
60	89	10	70
90	119	20	150
120	192	30	440
150	233	40	578
180	242	50	598
210	254	60	806
240	296	70	725
270	312	80	605
300	330	90	498
360	264	100	449
390	178	110	360
420	97	120	295
450	67	130	210

จากตารางที่ 1 การทดลองโดยใช้เตาเผาของเกษตรกร อุณหภูมิสูงสุดที่ 330°C เกิดขึ้นโดยใช้เวลา 300 นาที และเตาคาร์บอนไนซ์ที่สร้างขึ้นใช้เวลา 60 นาที เกิดอุณหภูมิสูงสุดที่ 806°C และกราฟรูปที่ 7 และ 8 แสดงระยะเวลาและอุณหภูมิในการคาร์บอนไนซ์ชีวมวลกะลามะพร้าว



รูปที่ 7 แสดงอุณหภูมิในเวลากการคาร์บอนชีวมวลกะลามะพร้าวด้วยเตาท้องถิ่น



รูปที่ 8 แสดงอุณหภูมิในเวลากการคาร์บอนชีวมวลกะลามะพร้าวด้วยเตาที่สร้างขึ้น

2. ปริมาณของผลผลิตถ่านชาร์ ค่าความร้อนสูง และความหนาแน่นของพลังงาน ของถ่านชาร์จากกะลามะพร้าว แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณของผลผลิตถ่านชาร์ ค่าความร้อนสูง และความหนาแน่นของพลังงาน

คุณสมบัติที่พิจารณา	เตาเผาของเกษตรกรที่ใช้	เตาเผาที่สร้างขึ้น
ลักษณะกายภาพของถ่านชาร์จากชีวมวล กะลามะพร้าว		
ปริมาณผลผลิตถ่านชาร์ (yield) กิโลกรัม	2	2.2
ปริมาณผลผลิตถ่านชาร์ ¹ (yield) %	20	22
ค่าความร้อนสูงถ่านชาร์ (HHV) เมกะจูล/กิโลกรัม	27.59	30.70

ค่าความหนาแน่นพลังงาน ² (Energy Densification Ratio)	1.5	1.7
--	-----	-----

หมายเหตุ

1. ปริมาณผลผลิตที่ได้ (yield) คำนวณจาก (ปริมาณผลผลิตถ่านชาร์ (กิโลกรัม)/ปริมาณชีวมวลกะลามะพร้าว (กิโลกรัม))*100

โดยปริมาณชีวมวลกะลามะพร้าวที่คาร์บอนซ์จำนวน 10 กิโลกรัม

2. ค่าความหนาแน่นพลังงาน (Energy Densification Ratio) คำนวณจาก ค่าความร้อนสูงถ่านชาร์ (เมกะจูล/กิโลกรัม) / ค่าความร้อนสูงของชีวมวลกะลามะพร้าว (เมกะจูล/กิโลกรัม) โดยค่าความร้อนสูงของชีวมวลกะลามะพร้าว เป็น 18.39 เมกะจูล/กิโลกรัม จากการทดสอบโดยเครื่องมือ Parr 6400 Calorimeter

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษานี้ เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการคาร์บอนซ์ ค่าความร้อนสูง และความหนาแน่นพลังงานโดยใช้ชีวมวลกะลามะพร้าว ซึ่งผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ระยะเวลาที่ใช้ในการคาร์บอนซ์เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างเตาเผาที่ใช้ในท้องถิ่นและเตาเผาที่สร้างขึ้น พบว่า สามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิสูงสุดจาก 300 นาที เป็น 60 นาที โดยอุณหภูมิสูงสุดจากเตาเผาของเกษตรกร 330 °C และจากเตาเผาที่สร้างขึ้นเป็น 806 °C ซึ่งการลดระยะเวลาการคาร์บอนซ์ทำให้กลุ่มเกษตรกรสามารถเพิ่มจำนวนครั้งการผลิตถ่านชีวมวลกะลามะพร้าวได้

2. การเพิ่มอุณหภูมิในเตาคาร์บอนซ์ให้สูงขึ้นได้ ทำให้ค่าความร้อนสูงของถ่านชาร์ที่ผลิตจากเตาท้องถิ่นและเตาคาร์บอนซ์เพิ่มขึ้นจาก 27.59 เป็น 30.7 เมกะจูล/กิโลกรัม ซึ่งค่าความร้อนได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 11.3 โดยขั้นตอนการคาร์บอนซ์ขั้นต้นทั่วไปสามารถแบ่งได้เป็นขั้นตอนการไล่ความชื้น การไล่สารระเหิด การเปลี่ยนชีวมวลเป็นถ่าน ซึ่งจะเกิดที่อุณหภูมิประมาณ 270 – 400 °C และขั้นตอนการทำให้ถ่านมีความบริสุทธิ์จะมากกว่า 500 - 600 °C ซึ่งการที่อุณหภูมิในเตาคาร์บอนซ์ขั้นต้นที่ออกแบบขึ้นสูงมากกว่าเตาที่ใช้ในท้องถิ่น ก็จะได้ถ่านที่มีความบริสุทธิ์และค่าความร้อนสูงขึ้น

3. ปริมาณผลผลิตถ่านชาร์จากเตาเผาของเกษตรกรและเตาเผาที่สร้างขึ้นเป็นร้อยละ 20 และ 22 ตามลำดับ

4. ชีวมวลกะลามะพร้าวมีค่าความร้อน 18.39 เมกะจูล/กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านชาร์ที่ได้ จะมีค่าความหนาแน่นพลังงานเป็น 1.5 สำหรับกรณีที่ทดลองในเตาเผาของเกษตรกร และ มีค่าความหนาแน่นพลังงานเป็น 1.7 สำหรับเตาที่ออกแบบขึ้น ซึ่งความหนาแน่นพลังงานที่เพิ่มขึ้นทำให้การนำถ่านชาร์ไปใช้งานได้ประสิทธิภาพทางพลังงานสูงขึ้น และยังลดพื้นที่ในการจัดเก็บอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

ควรนำชีวมวลเหลือทิ้งประเภทอื่น ทดสอบกับเตาคาร์บอนซ์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคุณภาพของถ่านชาร์ที่ได้ ตลอดจนแนะนำส่งเสริมให้ชุมชนได้นำเตาคาร์บอนซ์ไปใช้ทดแทนเตาท้องถิ่นที่ชุมชนใช้งานเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนและการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่สนับสนุนการใช้เครื่องมือวัดค่าความร้อน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่ได้สนับสนุนงบประมาณการดำเนินงานวิจัย และ โปรแกรมวิศวกรรมพลังงานและเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายที่สนับสนุนการเผยแพร่

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2561). *ศักยภาพชีวมวล*. สืบค้นจาก http://biomass.dede.go.th/biomass_web/index.html.
- นคร ทิพย์วงศ์. (2553). *เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล*. กรุงเทพฯ. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ปริญญา นวบุตร, จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์ และ เจริญพร เลิศสถิตธนกร. (2559). *ถ่านและน้ำส้มควันไม้จากการคาร์บอนเซ*
- ชั้นของเปลือกไม้และเปลือกผลไม้. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 35, 519-524.
- ปองพล รักการงาน, กังสดาล สกุลพงษ์มาลี, จุติพร อินทะนิน และ ภาณุศักดิ์ มูลศรี. (2557). *การเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร โดยใช้ฉนวนกันความร้อน*. การประชุมเชิงวิชาการ รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1.
- ศิริชัย ต่อสกุล, กุณฑล ทองศรี และ จงกล สภารัตน์. (2555). *การพัฒนาถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวเป็นพลังงานทดแทน*. การประชุมข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2555.
- Nizamuddin, S., Baloch, H. A., Griffin, G. J., Mubarak, N. M., Bhutto, A. W., Abro, R., Mazari, S. A., and Ali, B. S.. (2017). An overview of effect of process parameters on hydrothermal carbonization of biomass. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 73, 1289-1299.

**การวิเคราะห์ความเหมาะสมในการลงทุนระบบกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์จาก
กระบวนการผลิตยางมะตอยผสมยางพารา
Economic Feasibility of Odor Treatment System in Natural Rubber
Modified Asphalt Cement (NRMA) Production.**

รัชชานนท์ ชูตระกูล(Ratchanon Chootrakool)*

แคทลียา ปัทมพรหม(Cattaleeya Pattamaprom)

สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: maneeact114@gmail.com*, cattalee@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัญหากลิ่นไม่พึงประสงค์จากกระบวนการผลิต Natural Rubber Modified Asphalt Cement (NRMA) เกิดจากการเติมน้ำยางพาราลงในยางมะตอยที่มีความร้อนสูง ซึ่งในน้ำยางพารานั้นมีส่วนผสมของแอมโมเนียซึ่งเป็นสารที่มีกลิ่นรุนแรงเมื่อได้รับความร้อน โดยกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่ปะปนในอากาศระหว่างกระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอนนั้นอยู่ในรูปแบบของก๊าซหรือไอเสีย โดยวิธีการบำบัดอากาศเสียนั้นสามารถทำได้หลากหลาย โดยในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการกำจัดกลิ่น ด้วยระบบ Wet Scrubber ร่วมกับ Activated Carbon เทียบกับ ระบบ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) โดยเปรียบเทียบต้นทุนในการติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ในการกำจัดกลิ่น (Investment Cost) ต้นทุนในการบริหารงานระหว่างการผลิต จัดเก็บ และนำจ่ายให้ลูกค้าตลอดกระบวนการตั้งแต่ต้นจนจบ (Operating Cost) ความเหมาะสมในการลงทุนของเครื่องจักร (Fit for purpose) ที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นทางด้านเศรษฐศาสตร์ ผลจากการวิจัยสรุปได้ว่า ระบบการกำจัดกลิ่นแบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon เหมาะสมกับการกระบวนการผลิตยางมะตอยผสมยางพารา (NRMA) มากกว่าระบบการกำจัดกลิ่นแบบ RTO ทั้งในด้านการลงทุนเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการในระหว่างการผลิตที่ต่ำกว่า ต้นทุนต่อต้านในการกำจัดที่ต่ำกว่า นอกจากนี้ระบบการกำจัดกลิ่นแบบ Wet Scrubber ร่วมกับ Activated Carbon ยังมีประสิทธิภาพการกำจัดกลิ่นได้ถึง 95% ซึ่งเพียงพอต่อการควบคุมการปล่อยมลพิษตามมาตรฐานที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ

คำสำคัญ: ยางมะตอยผสมยางพารา, การบำบัดกลิ่น, ระบบการกำจัดกลิ่นแบบ Wet Scrubber ร่วมกับ Activated Carbon, ระบบการกำจัดกลิ่นแบบ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO)

Abstract

Natural Rubber Modified Asphalt Cement (NRMA) was produced by adding natural latex to high temperature bitumen. The natural latex, a mixture of ammonia, gave out a strong odor when heated. The odors that came out from the exhaust air during the production process were in the form of flue gas. To remove the odor, air pollution treatment methods could be done in variety of ways by comparing the Wet scrubber with Activated Carbon technique with the Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) technique. The factors taken into account for comparison in both methods were the investment cost and operation cost from end to end manufacturing process. The results of this research concluded that the investment cost of Wet Scrubber with Activated Carbon was more suitable for NRMA production process than RTO method both in terms of lower operating costs during production and lower odor treatment cost per ton of finished product. In addition, the Wet Scrubber with Activated Carbon had a 95% odor removal efficiency, which was sufficient to control emissions in accordance with the standards set by the Pollution Control Department.

Keywords: Natural Rubber Modified Asphalt Cement (NRMA), Odor treatment, Wet Scrubber and Activated Carbon, Regenerative Thermal Oxidizer (RTO)

บทนำ

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวิจัยที่สถานที่โรงงานผลิตยางมะตอยแห่งหนึ่งในภาคกลาง (พื้นที่ศึกษา) ซึ่งมีชุมชนล้อมรอบโรงงานจากกระบวนการผลิตยางมะตอยร้อนผสมยางพารา (NRMA) พบบริเวณที่สามารถปลดปล่อยไอร้อนและกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ออกมาจากกระบวนการผลิตนั้นตรวจพบได้ใน 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. ไอร้อนและกลิ่นจากกระบวนการผลิตในถังผสมและส่งน้ำเสียไปเก็บที่ถังเก็บน้ำเสีย (Off-gas and Odor from blending process)
2. ไอร้อนและกลิ่นจากกระบวนการเคียวในถังเก็บ (Off-gas and Odor from curing process in storage tank)
3. ไอร้อนและกลิ่นจากกระบวนการเติมรถ (Off-gas and Odor from Loading process)

ไอร้อนและกลิ่นที่พบใน 3 ขั้นตอนก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศภายในโรงงานและอาจจะส่งผลกระทบต่อชุมชนใกล้เคียง ซึ่งอาจก่อให้เกิดความไม่พึงพอใจต่อผู้อยู่อาศัยใกล้เคียงโรงงาน โรงงานจึง

จำเป็นต้องมีวิธีการกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ต่างๆ ที่เกิดจากกระบวนการผลิตและขนถ่ายยาง เพื่อป้องกันมิให้เกิดมลพิษภายในโรงงานและบริเวณใกล้เคียง งานวิจัยนี้จึงศึกษาหาวิธีการกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์โดยการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการกำจัดกลิ่นแบบ Wet Scrubber ผสมกับ Activated Carbon เปรียบเทียบกับวิธีการกำจัดกลิ่น แบบ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) ในแง่ภูมิประสิทธิภาพและความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ซึ่งจุดเด่นของวิธีการกำจัดกลิ่นแบบ Wet Scrubber ผสมกับ Activated Carbon คือใช้พลังงานต่ำแต่มีจุดอ่อนคือใช้ปริมาณน้ำจำนวนมากในการกำจัดกลิ่นและเกิดเป็นน้ำเสียที่ต้องนำไปกำจัด ส่วนจุดเด่นของวิธีการกำจัดกลิ่น แบบ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) คือไม่มีของเสียเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการกำจัดกลิ่นแต่มีจุดอ่อนคือจำเป็นต้องใช้พลังงานเชื้อเพลิงในการกำจัดกลิ่นแต่จะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ว่าสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds, VOCs) นั้นต้องใช้พลังงานความร้อนในการเผาไหม้ (Heat of Combustion) มากน้อยเพียงใดในการที่จะทำให้สารอินทรีย์ระเหยง่ายนั้นเผาไหม้หมดไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาไอระเหยและกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่มาจากกระบวนการผลิต Natural Rubber Modified Asphalt Cement (NRMA) โดยการใช้เทคโนโลยีระบบบำบัดอากาศเสียแบบ ระบบบำบัดอากาศเสียแบบ Wet Scrubber ผสมกับ Activated Carbon และ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) เมื่อพิจารณาจากต้นทุนและประสิทธิภาพการทำงาน เปรียบเทียบมุมมองต่าง ๆ เพื่อประสิทธิภาพและความเหมาะสมที่สุดในการใช้งาน

ขอบเขตของการวิจัย

กำหนดพื้นที่ศึกษาเป็นโรงงานผลิตยางมะตอยแห่งหนึ่งในภาคกลาง ที่มีการผลิตยางมะตอยผสมยางพารา หรือที่เรียกว่า Natural Rubber Modified Asphalt Cement (NRMA) โดยศึกษาผลการดำเนินการของการใช้ระบบ Wet Scrubber ร่วมกับ Activated Carbon เปรียบเทียบกับวิธีการ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) โดยมีการเก็บผลการตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds, VOCs) ในบริเวณต่างในกระบวนการผลิต NRMA ซึ่งได้แก่กระบวนการผลิต กระบวนการเคี้ยวผลิตก้อน และกระบวนการจ่ายรถ เพื่อส่งไปตรวจหาองค์ประกอบของสารต่างๆ และวิเคราะห์หาชนิดของสารเคมีในปล่องระบายที่กระบวนการต่างๆ โดยวิธีการหาองค์ประกอบของไอเสียและกลิ่นได้ดำเนินการดังต่อไปนี้ โดยกำหนดพารามิเตอร์ในการตรวจวัดคุณภาพไอเสียจากปล่องระบายที่กระบวนการต่างๆ และตรวจหาส่วนประกอบของสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตยางมะตอยผสมยางพารา โดยยึดถือปฏิบัติตามมาตรฐานที่หน่วยงานราชการกำหนดหรือวิธีที่ได้รับการยอมรับจากหน่วยงานราชการ โดยมีรายละเอียดและวิธีการตรวจวัดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดวิธีการเก็บและการตรวจวัด

พารามิเตอร์	อุปกรณ์/วิธีการตรวจวัด	วิธีการอ้างอิง
คุณภาพอากาศจากปล่องระบาย Total VOCs	Air Sampling Bag/ Air Sampling Pump	Total VOC Analyzer

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างไอร้อนและกลิ่นจากกระบวนการผลิตในถังผสมและส่งน้ำเสียไปเก็บที่ถังเก็บน้ำเสีย (Blending Process) จากถังเก็บในกระบวนการเคียวผลิตภัณฑ์ (Curing Process) และในระหว่างกระบวนการเติมรถ (Loading Process) โดยมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

- 1.1 เพื่อทราบปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีในปล่องระบาย และส่วนประกอบต่างๆของยางมะตอยร้อน NRMA
- 1.2 เพื่อตรวจสอบชนิดของสารเคมีในปล่องระบายที่กระบวนการต่างๆ
- 1.3 เพื่อเฝ้าระวังปัญหามลพิษหรือปัจจัยเสี่ยงที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงาน รวมทั้ง เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขได้อย่างทันท่วงที

การวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์

การตรวจวัดคุณภาพอากาศทำการเก็บตัวอย่างจากบริเวณต่างๆ ภายในโรงงาน ได้แก่ปล่องระบายไอร้อนและกลิ่นจากกระบวนการผลิตในถังผสมและส่งน้ำเสียไปเก็บที่ถังเก็บน้ำเสีย (Off-gas and Odor from blending process) ไอร้อนและกลิ่นจากกระบวนการเคียวในถังเก็บ (Off-gas and Odor from curing process in storage tank) และไอร้อนและกลิ่นจากกระบวนการเติมรถ (Off-gas and Odor from Loading process)

จากผลการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากปล่องระบายอากาศ โดยทำการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่าย เพื่อต้องการทราบชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เจือปนอยู่ในอากาศ ซึ่งทำการตรวจวัดโดยวิธี Total VOC Analyzer เป็นการตรวจวัดเชิงคุณภาพและปริมาณเพื่อหาส่วนประกอบของสารอินทรีย์ในอากาศ โดยการดูดอากาศผ่านตัวดูดซับแอคติเวทคาร์บอน (Activated Carbon) ที่สามารถจับสารอินทรีย์ระเหยง่ายไว้ แล้วนำมาสกัดด้วยสารละลายคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีสาร internal Standard ที่ทราบความเข้มข้น แล้วฉีดเข้าไปในเครื่อง Gas Chromatography Mass Spectrometer เพื่อทำการคัดแยกสารและ พิจารณาเทียบกับสารมาตรฐานที่เป็นฐานข้อมูลภายในตัวเครื่อง Gas Chromatography Mass Spectrometer (ซึ่งรายการที่ตรวจพบนั้น เป็นเพียงความน่าจะเป็นที่จะเป็นสารชนิดนั้นโดยความเชื่อมั่น พิจารณาได้จากค่า Match Quality ซึ่งควรจะมากกว่า (80%) เมื่อคำนวณพื้นที่ใต้กราฟของ Chromatogram เทียบกับพื้นที่ใต้กราฟของ Internal Standard ที่ทราบความเข้มข้น จะได้ค่าความเข้มข้นโดยประมาณ

ของสารแต่ละชนิด ทั้งนี้หากต้องการทราบความเข้มข้นที่แน่นอนของสารอินทรีย์ระเหยง่ายแต่ละรายการจะต้องตรวจวัดตามวิธีมาตรฐาน และเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารแต่ละชนิดอีกครั้ง

จากผลการตรวจวัดพบว่า ในกระบวนการที่ปลดปล่อยไอเสียและกลิ่นตรวจพบความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่าย โดยรายงานค่าของสารที่ตรวจพบความเข้มข้นสูงสุด 15 รายการ ได้แก่ Ammonia, Propane, Pentane, 2-Methyl Butanal, Trimethylamine, Carbon disulfide, Xexane, Cyclonhexane, Heptane, 2-Methyl-2; 4-Hexadiene, Toluene, 3-Methyl furan, 2-Butanone, 1-Methyl cyclopentene, Dimethyl disulfide และมีค่า Match Quality มากกว่า 80% ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปผลการตรวจวัด ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ระบายออกจากโรงงาน

รายละเอียด	หน่วย	ผลการตรวจวัด		
		Blending Tank	Storage Tank	Loading Process
ข้อมูลทั่วไปของปล่องระบาย				
เส้นผ่านศูนย์กลาง	m	0.16	0.10	0.10
ลักษณะปากปล่อง	-	Circle	Circle	Circle
อุณหภูมิ	°C	29.0	164	125
ความเร็วก๊าซ	m/s	1.6	1.4	2.12
อัตราการไหล	Nm ³ /hr	105	15	60
ออกซิเจน	%	19.7	8.2	8.2
ความชื้น	%	5.66	46.43	7.43
การบวนการ	-	Process	Process	Process
พารามิเตอร์				
Ammonia	ppm	96.1	-	-
Propane	ppm	81.1	105.2	101.5
Pentane	ppm	37.8	-	37.8
2-Methyl Butanal	ppm	-	91.2	99.6
Trimenthylamine	ppm	39.3	135.5	145.8
Carbon disulfide	ppm	98.0	-	98.0

รายละเอียด	หน่วย	ผลการตรวจวัด		
		Blending Tank	Storage Tank	Loading Process
Hexane	ppm	41.9	-	41.9
Cyclohexane	ppm	32.7	-	32.7
Heptane	ppm	44.4	-	44.4
2-Methyl-2, 4-Hexadiene	ppm	53.0	95.2	65.2
Toluene	ppm	47.6	84.6	73.9
3-Methyl furan	ppm	-	107.1	98.5
2-Butanone	ppm	-	233.4	165.2
1-Methyl cyclopentene	ppm	-	83.8	87.5
Dimethyl disulfide	ppm	-	101.9	128.4

จากผลการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากปล่องระบายอากาศในตารางที่ 2 ได้นำสารอินทรีย์ระเหยง่ายเหล่านี้มาทำการวิเคราะห์ว่าสารตัวใดบ้างที่สามารถส่งกลิ่นเหม็นออกมาได้ในปริมาณความเข้มข้นต่างๆ และมีผลกับความรู้สึกของคน ซึ่งรายละเอียดของสารแต่ละตัวแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณลักษณะต่างๆ ของ สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่พบในตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

สารเคมี	มวลโมเลกุล	สูตรทางเคมี	จุดเติม (ppm)	ถึงเก็บ (ppm)	ถึงผสม (ppm)	ลักษณะกลิ่น	ความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้เกิดกลิ่น (ppm)	ผ่านเกณฑ์ในการพิจารณาว่าจะกำจัดหรือไม่
Ammonia	17.02	NH ₃			96.1	กลิ่นแอมโมเนีย, กลิ่นฉุน	0.04	พิจารณา
Propane	44	C ₃ H ₈	101.5	105.2	81.1	ที่ความเข้มข้นต่ำจะไม่กลิ่น มักเติมสารอื่นๆ เข้าไปเพื่อให้เกิดกลิ่น	ไม่ปรากฏค่า	ไม่พิจารณา
Pentane	72.1	C ₅ H ₁₂			37.8	กลิ่นฉุนรุนแรงคล้ายแก๊สโซ	Not	ไม่พิจารณา
2-Methyl butanol	86.132	C ₅ H ₁₂ O	99.6	91.2		กลิ่นฉุนรุนแรงคล้ายผลไม้เน่า กลิ่นคล้ายการเผาไหม้หรือ	0.01	พิจารณา
Trimethylamine	59.11	(CH ₃ CH ₂) ₃ N	145.8	135.5	39.3	กลิ่นแอมโมเนีย, กลิ่นคาวปลา, กลิ่นฉุนรุนแรง	0.00021	พิจารณา
Carbon disulfide	76.14	CS ₂			98	กลิ่นกำมะถันในพืชผัก	0.1	พิจารณา

สารเคมี	มวล โมเลกุล	สูตรทางเคมี	จุดเติม	ถังเก็บ	ถังผสม	ลักษณะกลิ่น	ความเข้มข้น ต่ำสุดที่ทำให้	ผ่านเกณฑ์ใน การพิจารณา
Hexane	86.18	C ₆ H ₁₄			41.9	กลิ่นบางๆ คล้ายเบนซิน	130	ไม่พิจารณา
Cyclohexane	84.10	C ₆ H ₁₂			32.7	กลิ่นคล้ายสารละลายโซเว้น	25	พิจารณา
Heptane	100.21	C ₇ H ₁₆			44.4	กลิ่นบางๆ คล้ายเบนซิน	150	ไม่พิจารณา
2-Methyl-2,4-Hexadiene	110.2	C ₈ H ₁₄	65.2	95.2	53	ไม่มีกลิ่น	ไม่ปรากฏค่า	ไม่พิจารณา
Toluene	92.14	C ₇ H ₈	73.9	84.6	47.6	กลิ่นฉุนรุนแรงคล้ายเบนซิน	4.68	พิจารณา
3-Methyl furan	82.1	C ₅ H ₆ O	98.5	107.1		กลิ่นสารละลายอีเธอร์ที่เบา	ไม่ปรากฏค่า	ไม่พิจารณา
2-Butanone (Methyl ethyl ketone)	72.12	C ₄ H ₈ O	165.2	233.4		กลิ่นฉุนรุนแรง กลิ่นคล้าย สารคีโตน	0.25	พิจารณา
1-Methyl cyclopentane	82.15	C ₆ H ₁₀	87.5	83.8		กลิ่นสารละลายอีเธอร์ที่เบา บาง	ไม่ปรากฏค่า	ไม่พิจารณา
2-Methyl butanol	86.132	C ₅ H ₁₂ O	99.6	91.2		กลิ่นฉุนรุนแรงคล้ายผลไม้เน่า กลิ่นคล้ายการเผาโกโก้หรือ กาแฟ ที่ความเข้มข้นสูงจะมี กลิ่นคล้ายน้ำตาลไหม้	0.01	พิจารณา
2-Methyl-2,4-Hexadiene	110.2	C ₈ H ₁₄	65.2	95.2	53	ไม่มีกลิ่น	ไม่ปรากฏค่า	ไม่พิจารณา
Dimethyl disulfide	94.2	C ₂ H ₆ S ₂	128.4	101.9		กลิ่นฉุนของกระเทียมที่ รุนแรง กลิ่นโพรเพน, กลิ่น	0.001	พิจารณา

จากตารางที่ 3 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆ ของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) โดย
ออกแบบระบบวิธีการจำกัดกลิ่นโดยที่พิจารณาจากลักษณะของกลิ่น ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้
เกิดกลิ่น ซึ่งการออกแบบวิธีการกำจัดกลิ่นจะนำเฉพาะสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ที่อยู่ในเกณฑ์
ต้องกำจัดมาพิจารณาเท่านั้น โดยหลักเกณฑ์ในการพิจารณา คือเมื่อความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้เกิดกลิ่น
ODOR THRESHOLD (ppm) ต่ำกว่า 25 ppm ซึ่งสารอินทรีย์ระเหยได้ที่เข้าเกณฑ์ต้องบำบัดดังกล่าว
มีอยู่ 8 ชนิด สามารถสรุปพารามิเตอร์ที่สำคัญเพื่อใช้ในการออกแบบระบบกำจัดกลิ่น ดังแสดงใน
ตารางที่ 4

ตารางที่ 4 พารามิเตอร์เริ่มต้นที่ใช้ในการออกแบบระบบกำจัดกลิ่น

ปริมาณไอเสียที่เข้าระบบทั้งหมด (m ³ /h)	2,412			
ความดันในออกแบบระบบ (mbar)	บรรยากาศ			
อุณหภูมิสารไอเสียหรือกลิ่นขาเข้า (°C)	25 - 60			
สารไอเสียหรือกลิ่น	ความเข้มข้นเริ่มต้น		ความคาดหวังของเข้มข้นสุดท้ายที่ปล่อยสู่บรรยากาศ	
	ppm (25 °C)	mg/m ³ (25 °C)	ppm (25 °C)	mg/m ³ (25 °C)
Ammonia	100	69.950	5.00	3.50
Trimethylamine	148.91	360	7.45	18.00
Methyl ethyl ketone	100	295	5.00	14.75
2-Methyl butanol	102.19	368	5.11	18.40

Dimethyl disulfide	115.6	360	5.78	18.00
Carbon Disulfide	114.2	440	5.71	22.00
Toluene	100	376.85	5.00	18.84
Cyclohexane	100	343.97	5.00	17.20

การศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างในการลงทุนของระบบกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์และวิเคราะห์ผล

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้เลือกศึกษาวิธีการกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่เหมาะสมที่จะนำมาติดตั้งในกระบวนการผลิตยางมะตอยผสมยางพาราไว้ 2 วิธีการ คือ (1) ระบบบำบัดอากาศเสียแบบ Wet Scrubber ร่วมกับ Activated Carbon และ (2) Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) โดยเปรียบเทียบโดยจะพิจารณา 3 มุมมอง คือ

1. ต้นทุนในการติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ในการกำจัดกลิ่น (Investment Cost) ต่อต้นทุนการผลิต
2. ต้นทุนในการบริหารงานระหว่างการผลิต จัดเก็บ และนำจ่ายให้ลูกค้าตลอดกระบวนการตั้งแต่ต้นจนจบ (Operating Cost) ต่อต้นทุนการผลิต
3. ความเหมาะสมในการลงทุนเครื่องจักร (Fit for Purpose) ที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นของแต่ละวิธีการทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่อตันที่ใช้ในการลงทุนและการบริหารงานระหว่างการผลิต จัดเก็บ และนำจ่ายโดยใช้วิธีการประเมินทางเศรษฐศาสตร์

ในการออกแบบและเลือกติดตั้งระบบกำจัดกลิ่น ในเบื้องต้นข้อมูลที่จำเป็นต้องนำมาใช้พิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุนต่างๆ ได้แก่ รายได้จากการขายผลิตภัณฑ์ยางมะตอยผสมยางพารา โดยประมาณการรายได้ต่อเดือนและต่อปี แสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ประมาณการรายได้จากการขายผลิตภัณฑ์ยางมะตอยผสมยางพารา

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ / เดือน	ราคา/หน่วย (บาท)	รายรับ / เดือน (บาท)	รายรับ/ปี (บาท)
1	ยอดขายยางมะตอยผสมยางพารา (ยังไม่ได้หัก Operating Cost ของการกำจัดกลิ่น)	กิโลกรัม	500,000.0	3.00	1,500,000.00	18,000,000.0

โดยคิด Base Case ที่สามารถขายได้ประมาณ 500 ตันหรือ 500,000 กิโลกรัมต่อเดือนและราคาขายต่อหน่วย 3 บาทซึ่งยังไม่ได้หัก Operating Cost ของการกำจัดกลิ่น

(1) ระบบบำบัดอากาศเสียแบบ Wet Scrubber ร่วมกับ Activated Carbon

เมื่อนำพารามิเตอร์เริ่มต้นที่ใช้ในการออกแบบระบบกำจัดกลิ่นตามตารางที่ 4 มาคำนวณและออกแบบ การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการกำจัดกลิ่น โดยใช้วิธีการกำจัดกลิ่นแบบ Wet Scrubber ร่วมกับ Activated Carbon ผลที่ได้จากการวิเคราะห์และคำนวณ แสดงได้ในตารางที่ 6 ตารางที่ 7 และตารางที่ 8

ตารางที่ 6 สรุปความสามารถในการดักจับไอเสียหรือกลิ่นของ ระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon

สารไอเสียหรือกลิ่น	ความเข้มข้นเริ่มต้น		ความเข้มข้นสุดท้าย		ผลลัพธ์ของการออกแบบ
	ppm (25 °C)	mg/m ³ (25 °C)	ppm (25 °C)	mg/m ³ (25 °C)	
Ammonia	100	69.950	5.00	3.50	ยอมรับ
Trimethylamine	148.91	360	7.45	18.00	ยอมรับ
Methyl ethyl	100	295	5.00	14.75	ยอมรับ
2-Methyl butanol	102.19	368	5.11	18.40	ยอมรับ
Dimethyl disulfide	115.6	360	5.78	18.00	ยอมรับ
Carbon Disulfide	114.2	440	5.71	22.00	ยอมรับ
Toluene	100	376.85	5.00	18.84	ยอมรับ
Cyclohexane	100	343.97	5.00	17.20	ยอมรับ

เมื่อได้ผลลัพธ์ที่ได้จากรายการคำนวณออกแบบระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon แล้ว ผู้วิจัยจึงนำค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon มาคำนวณประมาณการค่าใช้จ่ายในการลงทุนของการใช้ระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon โดยอ้างอิงจาก proposal ของผู้ผลิตที่นำเสนอระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon ซึ่งสามารถสรุปค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้ดังตารางที่ 7 และ ตารางที่ 8

ตารางที่ 7 แสดงค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบ Wet Scrubber และ Activated Carbon

ลำดับ	รายการ	เงินลงทุน (บาท)
1	ระบบ Wet Scrubber ที่มีปริมาณไอเสียหรือกลิ่นที่ไหลเข้า 2412 (Nm ³ /h)	1,300,000
2	ท่อส่งไอเสียที่เดินจากระบวนการผลิต 3 แหล่งเพื่อส่งไปยัง Wet Scrubber	450,000
3	ระบบไฟฟ้าของระบบ Wet Scrubber	250,000
4	ถังเก็บ Activated Carbon ขนาด 3.5 m ³	300,000
5	Activated Carbon ปริมาณ 1,360 กิโลกรัม	163,200

6	ค่าบรรจุ Activated Carbon ปริมาณ 1,360 กิโลกรัมลงในถังเก็บ	50,000
รวมค่าใช้จ่าย		2,513,200

ตารางที่ 8 ค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการในระหว่างกระบวนการผลิตของระบบ Wet Scrubber และ Activated Carbon

ลำดับ	รายการ	หน่วย	ปริมาณ/ เดือน	ราคา/หน่วย (บาท)	ค่าใช้จ่าย/ เดือน (บาท)	ค่าใช้จ่าย/ปี (บาท)
1	น้ำประปาที่ใช้ในระบบ Wet Scrubber ต่อเดือน	ลูกบาศก์ เมตร	9.6	15.81	151.78	1,821.36
2	ปริมาณ H ₂ SO ₄ ที่ใช้ต่อเดือน	กิโลกรัม	349.3	10	3,493.00	41,916.00
3	ค่าแรงในการเปลี่ยนน้ำ Wet Scrubber 6 ครั้งต่อเดือน	ชั่วโมง	2	300	3,600	43,200.00
4	ค่าน้ำน้ำเสียของระบบ Wet Scrubber ไปกำจัด	ตัน	9.6	3,500	33,600	403,200.00
5	ค่ารถขนน้ำเสียของระบบ Wet Scrubber ไปกำจัด	เที่ยว	1	10,000	10,000	120,000.00
6	ค่าล้างทำความสะอาด Packing ของ Wet Scrubber (6 เดือนครั้ง)	ครั้ง	0.2	30,000	5,000	60,000.00
7	ค่าถ่าน Activated Carbon (3 เดือนครั้ง)	กิโลกรัม	453.3	120	54,400	652,800.00
8	ค่าแรงเปลี่ยนถ่าน Activated Carbon (3 เดือนครั้ง)	กิโลกรัม	453.3	10	4,533	54,400.00
9	ค่านำถ่าน Activated Carbon ไปกำจัด (3 เดือนครั้ง)	กิโลกรัม	453.3	7	3,173	38,080.00
10	ค่าไฟฟ้าสูงสุดในระบบ scrubber ต่อเดือน (kWh)	หน่วย	3,824.78	2.98	11,398	136,776
11	ค่าซ่อมบำรุงระบบ Wet Scrubber และ Activated Carbon 1 ครั้งต่อปี	ครั้ง	1/12	50,000.00	4,167	50,000.0
รวมค่าใช้จ่าย					133,515.78	1,602,193.36

(2) Regenerative Thermal Oxidizer (RTO)

เมื่อนำพารามิเตอร์เริ่มต้นที่ใช้ในการออกแบบระบบกำจัดกลิ่นตามตารางที่ 4 มาคำนวณและออกแบบ และวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการกำจัดกลิ่น โดยใช้วิธีการกำจัดกลิ่นแบบ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์และคำนวณ แสดงได้ในตารางที่ 9 ตารางที่ 10 และตารางที่ 11

ตารางที่ 9 สรุปความสามารถในการดักจับไอเสียหรือกลิ่นของ ระบบ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO)

สารไอเสียหรือกลิ่น	ความเข้มข้นเริ่มต้น		ความเข้มข้นสุดท้าย (ประสิทธิภาพ 99%)		ผลลัพธ์ของการ ออกแบบ
	ppm (25 °C)	mg/m ³ (25 °C)	ppm (25 °C)	mg/m ³ (25 °C)	
Ammonia	100	69.950	1.00	0.70	ยอมรับ
Trimethylamine	148.91	360	1.49	3.60	ยอมรับ
Methyl ethyl ketone	100	295	1.00	2.95	ยอมรับ
2-Methyl butanol	102.19	368	1.02	3.68	ยอมรับ
Dimethyl disulfide	115.6	360	1.16	3.60	ยอมรับ
Carbon Disulfide	114.2	440	1.14	4.40	ยอมรับ
Toluene	100	376.85	1.00	3.77	ยอมรับ
Cyclohexane	100	343.97	1.00	3.44	ยอมรับ

เมื่อได้ผลลัพธ์ที่ได้จากรายการคำนวณออกแบบระบบ RTO แล้ว ผู้วิจัยจึงนำค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของระบบ RTO มาคำนวณประมาณการค่าใช้จ่ายในการลงทุนของการใช้ระบบ RTO โดยอ้างอิงจาก proposal ของผู้ผลิตที่นำเสนอระบบ Regenerative Thermal Oxidizer :ซึ่งสามารถสรุปค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 10 ต้นทุนในการลงทุนเครื่องจักรระบบ RTO ที่ปริมาณไอเสียหรือกลิ่นที่ไหลเข้า 2412 (Nm³/h)

ลำดับ	รายการ	เงินลงทุน (บาท)
1	ระบบ RTO ที่มีปริมาณไอเสียหรือกลิ่นที่ไหลเข้า 2412 (Nm ³ /h) เฉพาะค่าเครื่องจักร	12,446,090
2	ค่าติดตั้งระบบ RTO ที่มีปริมาณไอเสียหรือกลิ่นที่ไหลเข้า 2412 (Nm ³ /h)	1,330,289
3	ค่าออกแบบระบบ (Engineering Design) และทดสอบระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ	968,450
4	ค่าผันแปรของราคาในการลงทุน 10% (Contingency Cost)	1,294,105
รวมค่าใช้จ่าย		16,038,934

ตารางที่ 11 ค่าใช้จ่ายบริหารจัดการระบบ RTO ในระหว่างกระบวนการผลิต

ลำดับ	รายการ	ค่าใช้จ่ายต่อเดือน	ค่าใช้จ่ายต่อปี
1	ค่าไฟฟ้า	9,153.28	
2	ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง (ดีเซล) *	146,238.86	
3	ค่าแรงพนักงานในการดูแลระบบ RTO - ระดับปฏิบัติการ	8,774.04	
4	ค่าแรงพนักงานในการดูแลระบบ RTO - ระดับหัวหน้า	1,316.11	
5	ค่าซ่อมบำรุงระบบ RTO - เฉพาะค่าแรง	10,967.55	
6	ค่าซ่อมบำรุงระบบ RTO - เฉพาะค่าวัสดุ	10,967.55	
รวมค่าใช้จ่าย		187,417.38	

* ค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้สารอินทรีย์ระเหยง่ายในงานวิจัยนี้ คือ น้ำมันดีเซลอ้างอิงราคา 30 บาท/ลิตร ซึ่งหากราคาน้ำมันมีการเปลี่ยนแปลงก็จะมีผลต่อค่าใช้จ่ายบริหารจัดการระบบ RTO ในระหว่างกระบวนการผลิต

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนของระบบ

เมื่อสามารถวิเคราะห์หาประสิทธิภาพความสามารถในการดักจับไอเสียหรือกลิ่น คำนวณค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการระบบสำหรับการดักจับไอเสียหรือกลิ่น และผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนระบบของทั้ง 2 ระบบได้แล้ว ผู้วิจัยจึงได้นำผลการวิเคราะห์ของทั้ง 2 ระบบ แสดงเปรียบเทียบกัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 12 ถึง ตารางที่ 15 และในตารางที่ 16 ผู้วิจัยได้สรุปข้อดีข้อด้อยในพิจารณาติดตั้งระบบ Wet Scrubber ร่วมกับ Activated Carbon เทียบกับการลงทุนระบบ RTO ที่ระยะเวลา 5 ปีและ 10 ปีโดยประมาณอัตราเงินกู้ของธนาคารสูงสุด = 15% ณ ปี 2018 เพื่อแสดงให้เห็นถึงข้อดีข้อด้อยของแต่ละระบบไว้สำหรับเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาอีกด้วย

ตารางที่ 12 สรุปความสามารถในการดักจับไอเสียหรือกลิ่นของระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon เปรียบเทียบกับระบบ RTO

สารไอเสียหรือกลิ่น	ความเข้มข้นเริ่มต้น		Wet Scrubber & Activated		RTO		เปรียบเทียบ ประสิทธิภาพ RTO และ Wet Scrubber
			ความเข้มข้นสุดท้าย (ประสิทธิภาพ)		ความเข้มข้นสุดท้าย (ประสิทธิภาพ)		
	ppm (25 °C)	mg/m ³ (25 °C)	ppm (25 °C)	mg/m ³ (25 °C)	ppm (25 °C)	mg/m ³ (25 °C)	
Ammonia	100	69.950	5.00	3.50	1.00	0.70	4%
Trimethylamine	148.91	360	7.45	18.00	1.49	3.60	4%
Methyl ethyl ketone	100	295	5.00	14.75	1.00	2.95	4%
2-Methyl butanol	102.19	368	5.11	18.40	1.02	3.68	4%
Dimethyl disulfide	115.6	360	5.78	18.00	1.16	3.60	4%
Carbon Disulfide	114.2	440	5.71	22.00	1.14	4.40	4%
Toluene	100	376.85	5.00	18.84	1.00	3.77	4%
Cyclohexane	100	343.97	5.00	17.20	1.00	3.44	4%

การวิจัยนี้สรุปได้ว่าถ้าพิจารณาในเชิงคุณภาพเพียงอย่างเดียวระบบ RTO มีประสิทธิภาพในการกำจัดกลิ่นได้ดีกว่าระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon 4%

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบความสามารถในการดักจับไอเสียหรือกลิ่นของระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon เปรียบเทียบกับระบบ RTO ในจำนวนตันต่อปีที่ปริมาณไอเสียเข้า 2,412 m³/h

สารไอเสียหรือกลิ่น	ปริมาณไอเสียหรือกลิ่นที่ถูกกำจัดต่อปี (ตัน VOC/ปี)	
	Wet Scrubber & Activated Carbon	RTO
Ammonia	8.48	8.83
Trimethylamine	7.74	8.07
Methyl ethyl ketone	1.57	1.63
2-Methyl butanol	8.10	8.44
Dimethyl disulfide	6.64	6.91
Carbon Disulfide	8.10	8.44
Toluene	10.02	10.44
Cyclohexane	8.00	8.34
รวม	58.64	61.11

จากตารางข้างต้นสรุปได้ว่าสรุประบบ RTO สามารถกำจัดไอเสียหรือกลิ่นได้ที่ 61.11 ตัน VOC ต่อปีหรือ 61,110 กิโลกรัม VOC ต่อปีซึ่งดีกว่าระบบ Wet Scrubber & Activated Carbon ที่ทำได้ 58.64 ตัน VOC ต่อปีหรือ 58,640 กิโลกรัม VOC ต่อปีซึ่งถ้าพิจารณาในด้านปริมาณการกำจัดกลิ่นเพียงอย่างเดียวสรุปได้ว่าระบบ RTO มีประสิทธิภาพในการกำจัดกลิ่นได้ดีกว่าระบบ Wet Scrubber & Activated Carbon

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการระบบสำหรับการดักจับไอเสียหรือกลิ่นของระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon เทียบกับระบบ RTO ที่ปริมาณไอเสีย 2,412 m³/h (ไม่รวมค่าลงทุนในการติดตั้งเครื่องจักร)

ลำดับ	รายการ	Wet Scrubber & Activated Carbon	RTO
1	ค่าใช้จ่ายบริหารจัดการระบบในระหว่าง	1,602,191	2,249,009
2	ปริมาณไอเสียหรือกลิ่นที่ถูกกำจัดต่อปี (ตัน	58.64	61.11
3	ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกลิ่น (บาท/ตัน VOC)	27,323.36	36,804.35
4	ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกลิ่น (บาท/กิโลกรัม	27.32	36.80

จากตารางข้างต้นสรุปได้ว่าระบบ Wet Scrubber & Activated Carbon มีต้นทุนในการบริหารจัดการ การกำจัดไอเสียหรือกลิ่นที่ 27.32 บาทต่อกิโลกรัม VOC ซึ่งต่ำกว่าระบบ RTO ที่มีต้นทุนในการบริหารจัดการ การกำจัดไอเสียหรือกลิ่นที่ 36.80 บาทต่อกิโลกรัม VOC ซึ่งถ้าพิจารณาในด้านต้นทุนในการบริหารจัดการกลิ่นสรุปได้ว่าการกำจัดกลิ่นโดยใช้ระบบ Wet Scrubber & Activated Carbon มีต้นทุนในการกำจัดกลิ่นที่ถูกกว่าระบบ ระบบ RTO คิดเป็นเงิน 9.48 บาทต่อกิโลกรัม VOC โดยคิดเป็น 25.75%

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนระบบ Wet Scrubber ร่วมกับ Activated Carbon กับระบบ RTO ที่ระยะเวลา 5 ปีและ 10 ปีโดยประมาณอัตราเงินกู้ของธนาคารสูงสุด = 15% ณ ปี 2018

วิธีการทางเศรษฐศาสตร์	ระบบการกำจัดกลิ่นที่นำเสนอ		ข้อสรุปการตัดสินใจ
	Wet Scrubber & Activated Carbon	RTO	
NPV (บาท) ที่ระยะเวลา 5 ปี	52,454,797.54	36,760,832.44	เลือก Wet Scrubber & Activated Carbon
NPV (บาท) ที่ระยะเวลา 10 ปี	79,783,607.11	63,011,647.84	เลือก Wet Scrubber & Activated Carbon
IRR ที่ระยะเวลา 5 ปี	652.44%	94.69%	เลือก Wet Scrubber & Activated Carbon
IRR ที่ระยะเวลา 10 ปี	652.47%	98.10%	เลือก Wet Scrubber & Activated Carbon
Benefit Cost Ratio ที่ระยะเวลา 5 ปี	8.55	3.30	เลือก Wet Scrubber & Activated Carbon
Benefit Cost Ratio ที่ระยะเวลา 10 ปี	9.71	4.67	เลือก Wet Scrubber & Activated Carbon
Pay Back Period	1.8 เดือนหรือ 54 วัน	1 ปีกับ 8 วันหรือ 373 วัน	เลือก Wet Scrubber & Activated Carbon

จากตารางข้างต้นสรุปได้ว่าการใช้ระบบ Wet Scrubber & Activated Carbon ในการกำจัดไอเสียหรือกลิ่น มีผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ในทุกๆ วิธีที่ได้จากการคำนวณและได้ผลตอบแทนเป็นกระแสเงินสดสุทธิกับโรงงานที่ดีกว่าและคืนทุนได้เร็วกว่าระบบ RTO แม้ว่าผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของระบบ RTO จะเป็นบวกก็ตาม

ตารางที่ 16 สรุปข้อดีข้อด้อยในพิจารณาติดตั้งระบบ Wet Scrubber ร่วมกับ Activated Carbon เทียบกับการลงทุนระบบ RTO ที่ระยะเวลา 5 ปีและ 10 ปีโดยประมาณอัตราเงินกู้ของธนาคารสูงสุด = 15% ณ ปี 2018

เกณฑ์ในการพิจารณา	ระบบการกำจัดกลิ่นที่นำเสนอ		ข้อสรุปการตัดสินใจ
	Wet Scrubber & Activated Carbon	RTO	
ปริมาณไอเสียหรือกลิ่นที่	58.64	61.11	เลือกลงทุนระบบ RTO
ค่าใช้จ่ายในการกำจัด	27.32	36.80	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber &
ความยากง่ายในการ	ยาก	ง่าย	เลือกลงทุนระบบ RTO
ความยากง่ายต่อการซ่อม	ง่าย	ยาก	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber &
NPV (บาท) ที่ระยะเวลา	52,454,797.54	36,760,832.44	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber &
NPV (บาท) ที่ระยะเวลา	79,783,607.11	63,011,647.84	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber &
IRR ที่ระยะเวลา 5 ปี	652.44%	94.69%	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber &
IRR ที่ระยะเวลา 10 ปี	652.47%	98.10%	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber &
Benefit Cost Ratio ที่	8.55	3.30	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber &
Benefit Cost Ratio ที่	9.71	4.67	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber &
Pay Back Period	1.8 เดือนหรือ 54 วัน	1 ปีกับ 8 วัน หรือ 373 วัน	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber & Activated Carbon
ต้นทุนในการติดตั้ง เครื่องจักร (Investment Cost) ต่อตันผลิตภัณฑ์ (บาทต่อตันการผลิต)	418.87	2,673.16	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber & Activated Carbon
ต้นทุนในการบริหาร จัดการเครื่องจักร (Operation Cost) ต่อ ตันผลิตภัณฑ์ (บาทต่อตัน การผลิต)	267.03	374.83	เลือกลงทุนระบบ Wet Scrubber & Activated Carbon

สรุปผลการวิจัย

ในการกระบวนการผลิตยางมะตอยผสมยางพาราซึ่งในกระบวนการผลิตได้มีไอเสียหรือกลิ่นอันไม่พึงประสงค์เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต ซึ่งในการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาระบบกำจัดกลิ่น 2 วิธีได้แก่ ระบบที่ 1 การกำจัดกลิ่นโดยระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon และระบบที่ 2 ได้แก่ระบบ Regenerative Thermal Oxidizer (RTO) ซึ่งทั้งสองระบบมีข้อดีและ

ข้อด้อยแตกต่างกันและทั้งสองระบบยังผ่านเกณฑ์ในการดักจับกลิ่นที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศโดยไม่เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดของกรมควบคุมมลพิษ

แต่อย่างไรก็ตามในการวิจัยนี้ได้กำหนดเป้าหมายที่ใช้ในการวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัยโดยเปรียบเทียบการพิจารณาใน 3 มุมมอง คือ

1. ต้นทุนในการติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ในการกำจัดกลิ่น (Investment Cost) ต่อตันผลิตภัณฑ์ (ประมาณการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่ 6,000 ตันต่อปี)

หากพิจารณาในด้านต้นทุนการติดตั้งเครื่องจักรในการกำจัดกลิ่นต่อตันผลิตภัณฑ์สรุปได้ว่าการติดตั้งระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่ 418.87 บาทต่อตันผลิตภัณฑ์ซึ่งต่ำกว่าการลงทุนติดตั้งระบบ RTO ที่มีค่าใช้จ่ายที่ 2,673.16 บาทต่อตันผลิตภัณฑ์ ซึ่งการลงทุนติดตั้งระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon จะประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึง 84.33% ต่อทุกๆ ต้นทุนการผลิตเมื่อเทียบกับการลงทุนระบบ RTO

2. ต้นทุนในการบริหารงานระหว่างการผลิต จัดเก็บ และนำจ่ายให้ลูกค้าตลอดกระบวนการตั้งแต่ต้นจนจบ (Operating Cost) ต่อต้นการผลิตผลิตภัณฑ์ (ประมาณการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่ 6,000 ตันต่อปี)

หากพิจารณาถึงต้นทุนในการบริหารงานระหว่างการผลิต จัดเก็บ และนำจ่ายให้ลูกค้าในการกำจัดกลิ่นต่อตันผลิตภัณฑ์สรุปได้ว่าการติดตั้งระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon มีค่าใช้จ่ายในต้นทุนการผลิตที่ 267.03 บาทต่อตันผลิตภัณฑ์ซึ่งต่ำกว่าต้นทุนการบริหารจัดการระบบ RTO ที่มีค่าใช้จ่ายที่ 374.83 บาทต่อตันผลิตภัณฑ์ ซึ่งการลงทุนติดตั้งระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon จะประหยัดค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการระบบได้ถึง 28.76% ต่อทุกๆ ต้นทุนการผลิตเมื่อเทียบกับการลงทุนระบบ RTO

3. ความเหมาะสมในการลงทุนของเครื่องจักร (Fit for purpose) ที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่อตันที่ใช้ในการลงทุนและการบริหารงานระหว่างการผลิต จัดเก็บ และนำจ่ายโดยใช้วิธีการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ (ประมาณการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่ 6,000 ตันต่อปี)

หากพิจารณาการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์โดยการวิจัยได้นำวิธีมาตรฐานจำนวน 4 วิธี ได้แก่ Net Present Value (NPV), Internal Rate Of Return (IRR), Benefit Cost Ratio (B/C) และ Pay Back Period เพื่อใช้ตัดสินใจในลงทุนติดตั้งระบบการกำจัดกลิ่น ซึ่งสรุปได้ว่าการติดตั้งระบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon มีผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ทั้ง 4 วิธีที่ดีกว่าและเหมาะสมกับกระบวนการผลิตที่ยั่งยืนและสอดคล้องกับแนวทางมากกว่าระบบ RTO ที่มีผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่น้อยกว่าและส่งผลกระทบต่อกำไรของการผลิต

จากการวิจัยนี้สรุปได้ว่าระบบการกำจัดกลิ่นแบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon เหมาะสมกับการกระบวนการผลิตยางมะตอยผสมยางพารา มากกว่าระบบการกำจัดกลิ่นแบบ RTO ทั้งในด้านการลงทุนเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการในระหว่างการผลิตที่ต่ำกว่า ต้นทุนต่อต้านในการกำจัดที่ต่ำกว่า มีความซับซ้อนในการซ่อมบำรุงที่ต่ำกว่าเพราะไม่จำเป็นต้องจ้างผู้เชี่ยวชาญจากภายนอกเข้ามาซ่อมบำรุง อีกทั้งยังมีผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ที่ดีกว่าในการวิเคราะห์โดยใช้การคำนวณหลายๆ วิธี นอกจากนี้ระบบการกำจัดกลิ่นแบบ Wet Scrubber ร่วมกับระบบ Activated Carbon ยังมีประสิทธิภาพการกำจัดกลิ่นได้ถึง 95% ซึ่งเพียงพอต่อการควบคุมการปล่อยมลพิษตามมาตรฐานที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ อย่างไรก็ตามผลการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์ตั้งอยู่บนพื้นฐานของค่าน้ำ ค่าพลังงานในปัจจุบัน ซึ่งถ้าสถานการณ์ความต้องการของน้ำและพลังงานเปลี่ยนไปก็อาจส่งผลให้ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจเปลี่ยนไป

เอกสารอ้างอิง

- ชนงกรณ์ กุณฑลบุตร, รศ.ดร. (2017) การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนทางธุรกิจ, (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- David A Lewandowski (1990) Design of Thermal Oxidation Systems for Volatile Organic Compounds, CRC Press.
- Hesketh, H. E. and Cross, F. L. (1989). Odor Control Including Harzardous Toxic Odors. Technomic Publishing CO.,Inc., USA.
- Isa, Z. (1991). Air and solid waste pollution control in the rubber industry. Handout in ASEAN/UNDP Workshop on pollution control in the palm oil and rubber industries. 7-18 Jan, 1991
- James R. Kastner & K. C. Das (2011). Wet Scrubber Analysis of Volatile Organic Compound Removal in the Rendering Industry. Journal of the Air & Waste Management Association, Pages 459-469.
- Karl B. Schnelle, Jr., Charles A. Brown (2016). Air Pollution Control Technology Handbook. CRC Press.
- M Amelio, P Morrone (2007)Applied Thermal Engineering, Volume 27, Issue 4, March 2007, Pages 762-770.
- Markus Zimmermann (2014), PTIT FOCUS, “RTO Technology for VOC Abatement for Petrochemical Industry”, Engineering Manager, Durr Korea Inc., Vol.28 No.3.

การออกแบบชุดสาธิตแอลอีดีเพื่อการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์

Design of the LED Demonstration Package for Value Added to Products

คิดชาย อุณหศิริกุล(Kidchai Unhasirikul)^{1*} และ มธุรา อุณหศิริกุล(Matura Unhasirikul)²

¹ สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

² สาขาวิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

*Corresponding author. E-mail: Kid_unha@hotmail.com

บทคัดย่อ

โครงการวิจัย การออกแบบชุดสาธิตแอลอีดีเพื่อการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบชุดสาธิตการประยุกต์ใช้แอลอีดีในการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ วิธีการวิจัย คือ การกำหนดปัญหาหรือความต้องการ การพัฒนาข้อกำหนด การสร้างแนวคิดในการออกแบบ และการออกแบบในลักษณะเป็นรูปร่าง สรุปผลการวิจัยได้ว่า ออกแบบชุดสาธิตการประยุกต์ใช้แอลอีดีรวม 2 ชุด คือ 1) ชุดสาธิตการเพิ่มประโยชน์ใช้งานผลิตภัณฑ์ด้วยแอลอีดี เพื่อแสดงการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ด้วยการเพิ่มประโยชน์ใช้งาน 2) ชุดสาธิตการใช้แอลอีดีในการสร้างเครื่องมือวัดแสงต้นทุนต่ำ เพื่อแสดงการนำแอลอีดีมาใช้แทนเซ็นเซอร์แสงทำให้ต้นทุนต่ำลง โดยในแต่ละชุดสาธิตนั้น จะประกอบไปด้วย วัสดุอุปกรณ์และเอกสารประกอบการสาธิต ในเอกสารมีรายละเอียดหัวข้อ คือ วัตถุประสงค์ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สาธิต วิธีสาธิตและผลที่ได้รับ คำถามภายหลังการสาธิต และเอกสารอ้างอิง พร้อมสำหรับการออกแบบในรายละเอียดและจัดสร้างต้นแบบชุดสาธิตในขั้นตอนต่อไป

คำสำคัญ: การออกแบบ ชุดสาธิต แอลอีดี การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์

Abstract

This research is Design of the LED Demonstration Package for Value Added to Products, was aimed to design the demonstration package for LED application used for value added to products. The research procedures included identify needs, develop specifications, conceptual designs and embodiment designs. The research findings were concluded. The following two sets of the demonstration package were designed. 1) The demonstration of make benefit by LED showed value added product by make benefit in product, and 2) The demonstration of LED and lux meter showed cost reduction by LED. The demonstration packages for LED

application included set of materials, equipment and documents. The documents showed objectives, theories, materials and equipments, methods and results, questions and references.

Keywords: Design, Demonstration Package, LED, Value Added Products

บทนำ

สถานการณ์พลังงานไฟฟ้าในรอบ 5 ปี ที่ผ่านมา กำลังผลิตติดตั้งระบบไฟฟ้าของไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี จากขนาด 31,773 เมกะวัตต์ ในปี 2554 เพิ่มขึ้นเป็น 37,247 เมกะวัตต์ ในปี 2558 เพิ่มขึ้น 17.2 % การใช้พลังงานไฟฟ้าจากปริมาณ 148,700 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง ในปี 2554 เพิ่มขึ้นมาเป็น 181,377 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง ในปี 2558 (รายงานคุณภาพพลังงานของไทย, 2559 : หน้า 46) นั่นคือ ในระยะเวลาเพียง 5 ปี เพิ่มขึ้นราว 22 % ดังในตาราง 1

ตาราง 1 ปริมาณการใช้ การผลิตและกำลังผลิตติดตั้งของระบบไฟฟ้าไทย

พ.ศ.	การใช้พลังงาน ไฟฟ้า (ล้านกิโลวัตต์ ชั่วโมง)	กำลังการผลิต ติดตั้ง (เมกะวัตต์)	ผลิตพลังไฟฟ้า สูงสุด (เมกะวัตต์)	การผลิตพลังงาน ไฟฟ้า (ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง)
2554	148,700	31,773	23,388	155,986
2555	161,750	33,177	24,825	168,178
2556	164,323	33,681	26,598	169,593
2557	168,656	35,610	26,942	174,467
2558	181,377	37,247	27,346	184,350

มีการประมาณกันว่า อังกฤษได้ใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง ราว 19 % ของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมด (The Society of Light and Lighting, 2009 :p.120) ถ้าเลือกใช้ตัวเลขนี้ มาประมาณว่าไทยใช้พลังงานไฟฟ้าเท่าไรในระบบแสงสว่าง นั่นคือ คำนวณ 19 % ของยอดรวม 181,377 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง ในปี 2558 มีปริมาณมากถึง 34,462 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง เมื่อมาคิดมูลค่าจากราคาจำหน่ายซึ่งมีหลายค่าตามประเภทผู้ใช้ กรณีที่อยู่อาศัยไม่เกิน 150 หน่วย มีค่าไฟฟ้า 2.3488 ถึง 4.4217 บาทต่อหน่วย ที่อยู่อาศัยใช้เกิน 150 หน่วย ค่าไฟฟ้า 3.2484 บาท ถึง 4.4217 บาทต่อหน่วย เป็นค่าเฉลี่ย 3.385 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง ดังนั้นไฟฟ้าที่ใช้ในระบบแสงสว่าง คือ

$34,462 \times 3.385 = 116,654$ ล้านบาทต่อปี นั่นคือ ไทยใช้ไฟฟ้าในระบบแสงสว่างมากกว่าแสนล้านบาทต่อปี ดังนั้นถ้าสามารถประหยัดพลังงานในแสงสว่างเพียง 10 % สามารถประหยัดเงินถึง 11,665 ล้านบาทต่อปี และลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($0.548 \text{ kg/kWh} \times 34,462 \times 0.1$) ได้ถึง 1,888.5 ล้านกิโลกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (M kg CO₂) (รายงานสถิติพลังงานของไทย, 2559 : หน้า 277)

ปัจจุบันและในอนาคตอันใกล้นี้ แอลอีดีได้นำมาใช้ทดแทนหลอดไฟฟ้าทั่วไปเพิ่มขึ้น เนื่องจากแอลอีดีมีข้อดีที่เหนือกว่าหลอดไฟฟ้าทั่วไป คือ (1) แอลอีดีใช้พลังงานน้อยมาก ใช้พลังงานน้อยกว่าหลอดไส้ 90-95 % (2) แอลอีดีมีอายุการใช้งานยาวนาน มีอายุใช้งานปกติราว 30,000-50,000 ชั่วโมง และอาจมากได้ถึง 100,000 ชั่วโมง ขณะที่หลอดฟลูออเรสเซนต์มีอายุใช้งานปกติราว 10,000-15,000 ชั่วโมง และหลอดไส้อายุใช้งานราว 1,000 - 2,000 ชั่วโมง เท่านั้น (3) แอลอีดีมีหลายสี ทั้งหลายขนาดและหลายรูปแบบ จึงให้แสงสีได้มีประสิทธิภาพดีกว่าแสงสีจากเทคโนโลยีแสงแบบอื่น (4) แอลอีดีไม่ก่อให้เกิดความร้อนที่หลอดมาก เหมือนหลอดอื่น จึงลดเสี่ยงจากไฟไหม้ และลดความร้อนจากหลอดไฟในอาคารได้ (5) แอลอีดีทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี ทำให้ประยุกต์ในเครื่องมือซึ่งสั่นสะเทือนได้ (6) แอลอีดีสามารถเปิดปิดได้รวดเร็ว เร็วกว่าเทคโนโลยีแสงสว่างอื่นๆ (7) แอลอีดีสามารถให้ความสว่างเต็มที่ได้อย่างรวดเร็ว ในเวลาเป็นไมโครวินาที ซึ่งเร็วกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์และเร็วกว่าหลอดไส้ประมาณ 10 เท่าตัว (8) แอลอีดีมีขนาดเล็ก จึงประยุกต์ใช้งานหลายด้านได้อย่างหลากหลายมาก (Wikipedia-LED, 2016) (9) แอลอีดีไม่มีสารพิษอยู่ภายในหลอด (Brian Clark Howard, 2011) จึงได้ให้ความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานได้มากกว่า (10) แอลอีดีสามารถใช้งานที่อุณหภูมิต่ำมาก ใช้ได้ถึง -40 องศาเซลเซียส (Craig Dilovie, 2006) (11) แอลอีดีสามารถเปิดปิดได้บ่อยครั้ง แอลอีดีจึงใช้งานที่ปิดเปิดบ่อยได้ดี ไม่เหมือนหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่หลอดจะเสียเร็วขึ้น เมื่อปิดเปิดบ่อยขึ้น (12) การหรี่ไฟ แอลอีดีสามารถหรี่แสงสว่างได้ง่ายด้วยวิธีลดค่ากระแสไบแอสตรง หรือด้วยวิธี PWM (Wikipedia-LED, 2016) (13) การโฟกัสแสง ตัวแอลอีดีสามารถที่จะออกแบบให้โฟกัสแสงของตัวเองได้ ขณะที่ทั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดไส้ ยังต้องพึ่งตัวสะท้อนภายนอกในการรวบรวมแสงและส่องไปยังจุดที่ต้องการ (Wikipedia-LED, 2016) (14) การตรวจจับแสง แอลอีดีทำงานได้ดีทั้งการปล่อยแสงและการรับแสง จึงสามารถจะนำมาประยุกต์ใช้ให้เป็นตัวตรวจวัดแสงได้ (Forrest M.Mims, 2000) ดังนั้นจึงควรหาวิธีนำเทคโนโลยีแอลอีดีมาออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อการประหยัดพลังงานในแนวทางต่างๆ

การออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ ในยุคแข่งขันเสรีจำเป็นต้องเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ ซึ่งในการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ มีแนวคิดที่แตกต่างกัน 2 แนวคิด นั่นคือ แนวคิดด้านธุรกิจ และแนวคิดด้านวิศวกรรม ทั้งนี้แนวคิดทางด้านธุรกิจ มีกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking Process) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Hasso Plattner Institute of Design มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด มีอยู่ 5 ขั้นตอน

(กรมพัฒนาธุรกิจการค้า, 2559 : หน้า 18) นั่นคือ (1) EMPATHIZE การทำความเข้าใจในลูกค้า (2) DEFINE การกำหนดโจทย์ความต้องการของลูกค้า (3) IDEATE การระดมความคิดเห็น (4) PROTOTYPE การสร้างต้นแบบหรือสินค้าจำลอง (5) TEST การทดสอบตลาด ส่วนในแนวคิดทางด้านวิศวกรรม มีกระบวนการออกแบบด้านวิศวกรรม เป็นกระบวนการที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ กระบวนการออกแบบด้านวิศวกรรม (Engineering Design Process) แบ่งเป็น 7 ขั้นตอน (Haugh Jack, 2013) ดังนี้ (1) กำหนดปัญหาหรือความต้องการ (Identify Needs) (2) การพัฒนาข้อกำหนด (Develop Specifications) (3) การสร้างแนวคิดในการออกแบบ (Conceptual Design) (4) การออกแบบในลักษณะเป็นรูปร่าง (Embodiment Design) (5) การออกแบบในรายละเอียด (Detailed Design) (6) สร้างต้นแบบและทดสอบ (Build Prototype and Prototype Testing) (7) การยอมรับของผู้ใช้ (Customer Acceptance) จากทั้งสองแนวคิด มีจุดเริ่ม คือ ปัญหาหรือความต้องการ และผลผลิตคือ ต้นแบบผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าชอบและยอมรับได้ เหมือนกัน แต่จะสังเกตเห็นความแตกต่างในกระบวนการได้ชัดเจน คือ แนวคิดด้านธุรกิจ พัฒนาหรือเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์โดยมุ่งเน้นตอบสนองความต้องการของลูกค้าเป็นหลัก ทุกขั้นตอนจะวิเคราะห์ถึงลูกค้า เป็นการเน้นที่ตลาดผู้บริโภคเพื่อให้สามารถจัดจำหน่ายได้นั่นเอง ส่วนแนวคิดทางด้านวิศวกรรม จะเห็นว่าการพัฒนาหรือเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ มุ่งเน้นที่การออกแบบเพื่อสร้างให้รอบคอบในทุกขั้นตอน โดยเน้นเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์เป็นหลัก เพื่อให้สามารถใช้งานได้ตามต้องการอย่างมีประสิทธิภาพ

เนื่องจากความจำเป็นที่ มนุษย์โลกจะต้องปรับตัวเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Society) เพราะปัญหาโลกร้อน (Global Warming) (J. David Neelin, 2011) และจากจุดเด่นของ แอลอีดี จะช่วยลดขยะของหลอดไฟเดิม ประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แม้ว่าในปัจจุบันนี้ แอลอีดีมีราคาสูง เมื่อเทียบกับเทคโนโลยีแสงสว่างเดิม แต่อนาคตอันใกล้นี้ ราคาแอลอีดีจะลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการรับรู้เข้าใจแนวทางพัฒนาผลิตภัณฑ์ จึงเป็นสิ่งจำเป็น ในการปรับตัวเพื่อรับการเปลี่ยนแปลงและนำเทคโนโลยีมาใช้ประโยชน์ โดยใช้แอลอีดีเข้ามาช่วยและเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ทำงานได้อย่างมีคุณภาพ จึงควรใช้แนวคิดทางด้านวิศวกรรมในการพัฒนาเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์แอลอีดี

การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์โดยการประยุกต์ใช้แอลอีดี เพื่อให้ได้ผลงานที่นำไปใช้ได้ และเกิดประโยชน์คุ้มค่า ต้องเข้าใจทั้งผลิตภัณฑ์และวิธีประยุกต์แอลอีดี ดังนั้นกรอบความคิดของงานวิจัยนี้ จึงประกอบด้วย 3 ส่วน คือ (1) การสาธิต แสดงหรือสาธิตให้ดู พร้อมกับการอธิบายประกอบ จะช่วยให้ผู้อบรมนั้นสามารถเข้าใจได้รวดเร็ว (2) การประยุกต์ใช้งาน แสดงแนวประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ จะช่วยผู้อบรมให้พัฒนางานและช่วยสร้างนวัตกรรมได้เร็วขึ้น (3) เชื่อมโยงภาคทฤษฎีและปฏิบัติ ช่วยให้มีความรู้และเข้าใจเทคโนโลยีอย่างลึกซึ้งมากขึ้น สามารถใช้

ต่อยอดองค์ความรู้ใหม่ได้ ดังนั้นจึงควรเป็นชุดสาธิตประยุกต์ใช้ในแต่ละแนวทาง ด้วยขั้นตอนหลัก 3 ส่วนนี้ โดยมีแนวความคิด แสดงการประยุกต์ใช้งานแอลอีดี เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ในหลากหลายแนวทาง ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้จัดทำโครงการวิจัยเรื่องนี้ขึ้นมา จุดประสงค์เพื่อการออกแบบชุดสาธิตประยุกต์ใช้แอลอีดี สำหรับการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์

ดังนั้นการออกแบบพัฒนาชุดสาธิตการประยุกต์ใช้แอลอีดี จะใช้กระบวนการออกแบบทางด้านวิศวกรรม เพื่อให้จัดทำชุดสาธิตได้สมบูรณ์ กระบวนการออกแบบด้านวิศวกรรมสำหรับโครงการวิจัยนี้ ได้ดำเนินงานตาม 7 ขั้นตอน ซึ่งนำเสนองานวิจัยในบทความวิจัยนี้ในขั้นตอนเพียง 4 ขั้นตอน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบชุดสาธิตการประยุกต์ใช้แอลอีดีในการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์

วิธีดำเนินการวิจัย

การกำหนดปัญหาหรือความต้องการ ต้องระบุปัญหาหรือความต้องการให้ชัดเจนและสำรวจแนวคิดในการออกแบบที่เกี่ยวข้อง โดยศึกษารวบรวมข้อมูลจากเอกสารตำรา ฐานข้อมูล แล้วจึงกำหนดให้มาเป็นความต้องการในการแก้ไขปัญหาลดปัญหา หรือข้อเสนอพัฒนาโครงการ

การพัฒนาข้อกำหนด จากความต้องการในการแก้ไขปัญหามาพัฒนาเป็นข้อกำหนด โดยใช้วิธีศึกษาจากข้อกำหนดที่คล้ายกันของชุดสาธิตทดลองต่างๆ ให้เป็นข้อกำหนดที่สามารถระบุได้ชัดเจน ในด้านวัตถุประสงค์ รวมทั้งขอบเขตหรือ ปริมาณงานที่สามารถดำเนินการได้

การสร้างแนวคิดในการออกแบบ จากข้อกำหนดนำมาศึกษาและตรวจสอบการออกแบบตามแง่มุมที่เป็นไปได้ ปกติจะมี 3 รูปแบบ คือ แบบมาตรฐาน แบบวิวัฒนาการ และแบบปฏิวัติ โดยทั่วไปจะเป็นการผสมผสานทั้งสามรูปแบบ โดยศึกษาแนวทางจากเอกสาร ข้อมูล และชุดสาธิตต่างๆ ให้มีความเป็นไปได้ที่จะจัดทำออกมาในทางปฏิบัติ

การออกแบบในลักษณะเป็นรูปร่างหรือแบบ จากแนวคิดในการออกแบบ นำมาศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมจากเอกสารและวงจรต่างๆ วิเคราะห์แนวทางเลือกในการออกแบบต่างๆ เพื่อให้ได้สถาปัตยกรรมของผลิตภัณฑ์ ออกแบบทั้งด้านรูปทรงและตัวแปรที่จะใช้ ก่อนจะได้เริ่มดำเนินการออกแบบในรายละเอียดต่อไป

ผลการวิจัย

กำหนดปัญหาหรือความต้องการ

จากข้อมูล พบว่าไทยใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเพิ่มขึ้นราว 22 % ภายในรอบ 5 ปี เฉพาะในระบบแสงสว่างใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า หนึ่งในสามหนึ่งหมื่นล้านบาทต่อปี ถ้าวัดการใช้ได้ 10 % จะประหยัดเงินมากกว่าหมื่นล้านบาทต่อปี แอลอีดีเป็นเทคโนโลยีจากสารกึ่งตัวนำ ที่นำมาใช้แทนที่เทคโนโลยีของหลอดไฟฟ้ายั้งเดิม ด้วยข้อดีแอลอีดีที่เหนือกว่าหลอดไฟเดิม จึงเพิ่มประโยชน์และประหยัดพลังงานได้มาก ดังนั้นการรับรู้เทคโนโลยี เข้าใจข้อดีข้อเสีย และแนวทางใช้เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ จึงจำเป็นเพื่อปรับตัวรับการเปลี่ยนแปลง และนำเทคโนโลยีแอลอีดีมาใช้ประโยชน์ จึงควรพัฒนาชุดสาธิต เพื่อแสดงการประยุกต์ใช้แอลอีดีในการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ โดยชุดสาธิตควรประกอบด้วย การสาธิต โดยแสดงหรือทำให้ดูเป็นตัวอย่างพร้อมอธิบาย จะช่วยทำความเข้าใจได้รวดเร็ว การประยุกต์ใช้งาน แสดงแนวทางประยุกต์ จะช่วยพัฒนางานและสร้างสรรค์นวัตกรรมได้เร็วขึ้น การเชื่อมโยงภาคทฤษฎีและปฏิบัติ เพื่อช่วยให้มีความรู้และเข้าใจเทคโนโลยีลึกซึ้งมากขึ้น สามารถต่อยอดองค์ความรู้ได้ ดังนั้นการสาธิตประยุกต์แอลอีดีในแต่ละเรื่อง จึงควรจะมีส่วนประกอบทั้งสามส่วนดังกล่าว

การพัฒนาข้อกำหนด

จากการศึกษาข้อมูล แนวทางประยุกต์ใช้งานแอลอีดีในปัจจุบัน พบว่าสามารถประยุกต์ใช้แอลอีดีเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ ไม่น้อยกว่า 6 แนวทาง จะนำเสนอในบทความนี้ 2 แนวทาง ดังนี้

1. การเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ด้วยแอลอีดี

เนื่องจากแอลอีดีมีขนาดเล็กและใช้พลังงานน้อย จึงนำมาช่วยเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ง่าย ผลิตภัณฑ์ใดก็ตาม ถ้าสามารถเพิ่มประโยชน์ได้ ย่อมทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีมูลค่าเพิ่มขึ้น เพราะว่า มูลค่า ตามนิยามทางการตลาด หมายถึง ราคาทางจิตใจที่ได้จากการประเมินดีค่าสิ่งหนึ่ง โดยเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ได้รับ กับต้นทุนที่เสียไปเพื่อให้ได้สิ่งนั้นมา (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า, 2559 : หน้า 11) ในปัจจุบัน จะเห็นว่ามีหลายผลิตภัณฑ์ได้เลือกใช้จุดเด่นของแอลอีดีในลักษณะนี้ เพื่อการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ ชุดสาธิตนี้ จึงมีข้อกำหนดว่า เพื่อการแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ ด้วยการเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ด้วยแอลอีดี และสามารถปรับปรุงรูปแบบผลิตภัณฑ์ให้เหมาะกับชุมชนได้อย่างหลากหลาย พร้อมกับแสดงมูลค่าผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาด ในกรณีก่อนเพิ่มประโยชน์และหลังจากได้เพิ่มประโยชน์ใช้สอยแล้ว แสดงในทางทฤษฎีและปฏิบัติว่า มีหลักการต่อเติมวงจรเพื่อเพิ่มประโยชน์ และวิธีการใช้งานอย่างไร เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถเข้าใจถึงแนวทางในการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ ด้วยการเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ได้

2. การใช้แอลอีดีในการสร้างเครื่องมือวัดต้นทุนต่ำ

ปกติแอลอีดีจะให้แสงสว่างออกมา เมื่อได้รับการป้อนค่าแรงดันที่เหมาะสม ตามหลักการทำงานในโหมดไบแอสตรง ในทางกลับกัน ถ้าแอลอีดีทำงานอยู่ในโหมดเดิมแต่ในทางตรงข้าม นั่นคือ เมื่อให้แอลอีดีรับแสงสว่างแล้วมาวัดค่าแรงดันที่ขั้วหลอดแอลอีดี เราก็จะสามารถตรวจวัดความสว่างนั้นได้ ดังนั้นโดยอาศัยหลักการทำงานนี้ จึงสามารถใช้แอลอีดีเป็นตัวตรวจวัดแสงสว่างได้ในต้นทุนที่ต่ำกว่าเดิม นั่นคือต่ำกว่าการใช้เทคนิคตรวจวัดแสงหรือเซนเซอร์แบบเดิม ดังนั้นชุดสาธิตการใช้แอลอีดีในการสร้างเครื่องมือวัดแสงสว่าง จึงควรระบุข้อกำหนดว่า ต้องการแสดงให้เห็นถึงการใช้แอลอีดีร่วมในการสร้างเครื่องมือวัดแสงสว่าง โดยแสดงทั้งในทางทฤษฎีและทางปฏิบัติว่า เครื่องมือวัดนั้นมีหลักการทำงาน และมีวิธีการต่อวงจรอย่างไร และเมื่อใช้แอลอีดีเพื่อวัดค่าภายในเครื่องมือวัดแสงสว่าง จะทำให้วัดค่าได้อย่างแม่นยำมากน้อยเพียงใด เมื่อเทียบกับกับเครื่องมือวัดแสงสว่างมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไป สามารถยอมรับได้ตามมาตรฐานเครื่องมือหรือไม่ เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องและผู้สนใจเข้าใจถึง วิธีประยุกต์ใช้แอลอีดีในการสร้างเครื่องมือวัดต้นทุนต่ำได้

การสร้างแนวคิดในการออกแบบ

1. ชุดสาธิต การเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ด้วยแอลอีดี

ชุดสาธิตควรจะต้องประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์ที่สามารถเพิ่มประโยชน์ใช้สอย แล้วทำให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้นมาได้ ในปัจจุบันมีหลายผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำมาใช้สาธิตได้อย่างดี ในที่นี้ใช้การสาธิตผลิตภัณฑ์ คือ ไม้เท้าและปากกา เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายในไทยและสามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ในชุมชนได้ การสาธิตจะแสดงการต่อวงจรของแอลอีดี เข้าไปในผลิตภัณฑ์ไม้เท้าสำหรับผู้สูงอายุ และ /หรือต่อวงจรแอลอีดีในผลิตภัณฑ์ปากกา ทำให้ผลิตภัณฑ์ทั้งสองอย่างได้เพิ่มประโยชน์ใช้สอยให้เป็นไฟฉายขนาดเล็กสำหรับใช้ในยามจำเป็น หรืออาจใช้ในยามปกติได้อีกด้วย โดยการต่อวงจรใช้งานง่าย ใช้งบประมาณไม่สูงแต่ได้ผลดีจริง และยังสามารถปรับปรุงแบบผลิตภัณฑ์ให้เหมาะกับชุมชนได้อย่างหลากหลาย พร้อมแสดงมูลค่าของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวตามท้องตลาด เมื่อได้เพิ่มประโยชน์ใช้สอยแล้ว

เอกสารประกอบการสาธิต ในชุดสาธิตเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ด้วยแอลอีดี ควรมีขั้นตอนการสาธิต แสดงไดอะแกรมการต่อวงจรใช้งานของทั้งสองผลิตภัณฑ์ และมีภาคทฤษฎีที่ใช้คำนวณค่าหาขนาดของอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ใช้เป็นส่วนสำคัญในการอธิบายเพื่อการเชื่อมโยงภาคทฤษฎีเข้ากับปฏิบัติได้

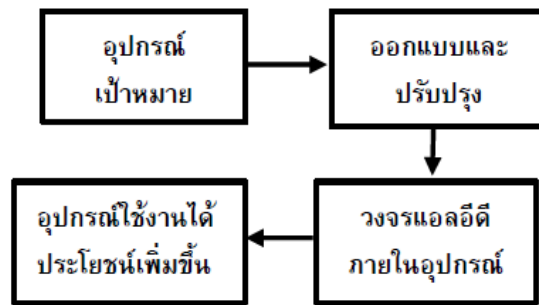
2. ชุดสาธิต ใช้แอลอีดีในการสร้างเครื่องมือวัดต้นทุนต่ำ

ชุดสาธิตควรประกอบด้วย อุปกรณ์ที่ใช้ คือ เครื่องวัดค่าความสว่าง หรือลักส์มิเตอร์ ซึ่งได้ใช้แอลอีดีมาทำงานในโหมดไบแอสย้อนกลับ เพื่อให้เป็นตัวรับแสงได้ในราคาต้นทุนที่ต่ำกว่า การใช้เซนเซอร์ตัวรับแสงแบบเดิม โดยมีหลักการทำงานว่า เมื่อให้แอลอีดีรับแสงสว่าง แล้วมาวัดค่าแรงดันที่ขั้วหลอด ก็สามารถตรวจวัดค่าความสว่างนั้นได้ แล้วใช้เครื่องวัดค่าความสว่างที่จัดทำต่อประกอบขึ้นมาใหม่ มาวัดค่าความสว่างที่ตำแหน่งเดียวกันกับลักส์มิเตอร์ทั่วไป แล้วเปรียบเทียบผลที่ได้ แต่อย่างไรก็ตาม ในทางทฤษฎีแล้ว แอลอีดีสามารถตรวจวัดแสงที่ค่าความยาวคลื่นสั้นกว่า คลื่นของแสงที่แอลอีดีตัวนั้นปล่อยออกมา ดังนั้นสิ่งนี้จะเป็นข้อจำกัดของการใช้แอลอีดีเป็นเครื่องวัดค่าความสว่างหรือไม่ หรือสามารถปรับชดเชยค่าได้ ซึ่งยังจะต้องตรวจสอบผลที่ได้รับต่อไป

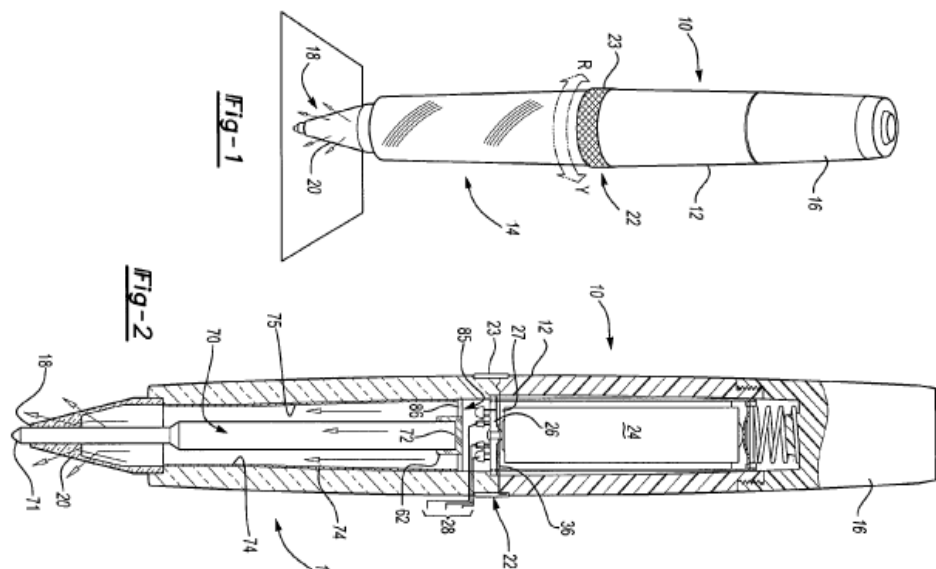
เอกสารประกอบการสาธิต ควรมีขั้นตอนการสาธิต ให้มีภาคทฤษฎีสำคัญที่เกี่ยวข้อง โดยแสดงไดอะแกรมวงจร และวงจรใช้งานของการต่อแอลอีดี เพื่อให้ทำงานเป็นตัวรับแสง แทนที่การใช้เซนเซอร์รับแสงแบบเดิม เมื่อทำงานเป็นเครื่องวัดค่าความสว่างแล้ว ให้เทียบกับการทำงานของลักส์มิเตอร์ทั่วไป โดยแสดงหลักการทำงานของวงจรที่ใช้ ให้เป็นส่วนสำคัญในการอธิบายประกอบ การเชื่อมโยงภาคทฤษฎีกับปฏิบัติได้ ควรเปรียบเทียบทั้งมูลค่าต้นทุน และคุณสมบัติที่ได้รับ

การออกแบบในลักษณะเป็นรูปร่าง

1. ชุดสาธิตเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ด้วยแอลอีดี จากแนวคิดการออกแบบในขั้นตอนที่แล้ว ดังนั้นวัตถุประสงค์ของชุดสาธิตนี้ จึงเลือกขั้นตอนการทำงาน ดังในภาพ 1 เป็นการแสดงให้เห็นได้ว่า สามารถเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าได้ ในส่วนเอกสารประกอบการใช้งานของชุดสาธิตนี้ ควรมี (1) วัตถุประสงค์ เพื่อแสดงการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ ด้วยการเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ขึ้นมา (2) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่วิธีการทำงานของแอลอีดี แบตเตอรี่และตัวนำชนิดที่เลือกใช้ การต่อวงจรแอลอีดี ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปากกาเพิ่มประโยชน์ใช้สอย โดยให้มีแสงช่วยในการเขียนเอกสารในบริเวณที่ความสว่างไม่เพียงพอ จากสิทธิบัตร US7044672B2 ดังในภาพ 2 (3) อุปกรณ์ที่ใช้ในการสาธิต ให้เป็นผลิตภัณฑ์ไม้เท้าและปากกา เนื่องจากว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่รู้จักกันดีแล้วในไทย สามารถพัฒนาใช้งานในชุมชนได้และยังนำมาสาธิตได้ง่ายอีกด้วย (4) วิธีสาธิตและผลการสาธิต ในการสาธิตจะแสดงการต่อวงจรแอลอีดี เข้าในผลิตภัณฑ์ไม้เท้าผู้สูงอายุ และการต่อวงจรแอลอีดีในผลิตภัณฑ์ปากกา ผลที่ได้คือ ทำให้ผลิตภัณฑ์นั้น เพิ่มประโยชน์ใช้สอยจากเดิมเป็นไฟฉายขนาดเล็กด้วย (5) คำถามภายหลังการสาธิต ควรถามความเข้าใจเนื้อหาหลัก นั่นคือ จุดเด่นของแอลอีดีที่ทำให้สามารถนำมาใช้ใน ผลิตภัณฑ์ต่างๆ แอลอีดีนำมาเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ได้อย่างไร (6) เอกสารอ้างอิง ในเรื่องแอลอีดีจากเว็บไซต์ <http://en.wikipedia.org/wiki/LED> และตำราเช่น Practical Lighting Design with LEDs โดย Ron Lenk and Carol Lenk เป็นต้น



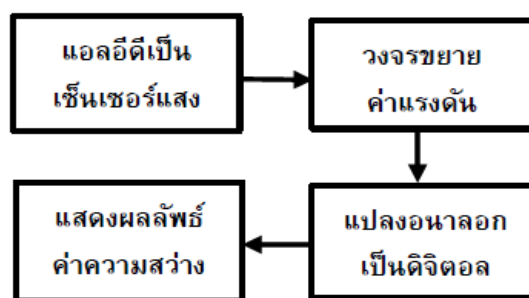
ภาพ 1 การทำงานของชุดสาธิตเพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์



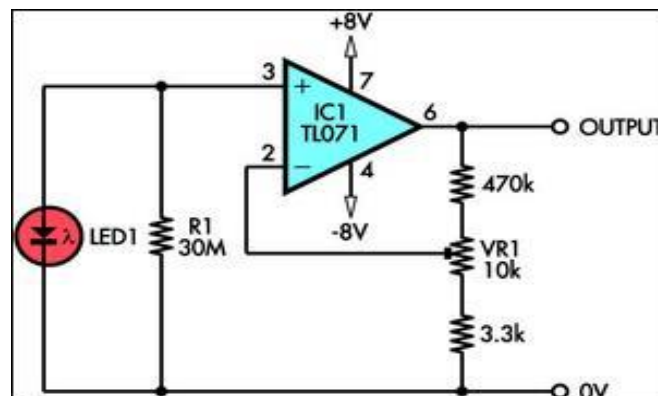
ภาพ 2 ปากกาหมึกและแอลอีดีหลายสีจากสิทธิบัตร US7044672 B2

2. ชุดสาธิต ใช้แอลอีดีในการสร้างเครื่องมือวัดต้นทุนต่ำ วัสดุอุปกรณ์คือ เครื่องมือวัดแสงของชุดสาธิตนี้ จึงใช้ขั้นตอนการทำงาน ดังแสดงในภาพ 3 ส่วนเอกสารประกอบการสาธิต ควรประกอบด้วย (1) วัตถุประสงค์ เพื่อแสดงการนำแอลอีดีมาใช้แทนเซ็นเซอร์แสง ซึ่งจะทำให้ต้นทุนเครื่องมือวัดต่ำลง (2) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เริ่มตั้งแต่ หลักทำงานของแอลอีดี การไบแอสตรงและการนำไปใช้งาน หลักการทำงานของเครื่องมือวัดแสงทั่วไป การใช้แอลอีดีมาเป็นเซ็นเซอร์แสง ดังวงจรตัวอย่าง (Andrew Partridge, 2016) ในภาพ 4 ซึ่งทำให้ลดต้นทุนเครื่องมือวัดได้ (3) อุปกรณ์ที่ใช้สาธิต เครื่องมือวัดแสงมาตรฐานทั่วไป และ เครื่องวัดแสงซึ่งใช้แอลอีดีเป็นเซ็นเซอร์และฟอร์ม บันทึกข้อมูลเปรียบเทียบ (4) วิธีสาธิตและผลการสาธิต สาธิตโดยใช้เครื่องมือวัดแสงทั่วไปและเครื่องมือวัดแสงที่ใช้แอลอีดีเป็นเซ็นเซอร์ มาวัดค่าของความสว่างที่ตำแหน่งเดียวกันและ

พร้อมกัน บันทึกเปรียบเทียบค่าความสว่างที่ได้รับ วิเคราะห์ผลที่ได้รับ (5) คำถามภายหลังสาคิต
 ถามความเข้าใจในเนื้อหาหลัก นั่นคือ หลักการทำงานของเครื่องวัดแสง การไบแอสของแอลอีดี การใช้
 แอลอีดีเป็นเซ็นเซอร์แสง เป็นต้น (6) เอกสาร อ้างอิง เรื่องแอลอีดีจากตำราและเว็บไซต์ เช่น
<http://en.wikipedia.org/wiki/LED> และ ตำราเครื่องมือวัด กับตำราวิศวกรรมส่องสว่าง และ
 เอกสารต่าง ๆ ในส่วนที่เกี่ยวข้อง



ภาพ 3 การใช้แอลอีดีเป็นเซ็นเซอร์สำหรับเครื่องวัดแสงสว่าง



ภาพ 4 ตัวอย่างการใช้แอลอีดีให้เป็นเซ็นเซอร์แสง

สรุปและอภิปรายผล

โครงการวิจัยนี้ ดำเนินการออกแบบชุดสาธิตการใช้แอลอีดีเพื่อพัฒนาเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์รวม 2 ชุด เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการกำหนดปัญหาหรือความต้องการ ไปจนถึงขั้นตอนการออกแบบให้เป็นรูปร่าง ตามขอบเขตการวิจัย นั่นคือ ชุดสาธิต เพิ่มประโยชน์ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ด้วยแอลอีดีจุดประสงค์ เพื่อแสดงเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ด้วยการเพิ่มประโยชน์ใช้งาน ชุดสาธิต ใช้แอลอีดีสร้างเครื่องมือวัดต้นทุนต่ำ จุดประสงค์ แสดงการนำแอลอีดีมาใช้แทนเซ็นเซอร์แสงทำให้ต้นทุนต่ำลงเมื่อถึงขั้นออกแบบให้เป็นรูปร่าง พบว่ารูปแบบและวิธีการชัดเจนมากแล้ว รายละเอียดแต่ละชุดสาธิตนั้น ประกอบด้วย วัสดุอุปกรณ์ และเอกสารประกอบการสาธิต เอกสารจะมีหัวข้อต่างๆ คือ วัตถุประสงค์ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง อุปกรณ์ที่ใช้ วิธีสาธิตและผลที่ได้รับ คำถามท้ายการสาธิต และเอกสารอ้างอิง พร้อมดำเนินงาน ออกแบบรายละเอียด จัดสร้างต้นแบบและทดสอบใช้งานต่อไป

ข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยนี้เป็นการพัฒนาต้นแบบชุดสาธิตเพื่อการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ด้วยแอลอีดีในแบบต่างๆ เพื่อถ่ายทอดให้ความรู้แอลอีดีกับกลุ่มนักศึกษาและกลุ่มชุมชนในท้องถิ่น มีข้อเสนอแนะการทำวิจัยต่อไปคือ ควรมีการส่งเสริมให้มีการวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเทคโนโลยีแอลอีดีขึ้นมาใช้งานภายในประเทศ โดยผลประโยชน์โดยตรงที่คาดว่าจะได้รับ คือ เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีแอลอีดีให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่จะใช้งานในท้องถิ่น ซึ่งสามารถลดการนำเข้าสินค้า อีกทั้งเป็นการส่งเสริมเศรษฐกิจภายในชุมชน และสามารถพัฒนาชุมชนเข้าสู่สังคมคาร์บอนต่ำ

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของ โครงการวิจัย เรื่องเทคโนโลยีแอลอีดีเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในชุมชน ซึ่งได้รับการสนับสนุนงบดำเนินการจาก งบประมาณแผ่นดิน 2559 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมายังผู้เกี่ยวข้อง ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2559). *รายงานคุณภาพพลังงานของประเทศ*

ไทย ปี พ.ศ. 2558., กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาธุรกิจการค้า. (2559) *คู่มือการพัฒนามูลค่าเพิ่ม (Value Creation Handbook).*

กระทรวงพาณิชย์ กรุงเทพฯ.

คิตชาย อุณหศิริกุล และ มธูรา อุณหศิริกุล. (2559). *เทคโนโลยีแอลอีดีเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในชุมชน.*, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี.

- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2559). *รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558*. กระทรวงพลังงาน. กรุงเทพฯ.
- Andrew Partridge. Using LED As A Light Sensor. (2016). [online] available :
<https://www.eeweb.com/extreme-circuits/using-led-as-a-light-sensor>
- Brian Clark Howard, William J.Brinsky, Seth Leitman. (2011). *Green Lighting : How Energy-Efficient Lighting Can Save You Energy and Money and Reduce Your Carbon Footprint*. McGraw-Hill.
- Craig DiLouie. (2006). *Advanced Lighting Controls : energy saving, productivity, technology and applications* Indian Trail Lilburn, The Fairmont Press.
- Forrest M.Mims III. (สืบค้นเมื่อ 30 มิถุนายน 2559) *An Inexpensive and Accurate Student Sun Photometer with Light-Emitting Diodes as Spectrally Selective Detectors*. [online] available:
<http://www.instesre.org/papers/Snowmass/MimsSnowmass.htm>.
- Haugh Jack. (2013). *Engineering Design, Planning and Management*. Waltham, Elsevier.
- J. David Neelin. (2011). *Climate Change and Climate Modeling*. Cambridge University Press.
- Patented US 7044672 B2. (2016). *Multiple Color LED and Ink Pen*. [online] available : www.google.com/patents/us7044672.
- Ron Lenk and Carol Lenk. (2011). *Practical Lighting Design with LEDs*. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, John Wiley & Sons.
- The Society of Light and Lighting. (2009). *The SLL Lighting Handbook*. 222 Balham High Road, London.
- Wikipedia, The free encyclopedia, (สืบค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2559) *Light emitting diode*, [online] available : <http://en.wikipedia.org/wiki/LED>.

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิท

Life Cycle Assessments of Quartz Crystal Unit Product

วรพันธ์ กันธิยะ(Woraphan Kantiya)¹ นัฐพร ไชยญาติ(Nattaporn Chaiyat)^{1*}

จุฑาภรณ์ ชนะถาวร(Juthaporn Chanataworn)¹, สุรัตน์ เศษโพธิ์(Surat Sedpho)²

วรัชมล เลิศจตุรานนท์(Wassamon Lertjaturanon)¹

¹วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

²วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา

*Email: benz178tii@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิท ที่ผลิตจากบริษัท เคียวเซระ คริสตัล ดีไวซ์ (ประเทศไทย) จำกัด โดยกำหนดขอบเขตของการประเมินวัฏจักรชีวิต ผลิตภัณฑ์แบบ เครเดิล ทู เกท จากข้อมูลการผลิตของบริษัทปี พ.ศ. 2560 และทำการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม 5 ด้าน ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ 30 y ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์ ที่ปริมาณ $1.31\text{E}+09$ kg 1,4 DB-eq รองลงมา คือ ภาวะโลกร้อน $5.70\text{E}+08$ kg CO₂-eq และเป็นผลกระทบจาก ภาวะฝนกรด $3.33\text{E}+07$ kg SO₂-eq พิษต่อระบบนิเวศน้ำบก $1.36\text{E}+05$ kg 1,4 DB-eq และการลดลงของชั้นโอโซน $7.01\text{E}+04$ kg CFC-11-eq ตามลำดับ ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ด้าน พบว่า สาเหตุหลักเกิดจากวัสดุก่อสร้างอาคารโรงงาน อันประกอบไปด้วย เหล็ก 40,381,125 kg และ ฟอสฟอรัส 56,107,200 kg ตามลำดับ

คำสำคัญ:การประเมินวัฏจักรชีวิต ควอตซ์ คริสตัล ยูนิท ความเป็นพิษต่อมนุษย์ ภาวะโลกร้อน ภาวะฝนกรด

Abstract

This research is the study of the life cycle assessments of the Quartz Crystal Unit product, which is produced from Kyocera Crystal Device (Thailand) Company Limited by setting the scope of the life cycle assessment in terms of cradle to gate from the 2017 operation data of company under the 5 environmental impacts and the life time at 30 y. From the study results, it could be seen that the most emission of the environmental impact is a human toxicity at $1.31\text{E}+09$ kg 1,4 DB-eq. The

second of the environmental impact is a climate change human health of $5.70\text{E}+08$ kg $\text{CO}_2\text{-eq}$, after that the impacts occur from a terrestrial acidification of $3.33\text{E}+07$ kg $\text{SO}_2\text{-eq}$, a terrestrial eco toxicity at 1.36 kg 1,4 DB-eq and an ozone depletion as $7.19\text{E}+04$ kg CFC-11-eq, respectively. From the analysis results, it could be found that the main effect comes from construction materials of factory, which consists of steel at 40,381,125 kg and concrete as 56,107,200 kg, respectively.

Keyword: Life cycle assessments, Quartz Crystal Unit, Human toxicity, Climate change human health, Terrestrial acidification

1. บทนำ

ปัจจุบันเรื่องขยะมูลฝอยถือเป็นปัญหาหลักที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน และเป็นปัญหาระดับชาติซึ่งประเทศไทยกำลังประสบกับปัญหาขยะล้นเมือง จากข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยของกรมควบคุมมลพิษที่ผ่านมา แนวโน้มของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่วประเทศไทยมีอัตราเพิ่มขึ้นในทุกปี ทั้งนี้ในปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นในประเทศไทยอยู่ที่ 27.06 Million Ton ซึ่งคิดเป็นอัตราการเกิดขยะมูลฝอย $1.14 \text{ kg/person}\cdot\text{day}$ สำหรับปัญหาขยะมูลฝอยในเขตนิคมอุตสาหกรรมทั่วประเทศ มีอัตราเพิ่มขึ้นเช่นกันดังนั้นเพื่อลดปัญหาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ภาวะโลกร้อน (Global Warming) การลดลงของชั้นโอโซน (Ozone Level Depletion) ภาวะฝนกรด (Acidification) ความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human Toxicology) พิษต่อระบบนิเวศบนบก (Terrestrial Eco toxicity) และ เอ็กเซอร์จีติก (Exergetic Life Cycle Assessment) ดังนั้นงานวิจัยนี้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ และประเภทผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในเขตโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นกระบวนการที่ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาครอบคลุมถึงกระบวนการผลิตและกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกันในรูปของวัตถุดิบและพลังงาน ซึ่งการประเมินนี้จะทำตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เลิศชัย (2553) ได้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของขวดแก้วบรรจุน้ำดื่มขนาด 500 ml พบว่าผลกระทบหลัก คือ ความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์มาจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบในการผลิตขวดแก้ว 98.71% เนตรชนากานต์ และเศรษฐ์ (2560) ได้ศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้า จากขยะเทศบาลด้วยระบบวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ขนาด 1 kWh พบว่า สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ $0.93 \text{ kg CO}_2\text{-eq}$ เจนจิรา พัทธวรารณ และ โชติมา (2557) ได้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของไส้กรองปลา กรณศึกษา พบว่ากระบวนการผลิตไส้กรองปลารมควันส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่ากับ $0.57 \text{ kg CO}_2\text{-eq}/250 \text{ g}$

ของผลิตภัณฑ์ สุรรัตน์ และคณะ (2559) ได้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตอิเล็กทรอนิกส์ โดยการดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนร่วมกับวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ที่จังหวัดแมฮ่องสอน พบว่าสามารถลดปริมาณขยะมูลฝอยที่จะนำไปฝังกลบลงได้ และลดการบริโภคทรัพยากรได้ถึง 79%

จากงานวิจัยที่กล่าวมาเบื้องต้น พบว่ายังไม่มีงานวิจัยใดที่ทำการศึกษาศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต ซึ่งเป็นที่มาของวิจัยนี้ ที่ต้องการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต ภายใต้ผลกระทบสิ่งแวดล้อม 5 ด้าน อันประกอบไปด้วย ความเป็นพิษต่อมนุษย์ ภาวะโลกร้อน ภาวะฝนกรด พิษต่อระบบนิเวศบนบก และการลดลงของชั้นโอโซน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment, LCA) มีผู้ให้นิยามของการประเมินวัฏจักรชีวิตไว้มากมาย ยกตัวอย่างดังนี้ “เป็นกระบวนการที่ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาครอบคลุมถึงกระบวนการผลิตและกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกันในรูปของวัตถุดิบและพลังงาน ซึ่งการประเมินนี้จะทำตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์อย่างละเอียด เช่น กระบวนการผลิต การบรรจุ การคัดแยก การบำรุงรักษา และการแปรรูปใช้ใหม่ รวมถึงกิจกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดยยึดหลักของระบบนิเวศ สุขอนามัย และการนำทรัพยากรมาใช้เป็นหลัก” ซึ่งถูกนิยามโดย สมาคมพิษวิทยาด้านสิ่งแวดล้อม และสารเคมี (Society of Environment Toxicology and Chemical, SETAC) “เป็นการเก็บรวบรวมและการประเมินค่าของสารขาเข้าและสารขาออก รวมถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต” ซึ่งถูกนิยามไว้ในอนุกรมมาตรฐาน ISO14040 โดยองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization, ISO) การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีความซับซ้อนกว่าเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เนื่องจากการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตไม่ได้มองเฉพาะการปล่อยสารพิษออกมาเพียงอย่างเดียว แต่ยังศึกษาถึงผลกระทบต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมของโลก เช่น การเกิดภาวะเรือนกระจกที่ส่งผลให้โลกร้อนขึ้น โดยการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตจะเน้นผลเชิงปริมาณของผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ และใช้ข้อมูลผลกระทบนั้นมาพิจารณาเพื่อกำหนดแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ของภาคอุตสาหกรรม และแนวทางการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของภาครัฐและภาคเอกชน รวมถึงใช้เป็นข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคการประเมินวัฏจักรชีวิตประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1. การบ่งชี้และระบุปริมาณของภาระทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดช่วงชีวิตของ ผลิตภัณฑ์ในทุกกิจกรรม (Environmental Loads)

2. การประเมินและหาค่าของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้น (Environmental Impacts) ในกระบวนการผลิต โดยลักษณะการเกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมสามารถแบ่งได้ 3 ส่วน อันประกอบไปด้วย วัสดุในการก่อสร้างอาคาร วัตถุดิบและพลังงานที่ใช้ในการผลิตต่าง ๆ และการรื้อถอนนำกลับมาใช้ใหม่

3. การประเมินหาโอกาสในการปรับปรุงสิ่งแวดล้อม

ซึ่งวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ISO 14040-14043 ได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานของการประเมินวัฏจักรชีวิตเป็น 4 ขั้นตอนหลักดังแสดงในภาพที่ 1 ส่วนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา การวิเคราะห์บัญชีรายการ การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม และการแปลผลวิเคราะห์ตามขั้นตอนวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ตามหน่วยการทำงาน (Functional Unit, FU) ซึ่งการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ การใช้งาน และการกำจัดซากหลังการใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมแสดงในสมการดังต่อไปนี้

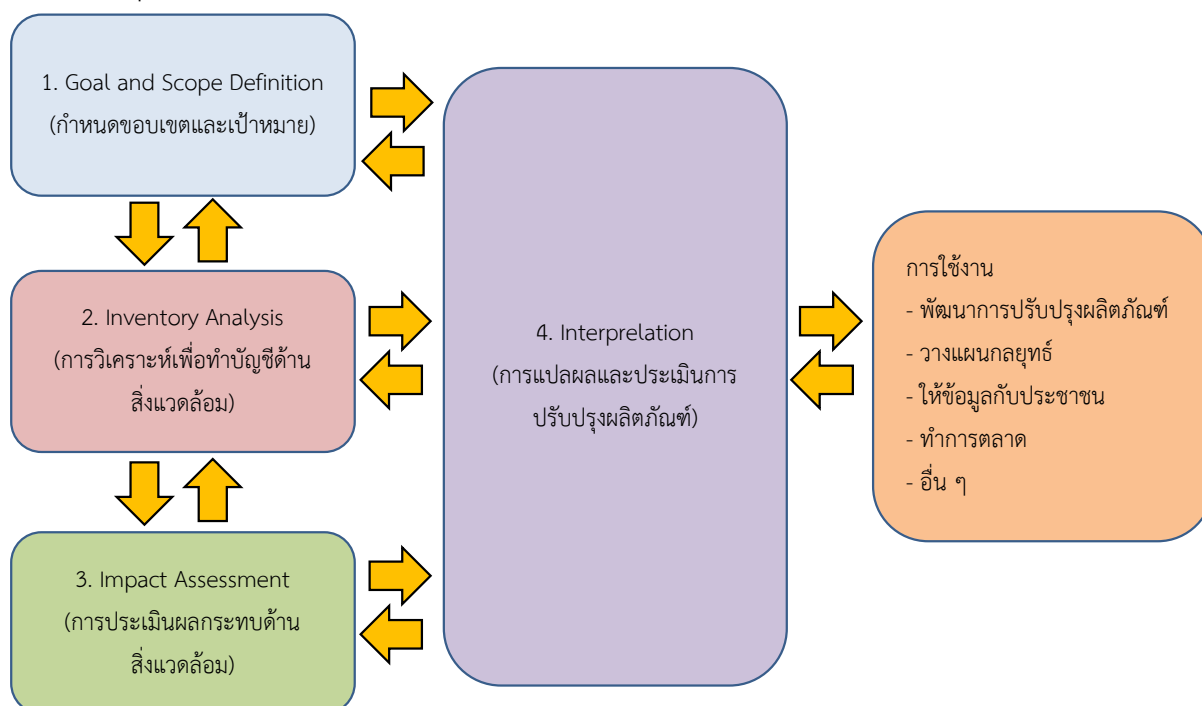
$$IC = \sum_i (A_i \times EF_i) \quad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ IC หมวดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (Impact Category)

A_i กิจกรรมต่าง ๆ (Unit)

EF_i ค่าแฟกเตอร์ของผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (kg 1,4 DB-eq/Unit, kg CO₂-eq/Unit, kg SO₂-eq/Unit, kg 1,4 DB-eq/Unit, kg

CFC-11-eq/Unit)

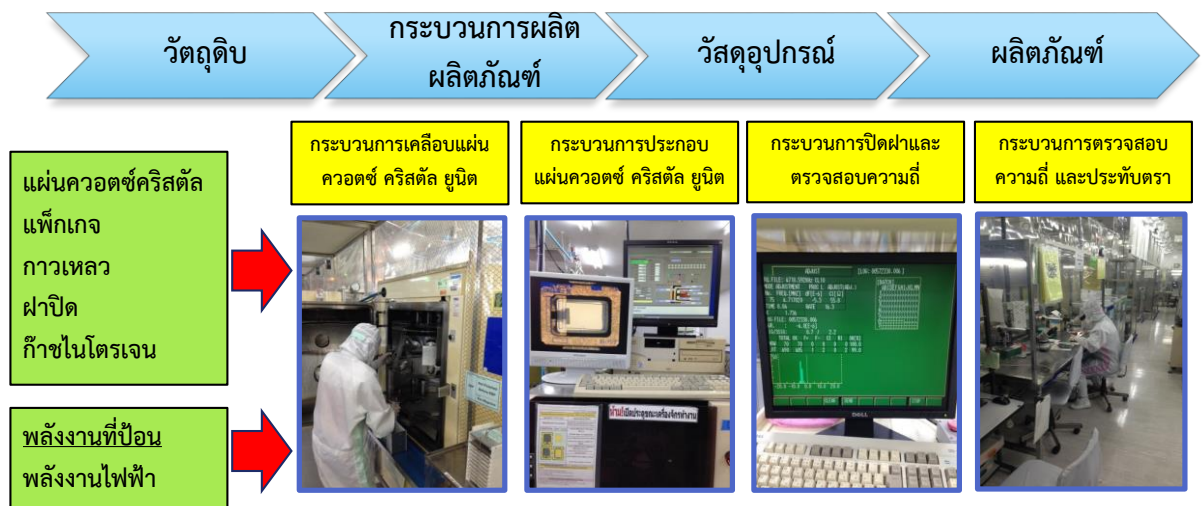


ภาพที่ 1 การดำเนินการประเมินวัฏจักรชีวิตตามอนุกรมมาตรฐาน 14040

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขอบเขตของการศึกษา คือ ทำการศึกษาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์แบบ เครเดิล ทู เกท (Cradle to Gate) โดยพิจารณาตั้งแต่การรับวัตถุดิบ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ วัสดุอุปกรณ์ จนถึงการได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ และการกำจัดซากทั้งนี้ไม่พิจารณาในส่วนการส่งออก

3.2 กำหนดเป้าหมาย คือ ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตตลอดทั้งผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์เอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต และหน่วยการทำงาน คือ ผลิตภัณฑ์เอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต จำนวน 1 Piece ซึ่งมีรายละเอียดในการศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต

3.3 จัดทำบัญชีรายการและเก็บข้อมูลของบริษัท เพื่อทำการประเมินผลกระทบต่าง ๆ ทั้ง 5 ด้าน คือ 1 ภาวะโลกร้อน kg CO₂-eq 2 การลดลงของชั้นโอโซน kg CFC-11-eq 3 ภาวะฝนกรด kg SO₂-eq 4 ความเป็นพิษต่อมนุษย์ kg 1,4 DB-eq และ 5 พิษต่อระบบนิเวศบนบก kg 1,4 DB-eq โดยใช้โปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 8.5.0 โดยวิธี ReCiPi Midpoint (H) หรือการวิเคราะห์ผลกระทบชั้นกลางแบบลำดับขั้น เพื่อหาปริมาณการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ด้าน

3.4 ทำการแปรผลและประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ของผลิตภัณฑ์เอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต จำนวน 1 Piece ว่าเกิดผลกระทบทั้ง 5 ด้าน ๆ ใดเกิดผลกระทบมากที่สุดเพื่อนำไปปรับปรุงและพิจารณาการแก้ไขปรับปรุงทางด้านสิ่งแวดล้อมต่อไป

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 จัดทำบัญชีรายการข้อมูลด้านวัสดุอุปกรณ์การก่อสร้างอาคารโรงงานของบริษัท โดยอาคารโรงงานมีอยู่ด้วยกัน 5 เฟส ซึ่งเฟสที่ 1-3 เป็นอาคารสำนักงาน กระบวนการผลิตรวมอยู่ใน

อาคารโรงงานเดียวกันมีขนาด 13,971 m² ส่วนเฟสที่ 4 เป็นโรงอาหาร สถานที่พักผ่อน และเฟสที่ 5 เป็นคลังสินค้าและการส่งออกมีขนาดพื้นที่รวมกัน 9,407 m² เป็นอาคารปูน โครงสร้างเหล็ก และหลังคาเป็นแผ่นเมทัลชีท โดยมีรายละเอียดของโรงงานแต่ละเฟสแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อาคารโรงงานบริษัท เคียวเซร่า คริสตัล ดีไวซ์ (ประเทศไทย) จำกัด

ชื่ออาคาร โรงงาน	รายละเอียดของพื้นที่	ขนาดพื้นที่ (m2)
เฟสที่ 1	สำนักงานและกระบวนการผลิต	6,985
เฟสที่ 2	กระบวนการผลิตลีด ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต	2,235
เฟสที่ 3	กระบวนการผลิตเอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต	402
เฟสที่ 4	โรงอาหารและสถานที่พักผ่อน	2,351
เฟสที่ 5	คลังเก็บสินค้าและการส่งออก	7,055

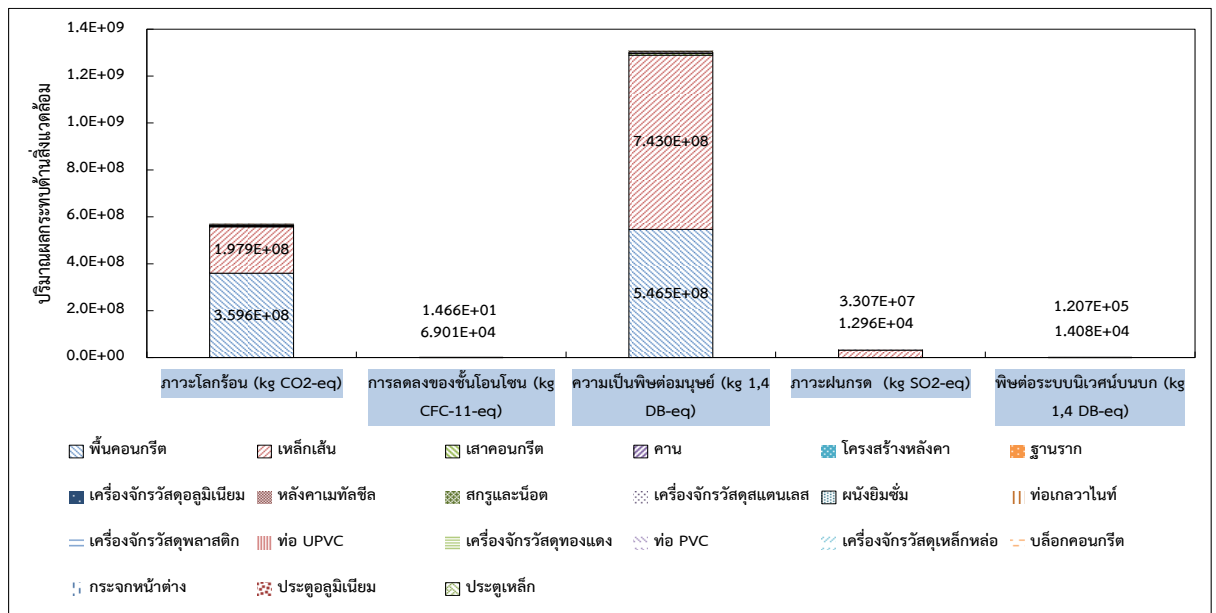
4.2 จัดทำบัญชีรายการข้อมูลผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากผลการสำรวจข้อมูลบริษัทได้ดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์หลักอยู่ 2 ผลิตภัณฑ์ได้แก่ อันดับที่ 1 เอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต (SMD Quartz Crystal Unit) คิดเป็น 86% และอันดับที่ 2 ลีด ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต (Lead Quartz Crystal Unit) คิดเป็น 14% ดังนั้นจึงเป็นที่มาและเหตุผลหลักที่ผู้ดำเนินงานวิจัยเลือกใช้ข้อมูลของผลิตภัณฑ์เอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต ในการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของงานวิจัยในครั้งนี้ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิตปี พ.ศ. 2560

เดือนที่ ผลิต	จำนวน (Million Piece)	
	ลีด ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต	เอสเอ็มดี ควอตซ์ คริสตัล ยู นิต
มกราคม	1.40	3.80
กุมภาพันธ์	0.81	4.30
มีนาคม	0.33	3.70
เมษายน	0.81	2.80
พฤษภาคม	0.84	3.60

มิถุนายน	0.84	3.30
กรกฎาคม	0.72	5.80
สิงหาคม	0.92	8.50
กันยายน	0.889	7.300
ตุลาคม	0.710	7.600
พฤศจิกายน	0.927	7.300
ธันวาคม	0.912	4.900

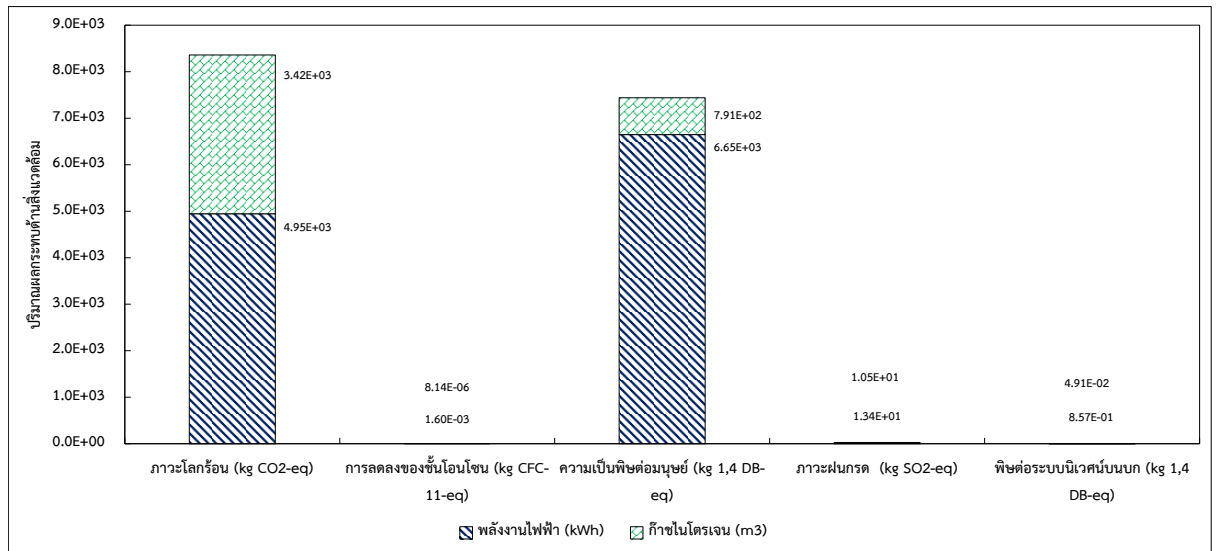
4.3 ผลการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของโครงสร้างอาคารโรงงาน โดยใช้โปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 8.5.0 หาปริมาณการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ด้าน ซึ่งผลกระทบที่ปลดปล่อยมากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์ $1.31\text{E}+09$ kg 1,4 DB-eq มาจากโครงสร้างเหล็ก $7.43\text{E}+08$ คิดเป็น 56.73% และพื้นคอนกรีต $5.46\text{E}+08$ คิดเป็น 41.72% รองลงมา คือ ภาวะโลกร้อน $5.70\text{E}+07$ kg CO₂-eq มาจากพื้นคอนกรีต $3.59\text{E}+08$ คิดเป็น 63.05% และโครงสร้างเหล็ก $1.97\text{E}+08$ คิดเป็น 34.96% รายละเอียดแสดงในภาพที่ 3



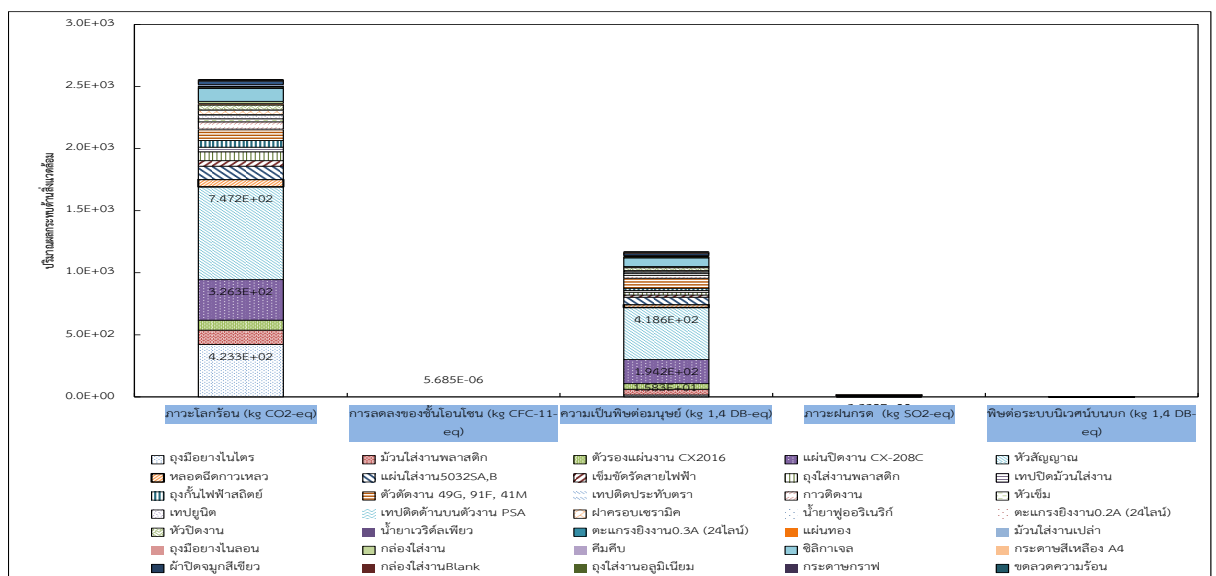
ภาพที่ 3 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในส่วนโครงสร้างอาคารโรงงานทั้ง 5 ด้าน

4.4 ผลการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ ซึ่งปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ภาวะโลกร้อน $1.09\text{E}+04$ kg CO₂-eq มาจากพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับกระบวนการผลิต $4.95\text{E}+03$ kg CO₂-eq คิดเป็น 45.32% ก๊าซไนโตรเจน $3.42\text{E}+03$ kg

CO₂-eq คิดเป็น 31.29% ฤงมีอย่างไนโตร 4.23E+02 คิดเป็น 3.87% รองลงมา คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์ 8.61E+03 kg 1,4 DB-eq มาจากพลังงานไฟฟ้าและก๊าซไนโตรเจนคิดเป็น 77.2% และ 9.19% ตามลำดับ โดยผลกระทบด้านการลดลงของชั้นโอโซนเกิดน้อยที่สุด 1.78E-04 kg CFC-11-eq ซึ่งรายละเอียดแสดงในภาพที่ 4 และ 5



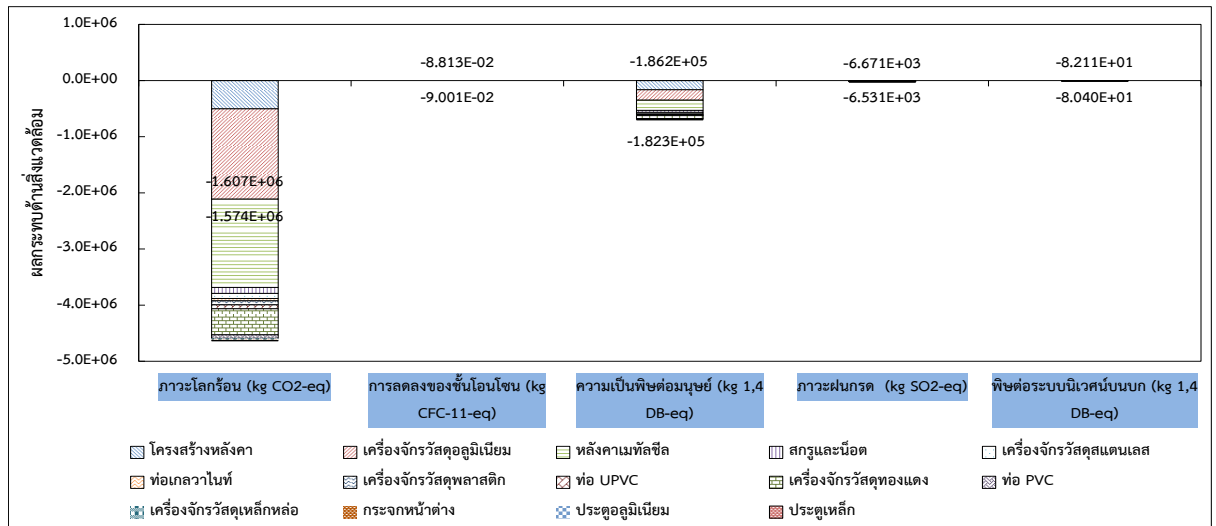
ภาพที่ 4 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในส่วนพลังงานไฟฟ้า และก๊าซไนโตรเจนทั้ง 5 ด้าน



ภาพที่ 5 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ในส่วนกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ด้าน

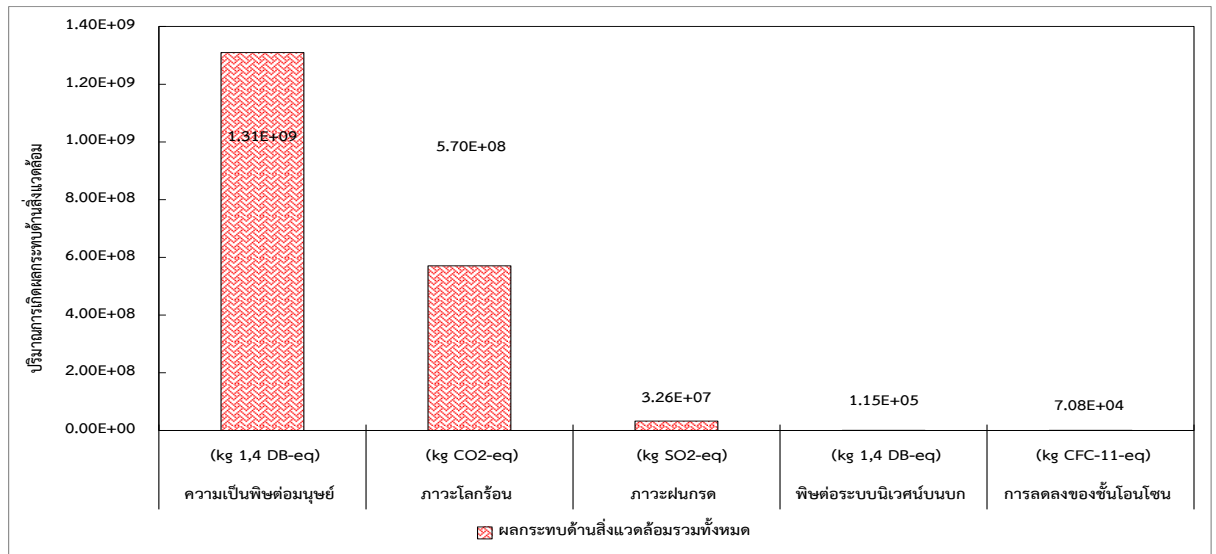
4.5 ผลการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อนำเอาวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างอาคารโรงงานบางชนิดกลับมาใช้งานใหม่ ซึ่งสามารถลดการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ภาวะโลกร้อน -4.63E+06 kg CO₂-eq มาจากการรีไซเคิลเครื่องจักรวัสดุอลูมิเนียม 34.69% หลังจาก

เมทัลชีล 33.96% รองลงมา คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์ -6.96×10^5 kg 1,4 DB-eq ภาวะฝนกรด -2.06×10^4 kg SO₂-eq พิษต่อระบบนิเวศน์บนบก -2.21×10^2 kg 1,4 DB-eq การลดลงของชั้นโอโซนช่วยลดผลกระทบน้อยที่สุด -2.22×10^2 kg CFC-11-eq มาจากโครงสร้างหลังคา 4.0% และน้อยที่สุดมาจากประตูเหล็ก 0.005% ซึ่งรายละเอียดแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในส่วนการนำกลับมาใช้ใหม่ ทั้ง 5 ด้าน

4.6 ผลรวมของการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ในส่วนวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างอาคารโรงงาน กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ และวัสดุอาคารโรงงานบางชนิดกลับมาใช้งานใหม่ ซึ่งผลการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นมากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์ 1.31×10^9 kg 1,4 DB-eq มาจากโครงสร้างอาคารโรงงานคิดเป็น 99.99% ในส่วนผลกระทบรองลงมาเป็นภาวะโลกร้อน 5.70×10^8 kg CO₂-eq ภาวะฝนกรด 3.26×10^7 kg SO₂-eq พิษต่อระบบนิเวศน์บนบก 1.15×10^5 kg 1,4 DB-eq และการลดลงของชั้นโอโซน 7.08×10^4 kg CFC-11-eq ซึ่งจากผลการประเมินตัวการหลักที่ทำให้เกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุดทั้ง 5 ด้านมาจากการก่อสร้างอาคารโรงงาน รายละเอียดแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ผลรวมของการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ด้าน

4.7 ผลการแปลผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ในการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ ครัวเรือน คริสตัล ยูนิท เป็นเวลา 30 y ระยะเวลาทำงาน 24 h/day หรือ 360 day/y มีสาเหตุหลักของการปลดปล่อยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ด้าน เกิดจากช่วงการก่อสร้างอาคารของโรงงาน อันประกอบไปด้วยวัสดุหลักจากเหล็ก 40,381,125 kg และพื้นคอนกรีต 56,107,200 kg ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การแปลผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต

ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม	ส่วนผลกระทบย่อย			ผลรวม	หน่วย
	โครงสร้าง1	ปฏิบัติการ2	การรีไซเคิล3	ปริมาณผลกระทบ	
ความเป็นพิษต่อมนุษย์	1.31E+09	8.61E+03	-4.63E+06	1.31E+09	kg 1,4 DB-eq
ภาวะโลกร้อน	5.70E+08	1.09E+04	-2.17E-01	5.70E+08	kg CO ₂ -eq
ภาวะฝนกรด	3.33E+07	4.11E+01	-6.97E+05	3.26E+07	kg SO ₂ -eq
พิษต่อระบบนิเวศน้ำบก	1.36E+05	1.72E+00	-2.07E+04	1.15E+05	kg 1,4 DB-eq
การลดลงของชั้นโอโซน	7.10E+04	1.78E-03	-2.22E+02	7.08E+04	kg CFC-11-eq

หมายเหตุ: ¹ส่วนโครงสร้างอาคารโรงงาน, ²ส่วนปฏิบัติการ, ³ส่วนการรีไซเคิล

5. สรุปผลงานวิจัย

จากการศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของงานวิจัยดังกล่าว สามารถสรุปเนื้อหาสำคัญได้ ดังนี้ในส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นพลังงานหลักในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ มีผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์เท่ากับ $6.65\text{E}+03$ kg 1,4 DB-eq รองลงมา คือ ภาวะโลกร้อนเท่ากับ $4.95\text{E}+03$ kg CO₂-eq ในส่วนการใช้ก๊าซไนโตรเจนมีผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ภาวะโลกร้อนเท่ากับ $3.42\text{E}+03$ kg CO₂-eq รองลงมา คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์เท่ากับ $7.91\text{E}+03$ kg 1,4 DB-eq และผลการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต แบ่งเป็น 3 กลุ่ม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. กลุ่มวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ก่อสร้างอาคารโรงงานมีการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์เท่ากับ $1.31\text{E}+09$ kg 1,4 DB-eq และรองลงมา คือ ภาวะโลกร้อนเท่ากับ $5.70\text{E}+08$ kg CO₂-eq

2. กลุ่มกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์มีการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม มากที่สุด คือ ภาวะโลกร้อนเท่ากับ $2.55\text{E}+03$ kg CO₂-e และรองลงมา คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์เท่ากับ $1.17\text{E}+03$ kg 1,4 DB-eq

3. กลุ่มรีไซเคิลโครงสร้างอาคารโรงงาน เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ช่วยลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม มากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์เท่ากับ $-4.63\text{E}+06$ kg 1,4 DB-eq และรองลงมา คือ ภาวะฝนกรดเท่ากับ $-6.97\text{E}+05$ kg SO₂-eq

4. ผลรวมของการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิตทั้งหมดมีการปลดปล่อยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ความเป็นพิษต่อมนุษย์เท่ากับ $1.31\text{E}+09$ kg 1,4 DB-eq และรองลงมา คือ ภาวะโลกร้อนเท่ากับ $5.70\text{E}+08$ kg CO₂-eq

5. สาเหตุหลักของการปลดปล่อยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้ง 5 ด้าน เกิดจากช่วงการก่อสร้างอาคารของโรงงาน อันประกอบไปด้วยวัสดุหลัก คือ เหล็ก $40,381,125$ kg และพื้นคอนกรีต $56,107,200$ kg

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และบริษัท เคียวเซรา คริสตัล ดีไวส์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ในการศึกษางานวิจัย ในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- เจนจิรา เปี่ยมดี, พัชรวรรณ สุขสร้อย และโชติมา โคตรพัฒน์. 2557. การประเมินวัฏจักรของไส้กรอกปลา กรณีศึกษา (Life Cycle Assessment of Fish Sausage, A Case Study), การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, 12-14 พฤศจิกายน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, ประเทศไทย.
- เนตรชนากานต์ สุนันดา และเศรษฐ์ สัมภัตตะกุล. 2560. การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลด้วยระบบวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ (Greenhouse Gases Evaluation of Power Generation Technology from Municipal Waste by Organic Rankine Cycle System), วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม, ปีที่ 1, ฉบับที่ 1 กรกฎาคม-ธันวาคม, เลขหน้า 1-14, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- เลิศชัย ศรีเฉลิม. 2553. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของขวดแก้ว โดยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Environmental Impact Evaluation of Glass Bottle Using Life Cycle Assessment), สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- รายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2559, กรมควบคุมมลพิษ (Pollution Control Department), ออนไลน์: www.deqp.go.th, เข้าถึงเมื่อ: 9 ธันวาคม 2560.
- อ้างอิงผลสำรวจข้อมูลจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั่วประเทศ โดยสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคและสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมและสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัด, ออนไลน์: www.mnre.go.th, เข้าถึงเมื่อ: 9 ธันวาคม 2560.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), Emission Factor. ออนไลน์: http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_822ebb1ed5.pdf, เข้าถึงเมื่อ: 20 กุมภาพันธ์ 2561
- IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Energy. Online://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html, Accessed: 9 December 2017.
- Surat S, Sate S, Nattaporn C and Shabbir H G. 2016. Conventional and Exergetic Life Assessment of Organic Rankine Cycle Implementation to Municipal Waste Management: The Case Study of Nae Hong Son (Thailand). Int J Life Cycle Assess 22: 1773-1784

8. รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย
A	Activity (Unit)
CC	Climate Change (kg CO ₂ -eq)
EF	Emission Factor (kg CO ₂ -eq/unit)
HT	Human Toxicology (kg 1,4 DB-eq)
IC	Impact Category (Unit)
OD	Ozone Level Depletion (kg CFC-11-eq)
TA	Terrestrial Acidification (kg SO ₂ -eq)
TE	Terrestrial Eco toxicity (kg 1,4 DB-eq)
อักษรย่อ	ความหมาย
i	Item
SMD	Surface Mounting Device

การศึกษาการนำยางเสื่อมคุณภาพ
ไปประยุกต์ใช้เพื่อเป็นส่วนผสมคอนกรีตสำหรับฝาท่อระบายน้ำ
A Application of Concrete Cover of Gutter using Recycled Rubber
as Fine a Ggregate Replacement Materials

รอหะนา สามะ^{1*} สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ² อนุวัฒน์ อรรถไชยวุฒิ³

สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

*Corresponding author. E-mail: rahanasama@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนมอร์ตาร์ผสมผงยางที่เหมาะสมสำหรับการทำฝาท่อระบายน้ำ โดยศึกษาอัตราส่วนการแทนที่มวลรวมละเอียดด้วยผงยางในสัดส่วนที่แตกต่างกัน โดยน้ำหนักและวิเคราะห์พฤติกรรมการรับกำลังอัด กำลังดัด กำลังดึงและราคาต้นทุนของตัวอย่างมอร์ตาร์ที่ผสมผงยางในสัดส่วนที่แตกต่างกัน และศึกษากำลังดัด ของฝาท่อระบายน้ำที่หล่อจากสัดส่วนที่เหมาะสมของมอร์ตาร์ผสมผงยาง

ผลการศึกษาพบว่าที่อัตราส่วนผงยางร้อยละ 8 เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุดทั้งในเรื่องของกำลังอัด กำลังดัด กำลังดึงของมอร์ตาร์และมีราคาต้นทุนของมอร์ตาร์ที่เหมาะสมที่สุด แม้ว่ามอร์ตาร์ผสมผงยางมีคุณสมบัติการเทได้ลดลง กำลังอัดของมอร์ตาร์ธรรมดาสูงกว่ามอร์ตาร์ผสมผงยางทุกสัดส่วนผสม กำลังดัดของมอร์ตาร์ธรรมดาสูงกว่ามอร์ตาร์ผสมผงยางทุกสัดส่วนผสมและกำลังดึงของมอร์ตาร์ธรรมดาสูงกว่ามอร์ตาร์ผสมผงยางทุกสัดส่วนผสมแต่ในด้านราคาต้นทุนมีความคุ้มค่ามากที่สุด และจากผลการทดสอบการรับแรงกระทำต่อพื้นผิวสัมผัสของฝาท่อระบายน้ำที่มีส่วนผสมของผงยาง 8% พบว่าฝาท่อระบายน้ำดังกล่าวสามารถรับแรงกระทำที่พื้นผิวสัมผัส 6,515.15 kg ซึ่งหากเปรียบเทียบกับฝาท่อระบายน้ำที่ไม่มีผงยางเป็นส่วนผสมพบว่าสามารถรับแรงกระทำที่พื้นผิวสัมผัส 7,404.98 kg ซึ่งมีความต่างในการรับแรงกระทำที่พื้นผิวสัมผัสเพียง 889.83 kg

คำสำคัญ: ฝาท่อระบายน้ำ ผงยาง มอร์ตาร์ คอนกรีต

Abstract

The purpose of this research is to study mortar ratios of tires powder mixture appropriate for Concrete Cover of Gutter by studying the ratios of fine aggregate replaced with tires powder Of ratios different by weight and analyze the

behavior of the compressive, bending, flexural strength and cost of mortar ratios of tires powder mixture in the different proportions.

It is found that mortar mix tires powder ratio at 8 percent is the best mortar ratio of the compressive, bending, flexural strength and appropriate cost. Although this mortar have low workability. The common compression or bending and flexural strength of mortar is the highest for all of mortar ratios tires powder mixture but in term of the cost is the best worthiness and From the test results, the force applied to the surface of the drain hose with the mixture of rubber powder 8% The drainage duct is capable of receiving a contact force of 6,515.15 kg. Compared to the drainage tube without rubber powder, the mixture can be applied at a contact surface of 7,404.98 kg. The impact surface is only 889.83 kg

Keywords: Gutter, tire powder, mortar, concrete

บทนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์ขนาดใหญ่ติดอันดับของโลก อุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์ของประเทศไทยมีการเติบโตอย่างรวดเร็วตามภาวะการขยายตัวของ ตลาดการซื้อขายรถยนต์ภายในประเทศ โดยประเทศไทยเป็นฐานการผลิตรถยนต์ชั้นนำระดับโลก อีกทั้งประเทศไทยยังเป็นแหล่งวัตถุดิบยางธรรมชาติจำนวนมาก ดังนั้นอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์จึงมีบทบาทที่สำคัญอย่างมากต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทย

การผลิตยางรถยนต์ในประเทศไทยเฉลี่ยปีละ 9,500,000 เส้น ในปี พ.ศ. 2559 มีแนวโน้ม การผลิตยางรถยนต์เพิ่มขึ้นเป็นอัตราร้อยละ 4.85 ซึ่งแบ่งเป็นการผลิตยางรถบรรทุก ยางรถโดยสาร ยางรถจักรยานยนต์ ยางรถจักรยาน เป็นต้น เมื่อมีอัตราการผลิตและการใช้ยางรถยนต์ในปริมาณมาก จึงทำให้มียางรถยนต์เหลือทิ้งในปริมาณมากคิดเป็นอัตราเฉลี่ยปีละ 85,000 ตันและปัญหาที่ตามมา คือการจัดการยางรถยนต์เหลือทิ้งที่เหมาะสม ซึ่งพบว่าประเทศไทยมีการนำยางเหลือทิ้งมาใช้ ประโยชน์เพียงปีละประมาณ 25,000 ตัน ดังนั้นยางรถยนต์เหลือทิ้งที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์มีจำนวนมาก ถึงปีละ 60,000 ตัน ซึ่งทำให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพประชาชน ซึ่งทำให้เกิดปัญหาด้าน สิ่งแวดล้อมและสุขภาพประชาชน ในพื้นที่ที่มีการจัดการยางรถยนต์เหลือทิ้งที่ไม่เหมาะสม การ จัดการยางสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การนำยางรถยนต์เหลือทิ้งใช้ผ่านกระบวนการเผาเป็นการนำ พลังงานความร้อนได้ไปใช้ในการต้มหรือนำไปปั่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การใช้ยางรถยนต์เหลือทิ้งเป็น เชื้อเพลิงแทนพลังงานจากถ่านหินหรือเชื้อเพลิงอื่น ในอุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์ เนื่องจากยางมี คุณสมบัติให้พลังงานความร้อนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอื่นๆ การหล่อดอกยางใหม่เป็นการ

ยืดอายุการใช้งานของยางแต่จะประสบปัญหาเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการเกาะพื้นผิวถนนและอายุการใช้งานที่สั้น นอกจากนี้ยังมีการนำยางรถยนต์เหลือทิ้งไปแปรรูปเพื่อประยุกต์ใช้ในโครงสร้างทางวิศวกรรม โดยบดให้เป็นเม็ดเล็กๆ และนำมาผสมกับแอสฟัลท์เพื่อใช้ในการปูถนนเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้ถนนมีการยึดหยุ่น ลดการแตกร้าว และยืดอายุการใช้งานของผิวถนน แม้ว่าจะสามารถนำยางรถยนต์เหลือทิ้งบางส่วนมาใช้ประโยชน์ได้แต่ก็ยังมียางรถยนต์เหลือทิ้งอีกจำนวนมากที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์และถูกทิ้งให้เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อม

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้ทำการศึกษาวิจัยการนำยางรถยนต์เหลือทิ้งไปประยุกต์ใช้ในโครงสร้างวิศวกรรม ในด้านการจัดการยางรถยนต์เหลือทิ้งเพื่อเป็นส่วนผสมคอนกรีตสำหรับฝาท่อระบายน้ำโดยการนำยางรถยนต์เหลือทิ้งที่บดละเอียดเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กมาใช้เป็นส่วนประกอบทดแทนทรายในอัตราส่วนที่หลากหลาย โดยพิจารณาคุณสมบัติของคอนกรีตที่ผสมจากการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตสดและการทดสอบคุณสมบัติเชิงกล ได้แก่ การรับกำลังอัด กำลังดัด และกำลังดึงเป็นต้น เพื่อทดสอบหาอัตราส่วนที่เหมาะสม สำหรับการทำฝาท่อระบายน้ำ เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่จะช่วยลดปริมาณยางรถยนต์เหลือทิ้งที่มีจำนวนมากและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในปัจจุบันได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมยางที่เหมาะสมสำหรับการหล่อฝาท่อระบายน้ำ
2. เพื่อเป็นแนวทางในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากยางเสื่อมสภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้จะคำนึงถึงการหาอัตราส่วนของยางเสื่อมคุณภาพที่บดละเอียดเพื่อมาทดแทนทรายละเอียดในอัตราส่วนที่เหมาะสม มาเป็นส่วนประกอบของคอนกรีตสำหรับการทำฝาท่อระบายน้ำ และการวิจัยนี้จะทดสอบและศึกษาพฤติกรรมการรับกำลังอัด กำลังดัดและกำลังดึง เมื่อมีผสมเป็นส่วนประกอบในคอนกรีตสำหรับการทำฝาท่อระบายน้ำด้วยวิธีการทดสอบคุณสมบัติเชิงกล ซึ่งผลการทดสอบและพฤติกรรมอาจจะแตกต่างจากสภาพจริงเนื่องจากคุณสมบัติของยาง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

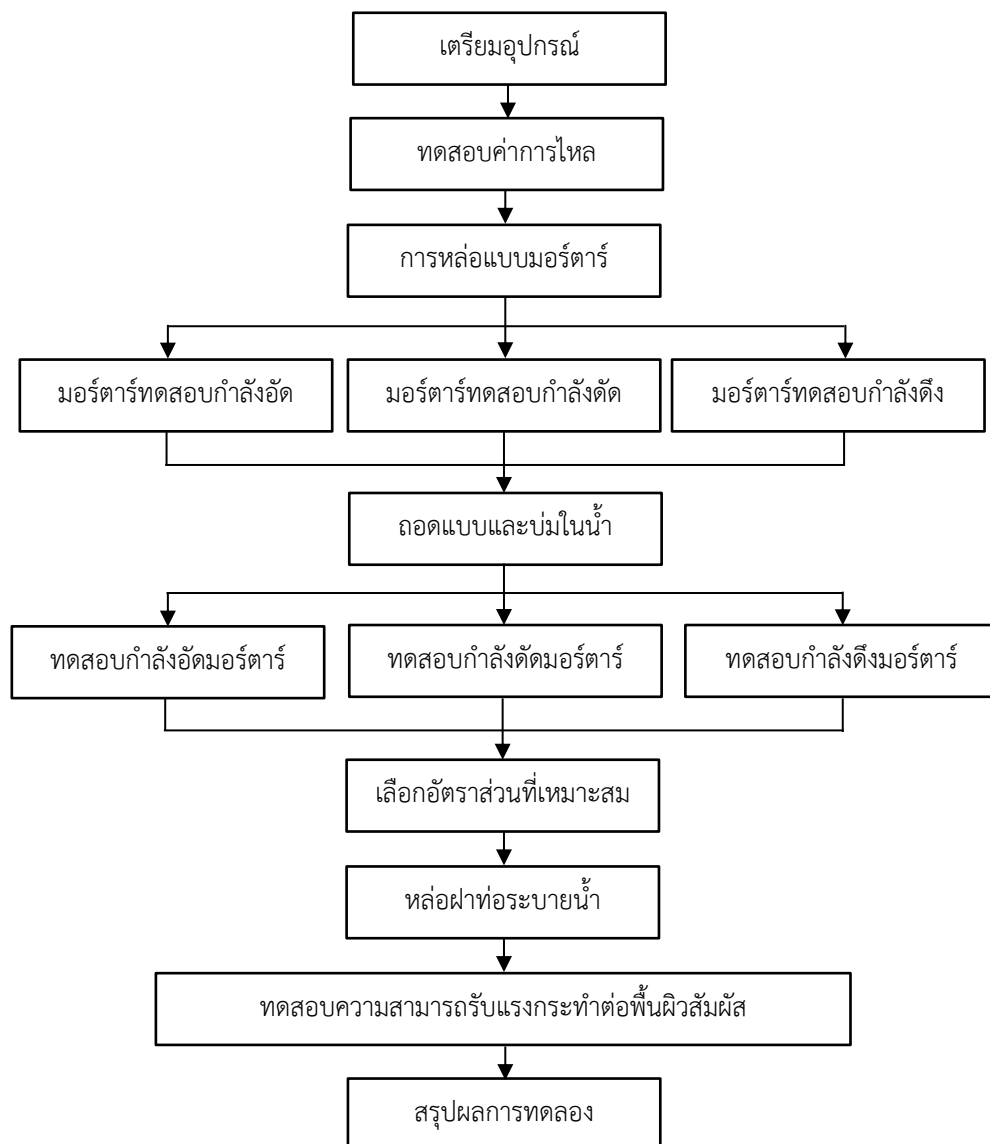
1. เครื่องทดสอบมอร์ตาร์ ADS 25/10ENT-3
2. เครื่องทดสอบเอนกประสงค์ UH-1000KNX
3. ตู้อบ (Oven)
4. เครื่องร่อนมวลรวมละเอียด

5. เครื่องผสมมอร์ตาร์
6. เครื่องผสมคอนกรีต
7. โต๊ะทดสอบการไหล (Flow Table)
8. แบบหล่อมอร์ตาร์ขนาด 4x4x16 เซนติเมตร
9. แบบหล่อมอร์ตาร์ขนาด 5x5x5 เซนติเมตร
10. แบบหล่อมอร์ตาร์รูปทรงปริเคต (Briguet)
11. แบบหล่อฝาท่อระบายน้ำ
12. ถาดโลหะทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส
13. ถาดโลหะทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า
14. ถังเปลงผสมปูน
15. ถังใส่น้ำ
16. เครื่องเป่าลม
17. ตะแกรงร่อนทราย (Sieve) มาตรฐานอเมริกัน
18. เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 0.01 กรัม
19. กระบอกตวงน้ำขนาด 2 ลิตร
20. กระบอกตวงน้ำขนาด 1 ลิตร
21. กระบอกตวงน้ำขนาด 0.2 ลิตร
22. ถ้วยโลหะ
23. ปีกเกอร์ (Beker) ขนาด 0.5 ลิตร
24. พลาสติกทรายขนาดใหญ่
25. พลาสติกทรายขนาดเล็ก
26. เกรียงใบโพธิ์
27. เกรียงไม้
28. เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร
29. แท่งกระทุ้ง (Temper)
30. เหล็กกระทุ้ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. (5/8 นิ้ว) ยาว 600 มม. (24 นิ้ว) ปลายเหล็ก
กระทุ้งเป็นรูปครึ่งทรงกลม
31. Slump Test
32. ไม้พายเกลี่ยมอร์ตาร์ในเครื่องผสมมอร์ตาร์
33. ถูมือยาง
34. น้ำมันเครื่อง

35. ฟองน้ำ
36. ดินน้ำมัน
37. ปากกาเมจิก

วิธีการทดลอง

งานวิจัยฉบับนี้สามารถสรุปขั้นตอนการทดลองได้ดังนี้



ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการทดลอง

อัตราส่วนผสมสำหรับหล่อมอร์ตาร์

ประเภทของ มอร์ตาร์	อัตราส่วนผสมและราคาต่อหน่วยของวัสดุ (kg)			
	ซีเมนต์	ทราย	ผงยาง	น้ำ
ผงยางร้อยละ 0	1.00	2.45	0.00	0.49
ผงยางร้อยละ 5	1.00	2.33	0.12	0.49
ผงยางร้อยละ 10	1.00	2.21	0.25	0.49
ผงยางร้อยละ 15	1.00	2.09	0.36	0.49

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมมอร์ตาร์

การเตรียมตัวอย่างกำลังอัด กำลังดัดและ กำลังดึงของซีเมนต์มอร์ตาร์

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.1 เตรียมอุปกรณ์และตัวอย่างแบบหล่อเพื่อทำการทดสอบ



ภาพที่ 2 การเตรียมอุปกรณ์และตัวอย่างแบบหล่อ

1.2 ใช้ฟองน้ำชุบน้ำมันเครื่องทาตัวอย่างแบบหลอมอร์ตาร์ขนาด 5x5x5 เซนติเมตร เพื่อป้องกันไม่ให้มอร์ตาร์ที่แข็งตัวแล้วติดแบบขณะที่ทำการถอดแบบหล่อ

1.3 บริเวณรอยต่อหรือมุมของแบบหล่ออาจมีรอยร้าว นำดินน้ำมันอุดรอยเพื่อ ป้องกันน้ำที่ผสมในมอร์ตาร์ไหลออกนอกแบบหล่อ

1.4 ปริมาณส่วนผสมที่ใช้สำหรับผสมมอร์ตาร์จำนวน 12 ตัวอย่าง ให้ชั่งน้ำหนัก ตามอัตราส่วนที่กำหนดในการทดลองใช้ปริมาณส่วนผสมสำหรับเตรียมตัวอย่างมอร์ตาร์จำนวน 12 ตัวอย่าง

1.5 ประกอบส่วนหม้อผสมและส่วนใบผสมที่แห้งให้เข้ากับเครื่องผสมมอร์ตาร์



ภาพที่ 3 การประกอบเครื่องผสมมอร์ตาร์

1.6 ใส่ น้ำที่เตรียมไว้ลงในเครื่องผสมมอร์ตาร์จนหมด

1.7 ใส่ปูนซีเมนต์ลงในเครื่องผสมมอร์ตาร์จนหมด เดินเครื่องผสมมอร์ตาร์เพื่อ ผสมปูนซีเมนต์และน้ำให้เข้ากันโดยอัตราเร็วต่ำ (140 ± 5 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 30 วินาที

1.8 หยุดเครื่องผสมมอร์ตาร์แล้วใส่ทรายและผงยางลงไปผสมกับปูนซีเมนต์และ น้ำในเครื่องผสมมอร์ตาร์ จากนั้นเปลี่ยนอัตราการผสมเป็นอัตราเร็วปานกลาง (280 ± 10 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 30 วินาที

1.9 หยุดการผสมและปล่อยมอร์ตาร์ทิ้งไว้เป็นเวลา 90 วินาทีและในระหว่าง 15 วินาทีแรกให้ทำการนำมอร์ตาร์ที่ติดอยู่ข้างหม้อผสมลงในหม้อ จากนั้นนำภาชนะมาปิดปากหม้อเพื่อ ป้องกันไม่ให้ความชื้นระเหยออกจากหม้อผสมจนครบเวลา 90 วินาที

2 การทดสอบหาค่าการไหล

2.1 เตรียมโต๊ะทดสอบการไหล ทำความสะอาดผิวหน้าของโต๊ะการไหลให้สะอาด และแห้งจากนั้นวางแบบทดสอบการไหลลงตรงกลาง

2.2 ตักมอร์ตาร์ใส่ในโตะทดสอบการไหลให้มีความสูงประมาณ 25 มิลลิเมตร และกระทุ้งด้วยไม้กระทุ้งของโตะทดสอบการไหลจำนวน 20 ครั้งให้ทั่วตลอดหน้าตัดเพื่อให้มอร์ตาร์มีความสม่ำเสมอในแบบ ไม่ต้องกระทุ้งแรงจนเกินไป

2.3 ตักมอร์ตาร์ชั้นที่ 2 ที่มีความสูงประมาณ 25 มิลลิเมตรและกระทุ้งมอร์ตาร์เช่นเดียวกับกระทุ้งชั้นที่ 1

2.4 เมื่อกระทุ้งเหล็กเสร็จแล้ว ใช้เกรียงใบโพธิ์ปาดผิวหน้าโดยการลากเกรียงผ่านด้านบนของแบบหล่อเพื่อนำมอร์ตาร์ส่วนเกินออก

2.5 หากมีน้ำไหลออกมาได้ฐานของแบบให้เช็ดน้ำออกและนำมอร์ตาร์ที่ตกค้างข้างแบบออกให้หมด

2.6 ยกแบบขึ้นในแนวตั้งอย่างช้าๆ เวลาที่ใช้ตั้งแต่ใส่มอร์ตาร์ลงแบบจนถึงเวลาที่ยกแบบออกจากผิวหน้าโตะทดสอบการไหลการไหลประมาณ 1 นาที

2.7 ภายหลังจากยกแบบออกจากมอร์ตาร์ให้ทำการหมุนโตะการไหล จำนวน 25 รอบ ภายในเวลา 15 วินาที ในขณะที่ทำการหมุนของโตะการไหลให้ยึดโตะการไหลให้แน่นอย่าให้มีการเคลื่อนตัวเพราะจะทำให้ค่าการไหลที่ทดสอบผิดพลาด

2.8 มอร์ตาร์ที่อยู่บนจานของโตะทดสอบการไหลจะแผ่ออกไปโดยเกือบเป็นวงกลม ใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของมอร์ตาร์จำนวน 4 ครั้งตรงตำแหน่งซึ่งมีมุมห่างกัน 45 องศา ซึ่งค่าอัตราการไหลที่วัดได้ เท่ากับ 17 เซนติเมตร

3 การหล่อมอร์ตาร์ลงแบบกำลังอัด การหล่อมอร์ตาร์ลงแบบกำลังอัด และการหล่อมอร์ตาร์ลงแบบกำลังตึง

3.1 หลังจากทดสอบค่าการไหลให้นำมอร์ตาร์ที่อยู่บนจานทดสอบใส่คืนเครื่องผสมมอร์ตาร์

3.2

นำมอร์ตาร์ที่ติดด้านข้างของเครื่องผสมไปกลางเครื่องผสมมอร์ตาร์และผสมมอร์ตาร์อีกครั้งเป็นเวลา 15 วินาที ด้วยอัตราปานกลาง ภายหลังจากการผสมเสร็จให้เขย่าใบกวนเพื่อให้มอร์ตาร์ที่ติดอยู่ตามใบกวนตกลงไปก้นเครื่องผสม

3.2 ในกรณีที่ต้องการผสมมอร์ตาร์ที่ใช้ผสมเดิมเพื่อหล่อตัวอย่างจำนวนมาก เพราะไม่สามารถผสมครั้งเดียวโดยใช้หม้อผสมใบเดียวให้ทำการผสมมอร์ตาร์โดยไม่ต้องทดสอบค่าการไหลแต่ต้องเป็นการผสมมอร์ตาร์อย่างต่อเนื่อง

3.3 ทำการหล่อมอร์ตาร์ทั้งหมดลงในแบบหล่อโดยใช้เวลาทั้งหมดในการหล่อลงแบบไม่เกิน 2 นาที 30 วินาทีภายหลังจากการผสมมอร์ตาร์เสร็จสิ้นเพื่อลดปัญหาการระเหยของน้ำออกจากส่วนผสม

3.4 ใช้เกรียงตักมอร์ตาร์ใส่แบบหล่อชั้นแรกโดยมีความหนาประมาณ 25 มิลลิเมตรซึ่งเป็นความหนาครึ่งหนึ่งของตัวอย่างมอร์ตาร์โดยใส่มอร์ตาร์ลงในแบบหล่อทุกแบบที่ต้องการหล่อ

3.5 กระทุ้งมอร์ตาร์ด้วยไม้กระทุ้งจำนวน 32 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่างในเวลา 10 วินาทีโดยแบ่งการกระทุ้งเป็น 4 รอบๆ ละ 8 ครั้งแต่ละรอบการกระทุ้งจะตั้งฉากซึ่งกันและกัน

3.6 ประมาณน้ำหนักที่ใช้กระทุ้งให้เพียงพอที่จะทำให้มอร์ตาร์มีความสม่ำเสมอในแบบหล่อดังนั้นจึงไม่ต้องกระทุ้งให้แรงจนเกินไป ให้ทำการกระทุ้ง 4 รอบ จำนวน 32 ครั้งให้เสร็จสิ้นในแต่ละตัวอย่างของมอร์ตาร์จากนั้นจึงเริ่มกระทุ้งตัวอย่างต่อไป

3.7 เมื่อกระทุ้งชั้นที่ 1 เสร็จสิ้นทุกตัวอย่างแล้วจึงใส่มอร์ตาร์ชั้นที่ 2 ซึ่งมีความหนาประมาณ 25 มิลลิเมตรจากนั้นทำการกระทุ้งมอร์ตาร์แต่ละตัวอย่าง 4 รอบ 32 ครั้ง เช่นเดียวกับกรณีของชั้นแรก (ดังนั้นแต่ละตัวอย่างจึงมีการกระทุ้ง 64 ครั้ง) ในแต่ละรอบของการกระทุ้งชั้นที่ 2 อาจมีมอร์ตาร์ล้นออกมานอกแบบขอบของแบบหล่อดังนั้นเมื่อเสร็จการกระทุ้งของแต่ละรอบให้ใช้นิ้วมือ (สวมถุงมือยาง) ดันมอร์ตาร์ที่ล้นออกมาเข้าไปในแบบจากนั้นจึงทำการกระทุ้งในรอบต่อไป

3.8 เมื่อเสร็จสิ้นการกระทุ้งแล้วมอร์ตาร์ควรมีความสูงกว่าขอบด้านบนของแบบหล่อเล็กน้อยให้ใช้มือดันมอร์ตาร์ที่ล้นแบบหล่อ (จากการกระทุ้งรอบสุดท้าย) เข้าไปอยู่ในแบบหล่อ ใช้เกรียงเหล็กเกลี่ยผิวหน้ามอร์ตาร์ให้เรียบและเสมอกับขอบแบบหล่อซึ่งทำได้โดยใช้ขอบเกรียงเหล็กวางในแนวเกือบตั้งฉากกับขอบแบบจากนั้นค่อยๆ เลื่อนเกรียงเหล็กในลักษณะของการเลื้อยไม้จะได้มอร์ตาร์ที่เรียบและสูงเสมอกับแบบหล่อ

4 การเก็บตัวอย่างทดสอบ

4.1 ภายหลังจากการหล่อตัวอย่างเสร็จแล้วให้นำตัวอย่างไปเก็บไว้ในห้องที่มีความชื้นไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ถ้าไม่มีห้องดังกล่าวอาจนำตัวอย่างไปแช่น้ำในขณะที่มีฝาปิด

4.2 เมื่อมอร์ตาร์มีอายุครบ 24 ชั่วโมง (นับจากปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำ) ถอดแบบหล่อออกเพื่อนำมอร์ตาร์ไปบ่มในน้ำ

5 การเตรียมตัวอย่างฟาทอระบายน้ำ

อัตราส่วนผสมสำหรับการหล่อฝาท่อระบายน้ำ

ประเภทของ ฝาท่อระบายน้ำ	อัตราส่วนผสม (kg)				
	ซีเมนต์	ทราย	ผงยาง	หิน	น้ำ
ยางร้อยละ 0	25	53.34	0.00	107.1	20
ผงยางร้อยละ 8	25	49.07	4.26	107.1	20

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมฝาท่อระบายน้ำ

5.1 ใส่ปูนซีเมนต์ ทราย และผงยางลงในเครื่องผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนที่กำหนด เดินเครื่องผสมคอนกรีตเพื่อให้ปูนซีเมนต์ทราย และผงยางให้เข้ากัน เป็นเวลา 30 วินาที

5.2 หยุดเครื่องผสมคอนกรีตใส่น้ำ 4/5 ตามอัตราส่วนที่กำหนด เดินเครื่องผสมคอนกรีตเพื่อให้ปูนซีเมนต์ ทรายและน้ำให้เข้ากัน เป็นเวลา 30 วินาที

5.3 หยุดเครื่องผสมคอนกรีตใส่หินตามอัตราส่วนที่กำหนด และใส่น้ำส่วนที่เหลือ เดินเครื่องผสมคอนกรีตเพื่อให้ส่วนผสมทุกอย่างเข้ากัน เป็นเวลา 3 นาที

5.4 หยุดเครื่องผสมคอนกรีตและนำคอนกรีตที่ได้มาทดสอบการยุบตัว (Slump Teste)

6 การทดสอบหาการยุบตัว (Slump Teste)

6.1 เตรียมอุปกรณ์สำหรับการทดสอบค่ายุบตัว (Slump Teste)

6.2 ตักคอนกรีตใส่ในอุปกรณ์ทดสอบการยุบตัวนำเหล็กกระทุ้งจนคอนกรีตเรียบเสมอกัน แล้วตักคอนกรีตใส่เพิ่มให้สูงกว่าอุปกรณ์ทดสอบเล็กน้อยทำการกระทุ้งอีกครั้ง และใช้เกรียงใบโพธิ์เกลี่ยจนเรียบ

6.3 ยกอุปกรณ์ขึ้นในแนวตั้งอย่างช้าๆ เวลาที่ใช้ตั้งแต่ใส่คอนกรีตลงแบบจนถึงเวลาที่ยกอุปกรณ์ทดสอบการยุบตัวประมาณ 1 นาที แล้วทำการวัดค่าการยุบตัวของคอนกรีต ซึ่งค่าการยุบตัวที่วัดได้เท่ากับ 8 เซนติเมตร

7 การนำคอนกรีตลงในแบบหล่อฝาท่อระบายน้ำ

7.1 เตรียมแบบหล่อฝาท่อระบายน้ำ

7.2 นำคอนกรีตทั้งหมดออกจากเครื่องผสมคอนกรีต

7.3 ใช้ถังน้ำตักคอนกรีตเทลงแบบหล่อฝาท่อระบายน้ำ 1/2 ของแบบหล่อใช้เกรียงไม้สับคอนกรีตเพื่อให้เรียบเสมอกัน

7.4 เพคอนกรีตลงในแบบหล่อฝาท่อระบายน้ำจนสูงกว่าแบบหล่อเหล็กน้อยใช้
เกรียงไม้สับคอนกรีตในส่วนที่สองจนเรียบเสมอกัน ใช้เกรียงไม้เกลี่ยคอนกรีตให้สูงเท่าแบบหล่อฝาท่อ
ระบายน้ำ

8 การเก็บตัวอย่างทดสอบ

8.1 ภายหลังจากการหล่อฝาท่อระบายน้ำเสร็จแล้ว ให้ทำการบ่มฝาท่อระบายน้ำ
นาน 28 วัน โดยการคลุมด้วยกระสอบและรดน้ำให้เปียกตลอดระยะเวลา 28 วัน

8.2 เมื่อฝาท่อระบายน้ำมีอายุครบ 28 วัน ทำการถอดแบบหล่อฝาท่อระบายน้ำ

วิธีการทดสอบ

1. การทดสอบกำลังอัดของซีเมนต์มอร์ตาร์

- ทดสอบการรับน้ำหนักของตัวอย่างมอร์ตาร์โดยวางตัวอย่างมอร์ตาร์ลงบนเครื่อง
ทดสอบให้อยู่ตรงศูนย์กลางเครื่องและให้แน่ใจว่าส่วนของแผ่นให้แรงที่ติดอยู่กับเครื่องทดสอบ
สามารถเคลื่อนไหวได้เมื่อปรับระดับให้เป็นระนาบขณะทดสอบ

- ให้น้ำหนักกดแก่ตัวอย่างมอร์ตาร์ด้วยอัตราลงที่ประมาณ 90-180 กิโลกรัมต่อนาทีจน
ตัวอย่างวิบัติและบันทึกค่ากำลังอัดของตัวอย่าง



ภาพที่ 4 การกดตัวอย่างมอร์ตาร์จนตัวอย่างวิบัติ

2. การทดสอบกำลังดัดของซีเมนต์มอร์ตาร์

- ทดสอบการรับน้ำหนักของตัวอย่างมอร์ตาร์โดยวางตัวอย่างมอร์ตาร์ลงบนเครื่อง
ทดสอบให้อยู่ตรงศูนย์กลางเครื่องและให้แน่ใจว่าส่วนของแผ่นให้แรงที่ติดอยู่กับเครื่องทดสอบ
สามารถเคลื่อนไหวได้เมื่อปรับระดับให้เป็นระนาบขณะทดสอบ

- ให้น้ำหนักกดแก่ตัวอย่างมอร์ตาร์ด้วยอัตราลงที่ประมาณ 260-280 กิโลกรัมต่อนาที
จนตัวอย่างวิบัติและบันทึกค่ากำลังดัดของตัวอย่าง



ภาพที่ 4 การกดตัวอย่างมอร์ตาร์จนตัวอย่างวิบัติ

3. การทดสอบกำลังดึงของซีเมนต์มอร์ตาร์

- ในกรณีที่ทำการทดสอบตัวอย่างมอร์ตาร์มากกว่า 1 ตัวอย่างขึ้นไปที่ยังอายุ 24 ชั่วโมงให้ใช้ผ้าชุบน้ำคลุมตัวอย่างที่รอการทดสอบจนกว่าจะได้ทดสอบโดยทดสอบตัวอย่างที่อยู่ในสภาพแห้ง (ขึ้น)

- ดึงตัวอย่างปริเคตด้วยอัตรา 260 – 280 กิโลกรัมต่อนาทีจนกระทั่งตัวอย่างปริเคตแยกออกจากกันและบันทึกค่ากำลังดึงของตัวอย่าง



ภาพที่ 5 การดึงตัวอย่างมอร์ตาร์จนตัวอย่างวิบัติ

4. การทดสอบความสามารถรับแรงกระทำต่อพื้นผิวสัมผัสของฝาท่อระบายน้ำ

- ทดสอบการรับน้ำหนักของฝาท่อโดยวางฝาท่อระบายน้ำลงบนซัพพอร์ตที่วางอยู่บนเครื่องทดสอบและให้แน่ใจว่าส่วนของแผ่นให้แรงที่ติดอยู่กับเครื่องทดสอบสามารถเคลื่อนไหวได้เมื่อปรับระดับให้เป็นระนาบขณะทดสอบ

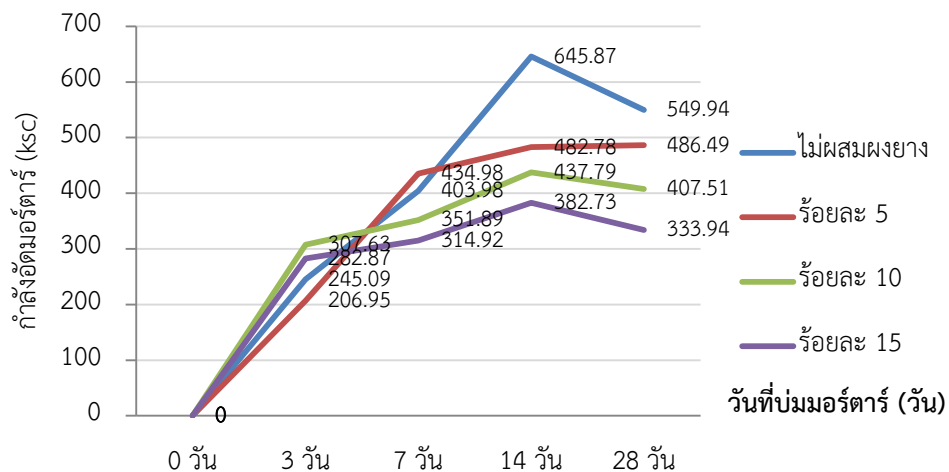
- ให้แรงกระทำกดฝาท่อระบายน้ำจนฝาท่อระบายน้ำแตกจนเห็นรอยร้าว



ภาพที่ 6 การกดฉาที่ระบายน้ำจนเกิดรอยร้าว

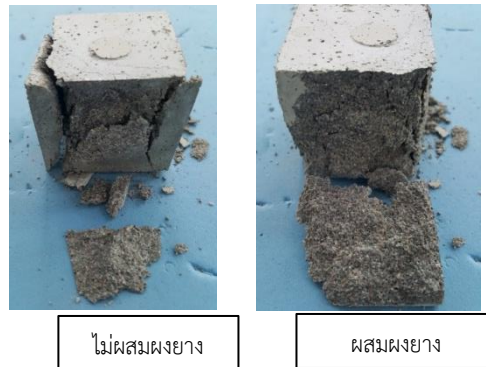
ผลการวิจัย

ผลการทดสอบการรับกำลังอัดของมอร์ตาร์ พบว่าค่ากำลังอัดของมอร์ตาร์ลดลงตามปริมาณ สัดส่วนผสมของผงยางที่เพิ่มขึ้นโดยมอร์ตาร์ธรรมดาที่มีค่ารับกำลังอัดสูงสุดคือ 645.87 กิโลกรัมต่อ ตารางเซนติเมตร มอร์ตาร์ผสมผงยางที่ใช้ผงยางแทนที่มวลรวมละเอียดร้อยละ 5 จะมีการรับกำลังอัด สูงสุดคือ 486.49 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มอร์ตาร์ที่ใช้ผงยางแทนที่มวลรวมละเอียดร้อยละ 10 จะมีการรับกำลังอัดสูงสุดคือ 437.79 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมอร์ตาร์ผสมผงยางที่ใช้ผงยาง แทนมวลรวมละเอียดร้อยละ 15 มีค่ากำลังอัดสูงสุดคือ 382.73 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร



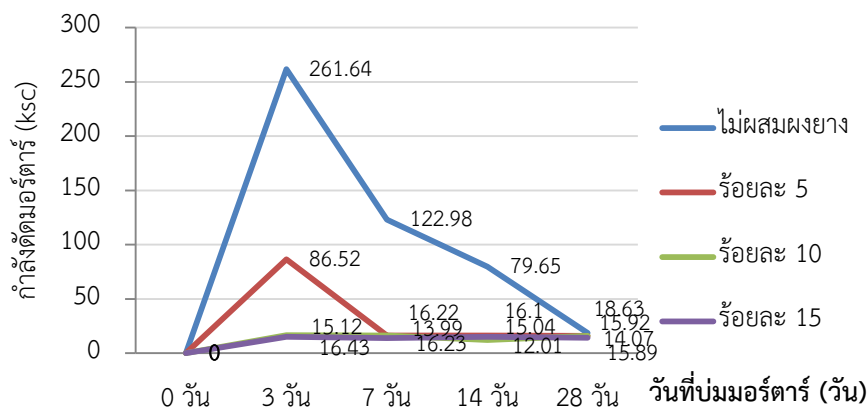
ภาพที่ 7 แผนภูมิเส้นเปรียบเทียบการรับกำลังอัดของมอร์ตาร์

มอร์ตาร์ผสมผงยางนั้นจะมีลักษณะการวิบัติรับแรงน้อยกว่ามอร์ตาร์ไม่ผสมยาง รวมถึงมีจำนวน รอยร้าวขนาดเล็ก (Micro Cracks) มากกว่า มอร์ตาร์ผสมยางมีช่วงวิบัติไม่รุนแรงและเป็นไปอย่าง ช้าๆ นั้นเป็นผลมาจากผงยางที่ผสมอยู่ในมอร์ตาร์มีความยืดหยุ่นช่วยลดซับพลังงานได้ในช่วงของการ วิบัติ



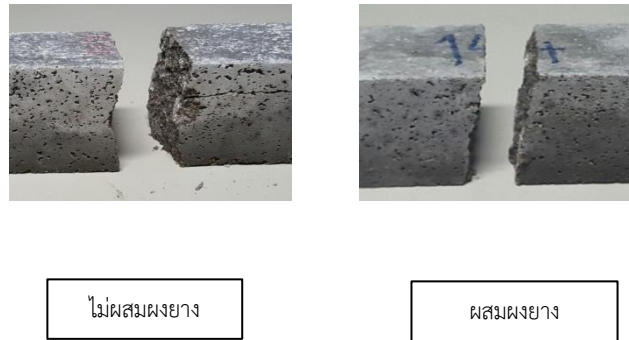
ภาพที่ 8 รูปแบบการวิบัติของมอร์ตาร์ที่ทดสอบกำลังอัด

ผลการทดสอบการรับกำลังอัดของมอร์ตาร์ พบว่าค่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ลดลงตามปริมาณสัดส่วนผสมของผงยางที่เพิ่มขึ้น โดยมอร์ตาร์ไม่ผสมยางมีค่ารับกำลังอัดสูงสุดคือ 261.64 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มอร์ตาร์ผสมผงยางที่ใช้ผงยางแทนที่มวลรวมละเอียดร้อยละ 5 จะมีค่ารับกำลังอัดสูงสุดคือ 86.52 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มอร์ตาร์ที่ใช้ผงยางแทนที่มวลรวมละเอียดร้อยละ 10 จะมีค่ารับกำลังอัดสูงสุดคือ 16.43 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมอร์ตาร์ผสมผงยางที่ใช้ผงยางแทนมวลรวมละเอียดร้อยละ 15 มีค่ารับกำลังอัดสูงสุดคือ 15.12 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร



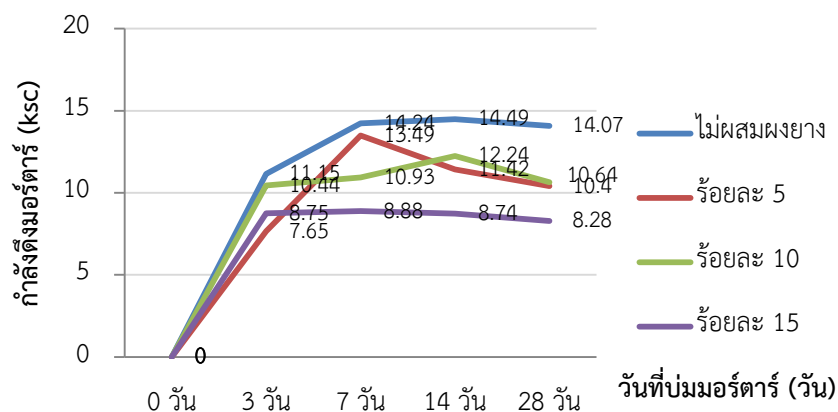
ภาพที่ 9 แผนภูมิเส้นเปรียบเทียบการรับกำลังอัดของมอร์ตาร์

มอร์ตาร์ผสมผงยางนั้นจะมีลักษณะการวิบัติรุนแรงน้อยกว่ามอร์ตาร์ไม่ผสมยาง มอร์ตาร์ผสมยางมีรอยแตกค่อนข้างเรียบ พฤติกรรมของมอร์ตาร์ในช่วงวิบัติไม่รุนแรงและเป็นไปอย่างช้าๆ นั้นเป็นผลมาจากผงยางที่ผสมอยู่ในมอร์ตาร์มีความยืดหยุ่นช่วยลดซับพลังงานได้ในช่วงของการวิบัติ



ภาพที่ 10 รูปแบบการวิบัติของมอร์ตาร์ที่ทดสอบกำลังดัด

ผลการทดสอบการรับกำลังดัดของมอร์ตาร์ พบว่าค่ากำลังรับแรงดัดของมอร์ตาร์ลดลงตามปริมาณสัดส่วนผสมของผงยางที่เพิ่มขึ้นโดยมอร์ตาร์ธรรมดามีค่ารับกำลังดัดสูงสุด คือ 14.49 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มอร์ตาร์ผสมผงยางที่ใช้ผงยางแทนที่มวลรวมละเอียดร้อยละ 5 จะมีค่ารับกำลังดัดสูงสุด คือ 11.42 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มอร์ตาร์ที่ใช้ผงยางแทนที่มวลรวมละเอียดร้อยละ 10 จะมีค่ารับกำลังดัดสูงสุด คือ 12.24 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมอร์ตาร์ผสมผงยางที่ใช้ผงยางแทนมวลรวมละเอียดร้อยละ 15 มีค่ารับกำลังดัดสูงสุด คือ 8.88 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร



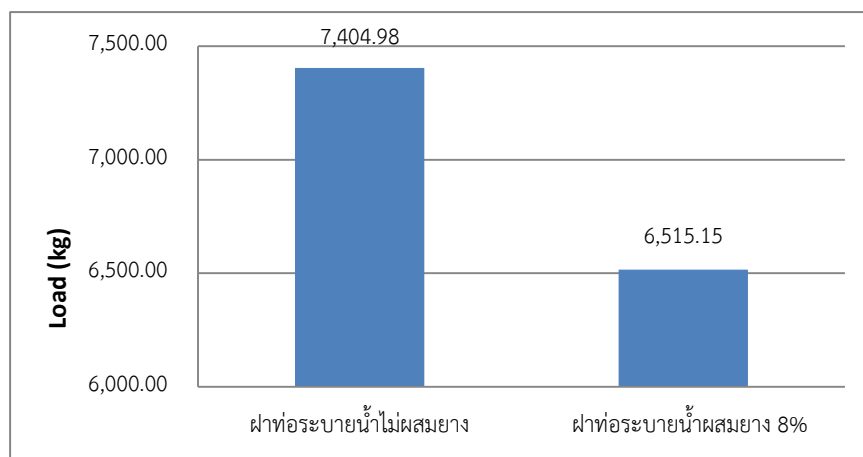
ภาพที่ 9 แผนภูมิเส้นเปรียบเทียบการรับกำลังดัดของมอร์ตาร์

มอร์ตาร์ผสมผงยางนั้นจะมีลักษณะการวิบัติรุนแรงน้อยกว่ามอร์ตาร์ไม่ผสมยาง พฤติกรรมของมอร์ตาร์ผสมยางในช่วงวิบัติไม่รุนแรงและเป็นไปอย่างช้าๆ นั้นเป็นผลมาจากผงยางที่ผสมอยู่ในมอร์ตาร์มีความยืดหยุ่นช่วยลดซับพลังงานได้ในช่วงของการวิบัติ



ภาพที่ 10 รูปแบบการวิบัติของมอร์ตาร์ที่ทดสอบกำลังดึง

ความสามารถในการรับแรงกระทำต่อพื้นผิวสัมผัสของฝาท่อระบายน้ำที่มีส่วนผสมของผงยาง 8% ลดลงจากฝาท่อระบายน้ำที่ไม่มีส่วนผสมของผงยาง โดยฝาท่อระบายน้ำที่มีส่วนผสมของผงยางสามารถรับแรงกระทำต่อพื้นผิวสัมผัส 6,515.15 kg และท่อระบายน้ำที่ไม่มีส่วนผสมของผงยางสามารถรับแรงกระทำต่อพื้นผิวสัมผัส 7,404.98 kg และการผสมผงยาง 8% เพื่อทดแทนทรายในการหล่อฝาท่อระบายน้ำทำให้ความสามารถรับแรงกระทำต่อพื้นผิวสัมผัสของฝาท่อระบายน้ำลดลงคิดเป็นร้อยละ 12.01 ของฝาท่อระบายน้ำไม่ผสมผงยาง



ภาพที่ 11 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบความสามารถรับแรงกระทำต่อพื้นผิวสัมผัสของฝาท่อระบายน้ำ

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการทดลองของมอร์ตาร์ที่ผสมผงยางในแต่ละอัตราส่วน พบว่ามอร์ตาร์ที่อัตราส่วนร้อยละ 8 เป็นอัตราส่วนผงยางที่เหมาะสม สำหรับหล่อฝาท่อระบายน้ำ

ฝาท่อระบายน้ำที่มีขนาด $0.70 \times 0.80 \times 0.15$ เมตร หากมีการใช้ผงยางทดแทนทราย 8% ใน 1 ฝาท่อจะมีการใช้ผงยาง 4.26 กิโลกรัม สามารถลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ (ทราย) จำนวน 4.26 กิโลกรัม/1 ฝาท่อระบายน้ำ และสามารถลดปริมาณของเสียที่เป็นมลพิษ (ยางรถยนต์เสื่อมสภาพ) จำนวน 4.26 กิโลกรัม /1 ฝาท่อระบายน้ำ

ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้ผลที่ได้เป็นเพียงข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นเกี่ยวกับแนวทางการนำผงยางมาใช้ในงานคอนกรีตสำหรับฝาท่อระบายน้ำโดยได้ศึกษาถึงคุณสมบัติเชิงกลและคุณสมบัติเชิงกายภาพเท่านั้น โดยยังไม่ได้นำหลักมาเป็นส่วนประกอบในการหล่อฝาท่อระบายน้ำ หากจะมีการนำผงยางมาประยุกต์ในการใช้งานจริงควรศึกษารายละเอียดและผลให้ชัดเจนก่อนที่จะนำมาใช้งาน จากการศึกษาเบื้องต้นเห็นได้ชัดแจ้งว่าการที่จะนำผงยางมาใช้เป็นส่วนผสมนั้นสามารถรับแรงกระทำต่อพื้นผิวสัมผัส $6,515.15 \text{ kg}$ แต่หากจะประยุกต์กับท่อระบายน้ำที่ต้องรับน้ำหนักของรถยนต์สำหรับบรรทุกสินค้าต้องมีการศึกษาที่ละเอียดและใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด การศึกษาและประยุกต์นำผงยางมาใช้เป็นส่วนผสมนั้นจึงควรทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม

ในการวิจัยครั้งนี้ผลที่ได้เป็นเพียงข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นเกี่ยวกับแนวทางการนำผงยางมาใช้ในงานคอนกรีตสำหรับฝาท่อระบายน้ำโดยได้ศึกษาถึงคุณสมบัติเชิงกลและคุณสมบัติเชิงกายภาพเท่านั้น โดยยังไม่ได้นำหลักมาเป็นส่วนประกอบในการหล่อฝาท่อระบายน้ำ หากจะมีการนำผงยางมาประยุกต์ในการใช้งานจริงควรศึกษารายละเอียดและผลให้ชัดเจนก่อนที่จะนำมาใช้งาน จากการศึกษาเบื้องต้นเห็นได้ชัดแจ้งว่าการที่จะนำผงยางมาใช้เป็นส่วนผสมนั้นสามารถรับแรงกระทำต่อพื้นผิวสัมผัส $6,515.15 \text{ kg}$ แต่หากจะประยุกต์กับท่อระบายน้ำที่ต้องรับน้ำหนักของรถยนต์สำหรับบรรทุกสินค้าต้องมีการศึกษาที่ละเอียดและใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด การศึกษาและประยุกต์นำผงยางมาใช้เป็นส่วนผสมนั้นจึงควรทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในด้านอื่นๆ อีกซึ่งผู้วิจัยขอเสนอแนวทางไว้สำหรับผู้สนใจที่จะทำการวิจัยเพิ่มเติม ดังนี้

- เมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อนูนซีเมนต์ (W/C) ที่เท่ากันการเพิ่มปริมาณผงยางมีผลต่อค่าการยุบตัวของคอนกรีตผสมผงยางมากทำให้ต้องใส่สารเคมีผสมเพิ่ม (Super plasticizer) ดังนั้นควรระมัดระวังเรื่องการเอนและการแยกตัวของคอนกรีต

- ควรมีการศึกษาวิจัยในด้านความทนทานของมอร์ตาร์ผสมผงยางในด้านอื่นๆ อีกเช่นคุณสมบัติด้านความทนทานต่อการกัดกร่อนของกรดและสภาพแวดล้อม

- ควรมีการศึกษาวิจัยในด้านการทนไฟของมอร์ตาร์ผสมผงยางเมื่อเกิดเพลิงไหม้

- ควรมีการศึกษาวิจัยในด้านแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตผสมผงยางกับเหล็กเสริมคอนกรีตและคุณสมบัติการยึดเกาะระหว่างพื้นผิวสัมผัสของผงยางกับซีเมนต์เพสต์
- ควรมีการศึกษาวิจัยในด้านการขยายตัวและหดตัวโดยเปลี่ยนค่าอัตราส่วนวัสดุประสานต่อมวลรวมหยาบ
- ควรมีการศึกษาวิจัยในด้านความสามารถต้านทานการเป็นสนิมของเหล็กในคอนกรีตที่ผสมผงยาง

เอกสารอ้างอิง

การยางแห่งประเทศไทย. 2560. ความเคลื่อนไหวราคายางชนิดต่างๆ. แหล่งที่มา :

<http://www.rubber.co.th/rubber2012/menu5.php>. 23 พฤษภาคม 2560

เฉลิมพล ไชยแก้ว. 2546. การศึกษาการใช้กากผงยางรถยนต์เก่าในคอนกรีตบล็อกปูผิวทางแบบอ่อน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

อัคร ประมปรีดี. 2540. คอนกรีตมีความยืดหยุ่นสูง. รายงานการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 3

นุชจรี ท้าวไชยชนะ และ รศ. ยรรยง ศรีสม. 2548. ยางรถยนต์กับสิ่งแวดล้อม. แหล่งที่มา :

<http://tdc.thailis.or.th/tdc/browse.php>. 17 มีนาคม 2560.

สมยศ วิวัฒน์พัฒน์พงศ์. 2549. คอนกรีตมวลเบาปานกลางผสมเม็ดยาง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สำนักงานตลาดกลางยางพาราจังหวัดนครศรีธรรมราช. 2560. วิเคราะห์สถานการณ์รายสัปดาห์ 15-19 พฤษภาคม 2560. แหล่งที่มา : <http://www.rubberthaiforward.com/index.php>. 23 พฤษภาคม 2560.

โกสีห์ เทียมลม. 2550. การศึกษาพฤติกรรมการขยายตัวและหดตัวแห้งของคอนกรีตมวลเบาปานกลางผสมเม็ดยาง. แหล่งที่มา : <http://tdc.thailis.or.th/tdc/browse.php>. 17 มีนาคม 2560.

Kathib Z.K. Bayomy F.M. Rubber Portland Cement Concrete. Journal of Material in Civil Engineering, 11, 3 (August 1999) : 206-213.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. 2542. เล่มที่ 24, เรื่องที่ 6 การผลิตปูนซีเมนต์

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. เล่มที่ 2 เรื่องที่ 5 อุตสาหกรรมซีเมนต์และคอนกรีต

คมกฤษร์โพธิ์. 2548. การนำเรซินเชื่อมสภาพจากโรงงานน้ำตาลมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างประเภทมวลเบา
ทงศ์ศักดิ์ โนโซยา. 2550.การพัฒนาปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าลอยเพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง
สมชาย สระบัว และเพลินพิศ ปานแก้ว. 2550. คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินทรายผสมเศษยาง
รถยนต์เก่าและซีเมนต์. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12
อรรถกร เก่งพล และธิดารัตน์ สลักคำ. กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจในการนำชิ้นส่วน
ยานยนต์ไปใช้ใหม่หลังหมดอายุการใช้งาน: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมยางยนต์.วารสารวิชาการ
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 21 ฉบับที่ 1 ม.ค.-เม.ย. 2554

การพัฒนารูปแบบ และเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จักสานจากใบตองแห้ง

Design development and value added of the basketry products from banana dried leaf

รพีพัฒน์ มั่นพรม(Raphiphat Monphrom)* นัฐธีรนนท์ รอดชื่น(Nattheeranon Rodchuen)

และ ยุวดี ทองอ่อน(Yuwadee Thong-on)

สาขาวิชาการออกแบบ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

*Corresponding author. E-mail: raphiphat@nsru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของใบตองแห้งจากกล้วยแต่ละสายพันธุ์ และเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค และเผยแพร่ผลงานในวารสารวิชาการ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จักสานจากใบตองแห้ง โดยการพัฒนาเครื่องควั่นเกลียวและการย้อมสี

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษา ค้นคว้า รวบรวมข้อมูล เอกสาร สัมภาษณ์จากปราชญ์ชุมชนกลุ่มผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง ตำบลอ่างทอง อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ ศึกษาและการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ จากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละศาสตร์ ตลอดจนทำการอบรมเชิงปฏิบัติการต่อผู้ผลิต นักศึกษาและผู้สนใจ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์และแบบประเมินความพึงพอใจ การสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ และด้านการตลาด โดยนำเสนอแบบร่างเพื่อพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์ จำนวน 4 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 เครื่องประดับร่างกาย รูปแบบที่ได้รับการคัดเลือก ได้แก่ ชุดต่างหู สร้อยคอ และสร้อยข้อมือที่เน้นการออกแบบสมัยใหม่ ใช้รูปทรงสามเหลี่ยมของวัสดุเงิน ติดบนแผ่นใบตองทอลายสีธรรมชาติ ชุดที่ 2 ชุดเครื่องใช้ตกแต่งบ้าน รูปแบบที่ได้รับการคัดเลือก ได้แก่ ชุดแจกัน โคมไฟ และที่ใส่ของ เน้นการออกแบบที่ใช้การทอใบตองแห้งเป็นผืนจากเครื่องทอลาย แล้วนำมาประกอบกับโครงไม้ ซึ่งฉลุลายไม้เป็นลักษณะลายไทยประยุกต์ ชุดที่ 3 ชุดของใช้ รูปแบบที่ได้รับการคัดเลือก ได้แก่ กระเป๋า 3 ใบชุด ผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งโดยใช้การทอเป็นผืนจากเครื่องทอลาย ผสมผสานกับงานเครื่องหนัง เน้นการออกแบบสมัยใหม่ และชุดที่ 4 ชุดผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหาร รูปแบบที่ได้รับการคัดเลือก ได้แก่ ชุดกล่องทิชชู ที่รองแก้ว ที่รองจาน เน้นการออกแบบแนววินเทจ

ผลของการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน และกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค จำนวนผู้เข้ารับการอบรม 60 คน จากกลุ่มผู้ผลิต นักศึกษาและผู้

สนใจ ผลรวมของความพึงพอใจในทุกด้าน อยู่ในระดับมีความพึงพอใจมาก เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้

คำสำคัญ: การพัฒนา การเพิ่มมูลค่า ผลิตภัณฑ์จักสานใบตองแห้ง

Abstract

The purpose of this research was to study the properties of the kind banana dried leaves. And to develop products from dried bananas that, and to develop products from dried bananas that have been accepted by consumers. And publish the works in academic journals. As part of the research of the value added products woven from banana dried leaves by developing a stranded helix and staining.

The research was conducted to collect data from interviews with community sorority products from banana dried leaves in Angthong District, Banphotphisai. Nakhon Sawan Province Education and Product Development From the experts in each science. The workshop is organized by the manufacturer. Students and interested persons the instruments used in this study were interview form and satisfaction evaluation form product creation and marketing. Presented there are too developed from prototypes, namely the first of set there is body jewelry, selected models include earrings, necklaces and bracelets that emphasize modern design. Take the triangle shape of the silver material. Decorated on the leaves of natural color. The second of sets there are home décor, selected models are set of vases, lanterns and putty. The emphasis is on the design of the weaving of dry banana leaves from the machine. Then put together with wooden frames. The third of set they chosen models there are three bags, made from banana dried leaves, woven from woven fabric combined with leather work. Focus on modern design and four design of tableware. The selected models are Tissue Boxes, Coaster Mugs, and Vintage Design Pads.

Effects of technology transfer on community. And the process of developing products from dried banana leaves that have been accepted by consumers. Number of participants sixty people there are students and interested persons, sum of satisfaction in all aspects at the level of satisfaction, compared to the criteria set.

Keywords: development, value added, the basketry products from banana dried leaf

บทนำ

การพัฒนาเทคโนโลยี การวิจัย และนวัตกรรม เป็นพลังขับเคลื่อนการปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้เติบโตอย่างมีคุณภาพและยั่งยืน เน้นการนำความคิดสร้างสรรค์ ภูมิปัญญาท้องถิ่น ทรัพยากรทางปัญญา วิจัยและพัฒนาต่อยอด ถ่ายทอด และประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ทั้งเชิงพาณิชย์ สังคม และชุมชน สิ่งเหล่านี้เป็นยุทธศาสตร์ของการปรับโครงสร้างเศรษฐกิจสู่การเติบโตอย่างมีคุณภาพและยั่งยืน ของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติปัจจุบัน ฉบับที่ 12 (2560-2564) ที่ให้ความสำคัญกับการพัฒนาองค์ความรู้และต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์เชิงพาณิชย์และสาธารณะ เพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน แนวโน้มในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม มุ่งเน้นให้ทุกภาคส่วนมีส่วนร่วมในการพัฒนาประเทศ เพื่อให้ประชาชนมีความมั่นคง ปัจจุบันสถานการณ์ทางการเมือง เศรษฐกิจ และสังคม ตลอดจนเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วทุกวัน ดังนั้น ผู้ประกอบการ ห้างร้าน หรือกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่มีการกระจายตัวอยู่ในทุกภูมิภาค ต้องเร่งเรียนรู้และสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ หรือนำเสนอภูมิปัญญาท้องถิ่น เอกลักษณ์ วัฒนธรรม และความงดงามของไทย ที่มีความน่าสนใจ เพื่อเป็นการสร้างงานสร้างอาชีพและสร้างรายได้

กล้วย เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย (เบญจมาศ ศิลาชัย. 2545.) และเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกมากอย่างหนึ่งของจังหวัดนครสวรรค์ กล้วยสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วนถ้าไม่นับด้านการนำมาบริโภคแล้ว ใบกล้วยหรือที่เรียกว่าใบตองสามารถนำมาสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ต่างๆได้ทั้งแบบใบตองสด และใบตองแห้ง ทั้งในรูปแบบของภาชนะ ของเล่น ของตกแต่ง หรือ ผนวกกับภูมิปัญญาการจักสาน การถักจนสามารถนำมาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความละเอียดและสวยงาม กลุ่มผลิตภัณฑ์ใบตองแห้ง ตาบ่อ่างทอง อ้าเกอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ เป็นกลุ่มที่เข้มแข็งรวมตัวกันเพื่อสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง ในรูปแบบต่างๆ ปัญหาหลักที่พบ คือ รูปแบบของผลิตภัณฑ์ยังไม่หลากหลาย ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคยังไม่ครบถ้วน ทุกกลุ่มวัย ดังภาพที่1



ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์เดิมจากใบตองแห้ง ตำบลอ่างทอง อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์

จากประเด็นดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนารูปแบบใบตองแห้งจากกล้วยแต่ละสายพันธุ์ ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคและถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน โดยเน้นไปที่ของใช้ ของประดับ และตกแต่ง ที่สร้างอาชีพและรายได้ให้กับชุมชน อีกทั้งยังเป็นแนวทางการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ให้กับชุมชนอื่นในเขตพื้นที่ที่มีทรัพยากรกล้วยเป็นจำนวนมากได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของใบตองแห้งจากกล้วยแต่ละสายพันธุ์
2. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงานการวิจัยใช้ 3 กรอบแนวคิดเป็นหลักร่วมกัน กรอบแนวคิดแรกใช้แนวคิดด้านภูมิปัญญาพื้นบ้าน กรอบแนวคิดที่สองนำแนวคิดการพัฒนารูปแบบ และกรอบแนวคิดที่สามต้องการให้ชุมชนมีส่วนร่วมในกระบวนการงานวิจัยกับการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ โดยมีการดำเนินการ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การดำเนินงานการวิจัยการพัฒนารูปแบบ และเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จักสานจากใบตองแห้ง

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษา สัมภาษณ์และรวบรวมข้อมูลหลักฐาน ภาพถ่าย รวมถึงการสัมภาษณ์ปราชญ์ชาวบ้าน สัมภาษณ์ช่างของแต่ละพื้นที่ จากท้องถิ่น นำมาพัฒนาสร้างสรรค์รูปแบบงานให้เกิดคุณค่าและประโยชน์สูงสุด

ขั้นตอนที่ 2 สร้างแนวคิด จาก 3 แนวคิดหลัก มีดังนี้ แนวคิดที่ 1) ภูมิปัญญาพื้นบ้าน, แนวคิดที่ 2) พัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์, แนวคิดที่ 3) เรื่องการมีส่วนร่วมของชุมชนและนักศึกษาในท้องถิ่น

ขั้นตอนที่ 3 ทำการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ในชุมชน โดยนักศึกษาและชุมชนมีส่วนร่วม

ขั้นตอนที่ 4 ประเมินผลการพัฒนารูปแบบ ผ่านกระบวนการออกแบบ และผลิตต้นแบบชิ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยนักศึกษาและชุมชนมีส่วนร่วม

ขั้นตอนที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน

การวิจัยการพัฒนารูปแบบ และเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จักสานจากใบตองแห้ง ทำการศึกษา รวบรวมข้อมูลจากปราชญ์ชาวบ้านต่างๆ และนักวิชาการที่มีอยู่ในท้องถิ่นจังหวัดนครสวรรค์ และจากการศึกษาค้นคว้าพบว่าผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งดั้งเดิมมีน้ำหนักค่อนข้างมาก กลุ่มผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลภูมิปัญญาพื้นบ้านเหล่านั้นมาประยุกต์ เพื่อสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์โดยคำนึงถึงน้ำหนัก เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยเครื่องมือ แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ เครื่องบันทึกภาพนิ่งในเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง จะมีใบตองแห้งเป็นส่วนที่นำมาใช้สร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์และมีวัสดุอื่นๆเป็นส่วนประกอบและตกแต่ง เพื่อเพิ่มมูลค่า และความงามให้กับผลิตภัณฑ์

กลุ่มผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง ตั้งอยู่ที่ 13/3 หมู่ที่ 2 ตำบลอ่างทอง อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ หัวหน้ากลุ่ม คือ นางอุบล พิลึก มีสมาชิกกลุ่มทั้งสิ้นจำนวน 25 คนปัจจุบันโดยเริ่มแรก นางอุบล พิลึก ได้ไปฝึกวิธีการทำจาก นางแดงอ่อน แก่นักดี ผู้เป็นครู ที่อยู่บ้านหนองแคน ตำบลดอนจาน อำเภอกาฬสินธุ์ ได้สืบทอดกันมาจากบรรพบุรุษ โดยฝึกเรียนรู้วิธีที่เรียกว่า ฟั่นหรือควั่น เป็นการเอาใบตองฉีกให้เป็นเส้น แล้วใช้มือฟั่นลงบนหน้าขาให้เกิดเป็นเส้นเล็กๆ สมัยก่อนชาวบ้านจะฟั่นเส้นใบตองแล้วให้เป็นเชือก เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่น ใช้ผูกมัดสิ่งของ ผูกระหว่างควายกับคันไถ ที่เรียกว่า คร่าว ครอบคร่าวในชนบทจึงมีประสบการณ์ด้านการฟั่นเชือก วิธีการนี้จึงนำมาทดลองกับใบตองกล้วยฉีกให้เป็นเส้นเล็กๆ ใช้มือฟั่นลงบนบริเวณหน้าขา จากนั้นนำมาถักเปียและเย็บขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆ

ผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง มีลักษณะโดดเด่น คือ เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำมาจากวัสดุธรรมชาติที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์แล้ว นำมาฟั่นหรือควั่น ถักเปียและเย็บต่อกันขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ มีความคงทน ผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งจังหวัดนครสวรรค์นั้น สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. ประเภทผลิตภัณฑ์ของใช้ ประดับและตกแต่งร่างกาย
2. ผลิตภัณฑ์ของใช้สอยทั่วไป ประดับและตกแต่ง
3. ผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก

การพัฒนาสร้างสรรค์รูปแบบที่นำมาใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น หมวก กระเป๋า ปิ่นปักผม และของที่ระลึก จำเป็นต้องอาศัยความชำนาญของผู้ผลิตในการเลือกใบตองแห้งที่เหมาะสมมาใช้ โดยเฉพาะใบที่เป็นกล้วยชนิดเปลือกบางเพราะใบมีผิวที่มัน ใบตองบางไม่หนาจนเกินไป มีความเหนียว จึงเป็นพันธุ์กล้วยที่มีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง พันธุ์กล้วยชนิดเปลือกบางมีอยู่ในพื้นที่หรือชุมชนใกล้เคียง เช่น กล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง กล้วยน้ำว้าดง กล้วยน้ำว้าหอมมวล กล้วยหักมุกและกล้วยหอม (อุบล พิธิ์, 2559.)



ภาพที่ 3 การคัดเลือกใบตองแห้ง

จากภาพที่ 3 การเลือกลักษณะใบตองแห้งที่นำมาทำผลิตภัณฑ์ต้องเป็นใบตองแห้งที่คัดต้นใบมีลักษณะใหญ่ ไม่ขาด มีความยาว เรียบ ไม่เป็นเชือรา กล้วยน้ำว้าหอมมวลและกล้วยน้ำว้าขาวมวลมีความเหมาะสมในการนำมาทำผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง กล้วยตานี จะมีลักษณะของใบตองแห้ง ที่หนา เมื่อนำมาทำผลิตภัณฑ์จะทำให้มีน้ำหนักมาก จึงไม่นิยมนำมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ ส่วนกล้วยน้ำว้าดงจะมีความยาวของใบตองมาก มีความเหนียวน้อย มีสีน้ำตาลเข้ม ใบตองที่แห้ง ติดลำต้น ระยะเวลาหลายวัน ไม่ควรนำมาใช้เพราะเวลานำมาใช้ในการทำเกลียว จะทำให้ใบตองขาดง่าย ส่วนกล้วยหักมุก ใบตองแห้งจะมีสีเข้มกว่าใบตองแห้งพันธุ์อื่น ใบตองแห้งที่ใช้ส่วนใหญ่นั้นกลุ่มผู้ผลิตจะเลือกใบตองแห้งที่มีอยู่ในชุมชนหรือในหมู่บ้านใกล้เคียง โดยจะทำการเก็บใบตองแห้งในช่วงเช้า แล้วนำมาฟึ่งแดดที่ไม่แรงจนเกินไป จากนั้นนำมาทำความสะอาดและเก็บไว้ในกระสอบ ใช้เชือกมัดปากถุง แล้วเก็บไว้ในที่ร่ม โดยช่วงระยะเวลาที่ควรเก็บใบตองแห้งมาไว้ใช้งานมากที่สุด คือ ช่วงเดือนมีนาคม ถึงเดือนมิถุนายนของทุกปี เพราะอากาศไม่หนาว ไม่มีน้ำค้างเกาะ ใบตองจะไม่เกิดเชื้อรา มีผิวใบตองที่แห้งสวย การเก็บมาไว้ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง ซึ่งเมื่อนำมาใช้งานก็นำมาเช็ดด้วยผ้าแห้งแล้วนำมาแช่น้ำเพื่อนำมาใช้ในการควั่นเกลียวใบตองให้เป็นเส้น โดยเส้นเกลียวใบตองแห้งจะมีความยาวตั้งแต่ 15-22 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับความยาวของใบตองแต่ละชนิด



ภาพที่ 4 ลักษณะใบตองแห้งที่ควั่นเกลียว

จากภาพที่ 4 การควั่นเกลียวใบตองแห้ง เป็นการนำใบตองแห้งมาฉีกให้เป็นเส้นที่มีขนาดประมาณ 3 มิลลิเมตร 2 เส้นส่วนความยาวขึ้นอยู่กับใบตองแห้งแต่ละใบ จากนั้นนำมามัดปมตรึงปลายแล้วทำให้เป็นเกลียวโดยใช้มือควั่นลงบนหน้าแข้งทำให้เป็นเกลียวหรือการใช้เครื่องควั่นเกลียวในการหมุนใบตองแห้งให้เป็นเกลียว จากนั้นจึงนำใบตองแห้งที่ควั่นเกลียวนำไปถักเปียและใช้มือเย็บทำเป็นผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งต่อไป สมัยก่อนชาวบ้านจะควั่นเส้นโยปอแก้วให้เป็นเชือกเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่น ใช้ผูกมัดสิ่งของ ผูกระหว่างควายกับคันไถที่เรียกว่า คร่าว ครอบครวในชนบทจึงมีประสบการณ์ควั่นเชือก วิธีการนี้จึงนำมาทดลองกับใบตองกล้วยฉีกให้เป็นเส้นเล็กๆ นำไปแช่น้ำ เพื่อให้เส้นใบตองมีความอ่อนตัวลง แล้วใช้มือควั่นลงหน้าขาเพื่อทำให้เกิดเป็นเส้นเชือก จากนั้นนำมาถักเปียเย็บขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ตามที่ออกแบบไว้การทำควั่นเกลียวใบตองแห้งมีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี ได้แก่

1. การควั่นเกลียวโดยการใช้หน้าขาของผู้ผลิต ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การควั่นเกลียวโดยการใช้หน้าขาของผู้ผลิต

2. การควั่นเกลียวโดยใช้เครื่องควั่นเกลียวแบบมือหมุนของผู้ผลิต ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 เครื่องควั่นเกลียวแบบมือหมุน

จากการควั่นเกลียว จะนำไปใช้ในการถักเปียหรือทำเป็นผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งต่อไป ดังภาพที่ 7 ซึ่งเกลียวที่ได้นี้ผู้ผลิต 1 คน สามารถจำผลิตได้ 1 กิโลกรัมจะใช้เวลาในการควั่นเกลียวประมาณ 5-6 วัน โดยจะจำหน่ายกิโลกรัมละ 400 บาท ผู้ผลิตจะนิยมในการนั่งกับพื้นราบในการควั่นเกลียวด้วยหน้าขา มากกว่าการนั่งโต๊ะ หากมีความชำนาญจะสามารถทำได้ 2-3 เส้นต่อนาที เกลียวที่ได้จะมีความแน่น เกลียวสม่ำเสมอ และยังมีการสร้างนวัตกรรมเครื่องทอลายใบตองแห้งที่จำลองลักษณะมาจากเครื่องทอเสื่อกก โดยนำใบตองแห้งที่ควั่นเกลียวเป็นเส้นนำมาทอเป็นผืน เพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ



ภาพที่ 7 การถักเปียจากเส้นใบตองควั่น

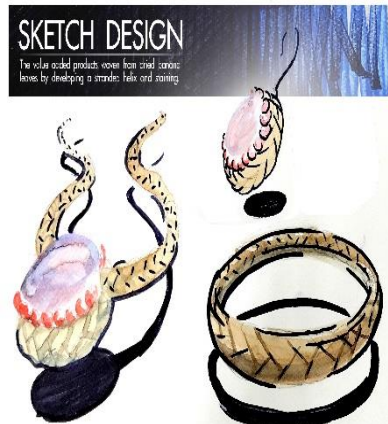
ในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคนั้น เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยได้แสดงรายละเอียดของการพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นขั้นตอน ขั้นตอนการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง แบบร่างผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งที่ผู้วิจัยกำหนดในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ประเภชชุดเครื่องประดับร่างกาย ชุดตกแต่งบ้าน ชุดผลิตภัณฑ์ขนมไทยอาหาร และชุดของใช้ที่เพิ่มมูลค่าให้กับชุมชน

การคัดเลือกแบบร่างผลิตภัณฑ์เพื่อนำไปผลิตเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ที่มีความรู้ ความชำนาญและประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์หัตถกรรม

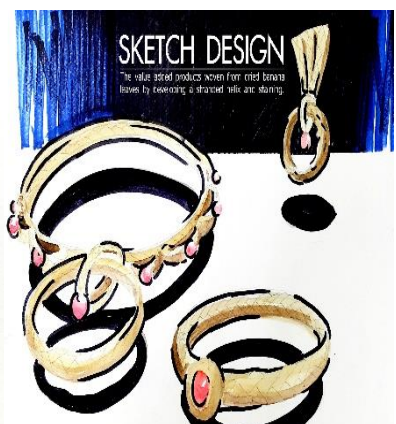
แสดงผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง ประเมินผู้เชี่ยวชาญ (N=5)



รูปแบบที่ 1



รูปแบบที่ 3



รูปแบบที่ 2

ภาพที่ 8 ชุดที่ 1 เครื่องประดับร่างกาย ประกอบด้วยต่างหู สร้อยคอ และ สร้อยข้อมือ

ผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์ในชุดที่ 1 รูปแบบที่ 1 ได้รับการคัดเลือกให้นำไปผลิตเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง เป็นชุดเครื่องประดับ ประกอบด้วยต่างหู สร้อยคอ และ สร้อยข้อมือ

แสดงผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง ประเมินผู้เชี่ยวชาญ (N=5)



รูปแบบที่ 1



รูปแบบที่ 2



รูปแบบที่ 3

ภาพที่ 9 ชุดที่ 2 เครื่องใช้ตกแต่งบ้าน ประกอบด้วย แจกัน โคมไฟ และที่ใส่ของ

ผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์ในชุดที่ 2 รูปแบบที่ 2 ได้รับการคัดเลือกให้นำไปผลิตเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง เป็นชุดเครื่องใช้ตกแต่งบ้าน ประกอบด้วย แจกัน โคมไฟ และที่ใส่ของ ต่อไป

แสดงผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง ประเมินผู้เชี่ยวชาญ (N=5)



ภาพที่ 10 ชุดที่ 3 ของใช้ ประกอบด้วย กระเป๋า 3 ใบชุด

ผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์ในชุดที่ 3 รูปแบบที่ 2 ได้รับการคัดเลือกให้นำไปผลิตเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง เป็นชุดของใช้ ประกอบด้วย กระเป๋า 3 ใบชุด

ผลการวิจัย

ผลการวิจัย พบว่า ในพื้นที่กลุ่ม ลักษณะใบตองแห้งของกล้วยน้ำว้าเปลือกบาง ลักษณะเส้นใยเรียงเป็นเส้นยาวตามความกว้าง ของใบ ขนาดรั้วของเส้นใยห่างประมาณ 0.40-0.50 เซนติเมตร สีของใบแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับ Pantone Color ได้ค่าสี c0 m27 y62 k30 ความกว้างของใบ 30-40 เซนติเมตร ผิวของใบเรียบบาง ผิวด้าน

กล้วยน้ำว้าเปลือกหนา ลักษณะเส้นใยเรียงเป็นเส้นยาวตามความกว้างของใบ ขนาดรั้วของเส้นใยห่างประมาณ 0.40-0.70 เซนติเมตร สีของใบแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับ Pantone Color ได้ค่าสี c0 m31 y71 k35 ความกว้างของใบ 30-40 เซนติเมตร ผิวของใบเรียบ หนา ผิวด้าน

กล้วยไข่ ลักษณะเส้นใยเรียงเป็นเส้นยาวตามความกว้างของใบ ขนาดรั้วของเส้นใยห่างประมาณ 0.50-0.90 เซนติเมตร สีของใบแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับ Pantone Color ได้ค่าสี c36 m44 y56 k16 ความกว้างของใบ 25-30 เซนติเมตร ผิวของใบเรียบ บาง ผิวมัน

กล้วยหอม ลักษณะเส้นใยเรียงเป็นเส้นยาวตามความกว้างของใบ ขนาดรั้วของเส้นใยห่างประมาณ 0.80-1.00 เซนติเมตร สีของใบแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับ Pantone Color ได้ค่าสี c0 m22 y51 k31 ความกว้างของใบ 30-40 เซนติเมตร ผิวของใบเรียบ บาง ผิวด้าน

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้มีการนำเครื่องทอขนาดเล็กซึ่งเป็นนวัตกรรมที่สามารถนำมาใช้ทอใบตองแห้ง ที่พัฒนารูปแบบมาจากเครื่องทอเสื่อกก โดยนำใบตองแห้งที่ควั่นเกลียวเป็นเส้นนำมาทอ

เป็นผืน เพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ และนำรูปแบบที่ ได้รับการคัดเลือกให้นำไปผลิตเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง สรุปรูปแบบผลิตภัณฑ์ดังนี้

ชุดที่ 1 ชุดผลิตภัณฑ์เครื่องประดับ ผลิตจากใบตองแห้งโดยใช้การควั่นเกลียว แล้วนำมาทอเป็นผืนแล้วตัดทำเป็นต่างหู สร้อยคอ และสร้อยข้อมือ นำเสนอรูปแบบสไตล์โมเดิร์น ใช้รูปทรงสามเหลี่ยมของวัสดุเงิน ตัดกับสีธรรมชาติของใบตองแห้ง เป็นการนำวัสดุสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้ในงานหัตถกรรมที่สื่อถึงความเป็นไทยได้อย่างลงตัว



ภาพที่ 11 ผลิตภัณฑ์เครื่องประดับ

ชุดที่ 2 ชุดผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ตกแต่งบ้าน ผลิตจากใบตองแห้งโดยใช้การทอเป็นผืนจากเครื่องทอลาย แล้วนำมาประกอบกับโครงไม้ ซึ่งฉลุลายไม้เป็นลักษณะลายไทยประยุกต์ หนึ่งชุดผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย โคมไฟ แจกัน และที่ใส่ของบนโต๊ะสำนักงาน แนวความคิดในการออกแบบเน้นรูปทรงสี่เหลี่ยม เรียบง่าย ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ



ภาพที่ 12 ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ตกแต่งบ้าน

ชุดที่ 3 กระเป๋า 3 ใบชุด ผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งโดยใช้การทอเป็นผืนจากเครื่องทอลาย
หนึ่งชุดผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย กระเป๋า 3 ใบ คือ กระเป๋าขนาดใหญ่สำหรับสะพาย ขนาดกลาง
สำหรับถือ และขนาดเล็กสำหรับใส่เหรียญ แนวความคิดในการออกแบบ เป็นงานตัดเย็บกระเป๋า
ใบตองสีธรรมชาติจากการทอผสมผสานกับงานเครื่องหนังสีเข้ม ทำให้ดูชิ้นงานทันสมัย เหมาะสำหรับ
กลุ่มวัยรุ่น



ภาพที่ 13 กระเป๋า 3 ใบชุด

ชุดที่ 4 ชุดผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหาร ผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งโดยใช้การทอเป็นผืนจากเครื่องทอ
ลาย หนึ่งชุดผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย คือ กล่องทิชชู ที่รองจาน และที่เก็บช้อน แนวความคิดในการ
ออกแบบ เป็นงานสไตล์วินเทจ ใช้การตัดเย็บใบตองสีธรรมชาติจากการทอผสมผสานกับงานผ้า
ลวดลายต่างๆ ทำให้ดูชิ้นงานดูน่าใช้งานมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 14 ผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหาร

หลังจากการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง ต้นแบบผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง
โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ที่มีความรู้ ความชำนาญและประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบ

ผลิตภัณฑ์หัตถกรรม ด้านการย้อมสีจากธรรมชาติ ด้านการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งและด้านการตลาด จนได้แบบร่างผลิตภัณฑ์จำนวน 4 ชุดผลิตภัณฑ์เพื่อนำมาสร้างเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง หลังจากนั้นจึงนำไปทำการประเมินผลการยอมรับจากผู้บริโภคที่มี ต่อผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง จำนวน 100 คน ซึ่งแสดงผลสรุปการประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง

สรุปและอภิปรายผล

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทดลองนำใบตองแห้ง นอกจากนี้มีการสร้างนวัตกรรมเครื่องทอลายใบตองแห้งที่ประยุกต์รูปแบบเครื่องมอมมาจากเครื่องทอเสื่อกก โดยนำใบตองแห้งที่ควั่นเกลียวเป็นเส้นนำมาทอเป็นผืน เพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ ชุดที่ 1 ผลิตภัณฑ์เครื่องประดับ ผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งโดยใช้การควั่นเกลียว แล้วนำมาทอเป็นผืนแล้วตัดทำเป็นต่างหู สร้อยคอ และสร้อยข้อมือ ชุดที่ 2 ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ตกแต่งบ้าน ผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งโดยใช้การทอเป็นผืนจากเครื่องทอลาย แล้วนำมาประกอบกับโครงไม้ที่ฉลุด้วยลายไทยประยุกต์ หนึ่งชุดผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย โคมไฟแจกัน และที่ใส่ของบนโต๊ะสำนักงาน ชุดที่ 3 กระเป๋า 3 ใบชุด ผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งโดยใช้การทอเป็นผืนจากเครื่องทอลาย หนึ่งชุดผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย กระเป๋า 3 ใบ คือ กระเป๋าขนาดใหญ่สำหรับสะพาย ขนาดกลางสำหรับถือ และขนาดเล็กสำหรับใส่เหรียญ และชุดที่ 4 ผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหาร ผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้งโดยใช้การทอเป็นผืนจากเครื่องทอลาย หนึ่งชุดผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย คือ กล่องทิชชู ที่รองแก้ว ที่รองจาน และที่เก็บช้อน

การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จักสานจากใบตองแห้ง โดยมีการแลกเปลี่ยนความรู้ เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน โดยการจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการ ให้กับกลุ่มผลิตภัณฑ์จากใบตองแห้ง ตำบลอ่างทอง อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ เรื่อง การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จักสานจากใบตองแห้ง โดยมีการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างนักวิจัย วิทยากร กลุ่มผู้ผลิต นักศึกษา และประชาชนทั่วไปที่สนใจในกิจกรรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจากใบตองแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับ สมศักดิ์ วชิระพันธุ์ (2536. หน้า 74 -78) ที่ได้ศึกษาวิจัยการถ่ายทอดความรู้หัตถกรรมองถิ่น โดยการถ่ายทอดเนื้อหาและทักษะเฉพาะคน ใช้วิธีการหลากหลายที่ถ่ายทอด ทั้งนี้สาเหตุที่ทำให้กระบวนการถ่ายทอด คือ สภาวะแวดล้อมสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรม ที่เปลี่ยนแปลงไปนั่นเอง จากประเด็นดังกล่าว การถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้หลังจากการศึกษาวิจัย นับเป็นภารกิจสำคัญยิ่งที่ผู้วิจัยจะได้มีโอกาสได้เผยแพร่ความรู้ที่ได้จากกระบวนการวิจัยแล้ว ยังได้มีโอกาสบูรณาการการเรียนการสอนกับงานวิจัยอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ความคิดเห็นส่วนใหญ่ของประชากรและกลุ่มตัวอย่าง พึงพอใจในต้นแบบผลิตภัณฑ์ และให้ความสนใจในการนำไปต่อแห้ง สีสรรชาติไปผสมผสานกับวัสดุอื่น เช่น ผนัง ผ้า และไม้ รวมทั้งให้ความสำคัญกับความทนทาน ของผลิตภัณฑ์ที่สร้างสรรค์ขึ้น
2. ในขั้นตอนการสร้างสรรค์ชิ้นงาน อาจมีการนำเอกลักษณ์ของท้องถิ่นมาใช้ในการสร้างสรรค์ เพื่อให้เกิดความเป็นเอกลักษณ์ของท้องถิ่นมากยิ่งขึ้น
3. ในขั้นต่อไปอาจมีการนำส่วนอื่นๆของกล้วย ทำเป็นเส้นใยแล้วนำไปถักทอเป็นสิ่งทอ และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จักสานจากใบตองแห้งโดยการพัฒนาเครื่องควั่นเกลียวและการย้อมสี สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีซึ่งได้รับ และขอขอบคุณอุบล พิลิก และกลุ่มผู้ผลิตผ้าใบตองแห้ง ตำบลอ่างทอง อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ ที่ให้คำปรึกษา และช่วยเหลือ ให้ข้อมูลเกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่นผู้นำชุมชนชุมชนและนักเรียนนักศึกษาเพื่อให้ความร่วมมือกับการทดลองนี้ และขอขอบคุณอาจารย์วัฒนาพร วัฒนชัยธรรม ผู้จัดการ หน่วยบ่มเพาะวิสาหกิจมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาผู้ประกอบการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์และการตลาด อาจารย์นันทนัท ธนาอินทร์ อาจารย์สาขาวิชาการตลาด คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการตลาด

สุดท้ายกลุ่มผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- เบญจมาศ ศิลาอ้อย. (2545). *กล้วย*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รพีพัฒน์ มั่นพรม. (2559). *การสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก*. นครสวรรค์ : สาขาวิชาการออกแบบ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
- สมศักดิ์ วชิรพันธุ์. (2536). *การถ่ายทอดความรู้หัตถกรรมท้องถิ่น กรณีการทำกระดาษสา บ้านท่าล้อ อำเภอมือง จังหวัดลำปาง*. เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อุบล พิลิก. (2559). *การเลือกใบตองแห้ง*. สัมภาษณ์ 8 ธันวาคม 2559. กลุ่มผู้ผลิตผ้าใบตองแห้ง ตำบลอ่างทอง อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์.

การจัดการรถยนต์ที่หมดอายุในประเทศไทย: มุมมองและข้อเสนอแนะเชิงสถาบัน

A study on End-of-life vehicles management in Thailand:

An institutional perspective

ธนา ภมรานนท์(Thana Phamaranon)^{1*} เกรียงไกร เตชกานนท์(Kriengkrai Techakanont)²

สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

*Corresponding author. E-mail: Flook.tana@gmail.com

บทคัดย่อ

รถยนต์ที่หมดอายุ หรือ ELV (end-of-life vehicles) มีทั้งส่วนประกอบที่สามารถนำกลับมาใช้และของเสียอันตราย ด้วยความกังวลเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมและความจำกัดของทรัพยากรจากอัตราการครอบครองรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง หลายประเทศจึงตรากฎหมายโดยตรงเพื่อการจัดการ ELV อย่างเหมาะสม งานศึกษาชิ้นนี้สำรวจสถานการณ์การจัดการ ELV ที่เป็นรถยนต์ส่วนบุคคลในประเทศไทยโดยใช้กรอบแนวคิดของเศรษฐศาสตร์สถาบันแบบใหม่ เนื่องจากความจำกัดของข้อมูลจึงใช้วิธีการศึกษาที่ประกอบด้วย การค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้อง การสำรวจภาคสนามในเดือนกุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2561 โดยการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจำนวน 34 ราย และการสังเกตการณ์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียผ่านสื่อสังคมออนไลน์ซึ่งเป็นตลาดหรือช่องทางในการซื้อขายแลกเปลี่ยน ELV ผลการศึกษาพบว่า ประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายเกี่ยวกับ ELV โดยตรง การจัดการ ELV ถูกกระทำอย่างอิสระโดยผู้ประกอบการภาคเอกชนที่ใช้แรงงานเป็นหลัก มีวัตถุประสงค์เพื่อผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจส่วนบุคคลที่ถูกขับเคลื่อนโดยกลไกตลาด โดยไม่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือต้นทุนที่เกิดขึ้นกับสังคม และยังไม่สามารถนำทรัพยากรกลับมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องตรากฎหมายเฉพาะเรื่องเกี่ยวกับการจัดการ ELV เพื่อปกป้องสิ่งแวดล้อมและอนุรักษ์ทรัพยากร โดยใช้หลักการขยายความรับผิดชอบของผู้ผลิตร่วมกับการกำหนดมาตรฐาน และการสร้างแรงจูงใจ

คำสำคัญ: รถยนต์ที่หมดอายุ หลักการขยายความรับผิดชอบของผู้ผลิต เศรษฐศาสตร์สถาบันแบบใหม่

Abstract

End-of-life vehicles (ELV) refer to the motor vehicles which have reached the end of their useful life. Many parts can be recyclable. Some parts, however, will be left as the toxic waste which pollutes the environment. As the numbers of vehicle

have increased rapidly in recent years, ELV raises concern among the regulators around the world. Some countries had already imposed law to address the problem. By adopting the framework of New Institutional Economics, this study explores the current situation and regulations in Thailand. The main contribution of this study is not only documents research which employed to study related regulations but also the field work which surveys relevant data form stakeholders. We interviewed thirty-four stakeholders and observed transaction terms of EVL parts on the online markets. The core finding is that Thailand has not imposed any law to address the problem yet. After owner of a vehicle decided that it's time for its retirement, the processes are unregulated driven by the market including separating parts for resale and leaving some as wastes that cause environmentally threads. As theory predicted, the entrepreneurs reap private benefit of ELV but left the negative externalities to the society. Therefore, the study concludes that the ELV market in Thailand is inefficient. We propose the intervention by government by employing the principle of extended producer responsibility. Define certain standard and give stakeholders incentive are also necessary.

Keywords: End-of-life vehicles, Extended Producer Responsibility, New Institutional Economics

บทนำ

รถยนต์เป็นผลิตภัณฑ์ไฮเทค (hi-tech product) ที่มีส่วนประกอบนับหมื่นชิ้น ไม่เพียงแต่มีวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ (รีไซเคิล) เช่น เหล็ก ทองแดง ยาง เป็นต้น แต่ยังมีส่วนประกอบที่เป็นสารพิษอันตราย เช่น น้ำมันหล่อลื่น สารทำความเย็น เป็นต้น (Hu & Wen, 2015) รถยนต์ที่หมดอายุ หรือซากรถ หรือ ELV (end-of-life vehicles) ซึ่งหมายถึง รถยนต์ที่หมดอายุการใช้งาน หรือชำรุดหรือเสื่อมสภาพหรือไม่เป็นที่ต้องการอีกต่อไป จึงก่อให้เกิดของเสียและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ความกังวลเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมและความจำกัดของทรัพยากรอันเนื่องมาจากอัตราการครอบครองรถยนต์ส่วนบุคคลที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง หลายประเทศจึงตรากฎหมายโดยตรงเพื่อควบคุมการจัดการ ELV ให้เหมาะสมต่อสิ่งแวดล้อมและคำนึงถึงการอนุรักษ์ทรัพยากร

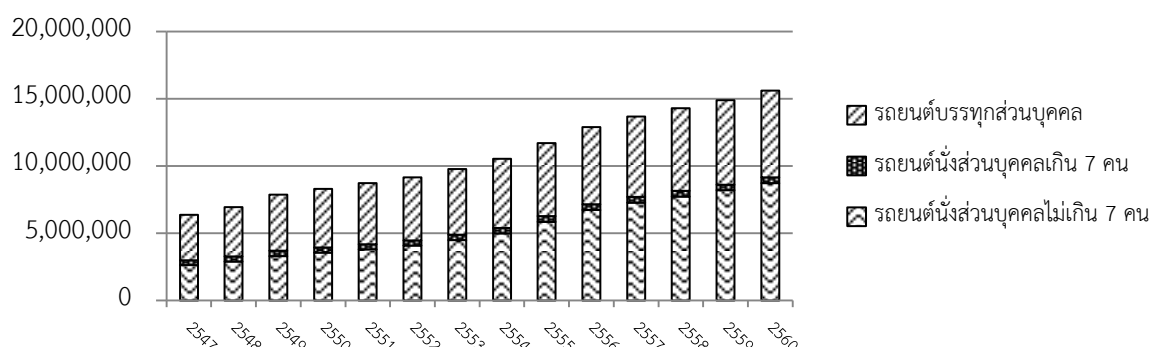
สำหรับประเทศไทยข้อมูลจากกลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก (2561) (รูปที่ 1) พบว่า จำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลที่จดทะเบียนสะสมรายปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 – 2560 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี เพราะมีรถยนต์ส่วนบุคคลใหม่ (ป้ายแดง) จดทะเบียนเพิ่มขึ้นไม่ต่ำกว่าปีละ 6 แสนคัน ในขณะที่รถยนต์เก่าก็ยังคงสะสมอยู่ จากจำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลสะสมในปี พ.ศ. 2560 ทั้งหมด 15.6 ล้านคัน เป็นรถยนต์ที่อายุมากกว่า 15 ปีถึง 4.15 ล้านคัน นอกจากนี้จำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลที่ได้ทำการแจ้งไม่ใช้ตลอดไป (หรือยกเลิกทะเบียน) ตั้งแต่ พ.ศ. 2545 ถึง 2560 มีจำนวนเฉลี่ยเพียงปีละ 1.9 หมื่นคัน และรถที่ถูกระงับทะเบียนเนื่องจากค้างชำระภาษีครบ 3 ปี สะสมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 ถึง 31 มี.ค. พ.ศ. 2561 มีจำนวนทั้งสิ้น 1.89 ล้านคัน ซึ่งรถที่ได้ทำการแจ้งไม่ใช้ตลอดไปและถูกระงับทะเบียนนี้ไม่สามารถทราบได้ว่าถูกจัดการอย่างไรบ้าง

จากสถิติข้อมูลที่ปรากฏจะเห็นได้ว่าปัจจุบันรถยนต์ในประเทศไทยมีอายุการใช้งานสูงในขนาดตอนใกล้ถึงหลักเลี้ยวไม่ได้ที่รถยนต์จะหมดสภาพกลายเป็นของเสีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากกรอบของกฎหมายที่ยังไม่ได้มีการวางแผนรับมือกับของเสียที่จะเกิดขึ้นจาก ELV และไม่มีรายงานข้อมูลหรืองานศึกษาอย่างเป็นระบบที่อธิบายถึงสถานการณ์การจัดการ ELV ในปัจจุบัน

งานศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจสถานการณ์การจัดการ ELV โดยใช้กรอบแนวคิดของเศรษฐศาสตร์สถาบันแบบใหม่ทำความเข้าใจกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น และนำเสนอข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับการจัดการ ELV ที่เหมาะสมกับประเทศไทย

ในส่วนถัดไปจะได้อธิบายถึงขอบเขตของการศึกษา กรอบแนวคิดและวิธีการศึกษา จากนั้นเป็นการทบทวนการจัดการ ELV ในต่างประเทศเพื่อเป็นประสบการณ์สำหรับการนำมาปรับใช้ในประเทศไทย ถัดมาเป็นส่วนของผลการศึกษาซึ่งประกอบด้วยการสำรวจสถาบันที่เป็นทางการของการจัดการ ELV ในประเทศไทยจากการทบทวนกฎหมายที่เกี่ยวข้อง และสถานการณ์การจัดการ ELV ในประเทศไทยจากการสำรวจภาคสนาม ส่วนสุดท้ายเป็นการอภิปรายผลการศึกษาและนำเสนอข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับการจัดการ ELV ในประเทศไทย และบทสรุปผลการศึกษา

รูปที่ 1 จำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลจดทะเบียนสะสม ปี พ.ศ. 2547 – 2560



ที่มา กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก (2561)

ขอบเขตของการศึกษา กรอบแนวคิดและวิธีการศึกษา

1. ขอบเขตของการศึกษา

งานศึกษานี้สนใจศึกษาสถานการณ์การจัดการรถยนต์ส่วนบุคคลที่หมดอายุ ซึ่งประกอบด้วยรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกินเจ็ดคน (รย.1) รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกินเจ็ดคน (รย.2) และ รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (รย.3) ตามพระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ. 2522 ดังนั้นเมื่อกล่าวถึงรถยนต์ที่หมดอายุ หรือซากรถ หรือ ELV จะหมายถึงเฉพาะรถ 3 ประเภทดังกล่าว

การจัดการรถยนต์ที่หมดอายุ หมายถึง กิจกรรมในการเก็บรวบรวมรถยนต์ที่หมดอายุมาเข้าสู่กระบวนการบำบัดของเสียอันตรายและถอดรื้อแยกส่วน เพื่อกำจัดของเสีย การนำกลับไปใช้ซ้ำ และการรีไซเคิล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการจัดการของเสียอย่างปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์ทรัพยากร

ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในห่วงโซ่อุปทานการจัดการรถยนต์ที่หมดอายุมีอยู่ด้วยกันหลายฝ่าย เช่น ผู้ครอบครองซากรถยนต์ ผู้ประกอบการธุรกิจการขายทอดตลาด (ประมูล) ซากรถยนต์ ผู้ประกอบการธุรกิจรับซื้อซากรถยนต์ ผู้ประกอบการธุรกิจซ่อมบำรุงรถยนต์หรือซ่อมรถยนต์ ผู้ประกอบการภาคธุรกิจรีไซเคิล ผู้ประกอบการกำจัดขยะ หน่วยงานภาครัฐบาลที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น อย่างไรก็ตามผู้เกี่ยวข้องหลักในการจัดการรถยนต์ที่หมดอายุ คือ ผู้ประกอบการธุรกิจรับซื้อซากรถยนต์ หรือที่นิยมเรียกกันว่า “ผู้ประกอบการเซียงกง” ซึ่งทำกิจกรรมการเก็บรวบรวม การบำบัดของเสีย การถอดรื้อแยกส่วนประกอบ และการจำหน่ายหรือการนำส่วนประกอบจากซากรถยนต์ไปใช้ประโยชน์ ดังนั้นเพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์การจัดการรถยนต์ที่หมดอายุในประเทศไทย ประชากรหลักในการศึกษานี้จึงได้แก่ ผู้ประกอบการธุรกิจรับซื้อซากรถยนต์ หรือผู้รับซื้อซากรถ

2. กรอบแนวคิดเศรษฐศาสตร์สถาบันแบบใหม่

การศึกษานี้ประยุกต์ใช้แนวคิดของเศรษฐศาสตร์สถาบันแบบใหม่ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์การจัดการ ELV ที่เกิดขึ้นในประเทศไทย โดยทำการศึกษาวิเคราะห์สถาบันที่มีส่วนสำคัญต่อการกำหนดพฤติกรรมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการจัดการ ELV โดยสถาบันในที่นี้หมายถึง เงื่อนไขหรือกติกาที่มนุษย์สร้างขึ้น (the rule of the game) ที่กำกับการการปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันของมนุษย์หรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในสังคม ทั้งสถาบันที่เป็นทางการ เช่น ระเบียบ กฎหมาย และไม่เป็นทางการ เช่น พฤติกรรมที่สังคมยอมรับเป็นมาตรฐานโดยทั่วไป หลักปฏิบัติที่บังคับใช้กันเอง รวมถึงลักษณะการบังคับใช้สถาบันเหล่านั้นด้วย (North, 1994) ทั้งนี้เงื่อนไขแรกเพื่อการจัดการทรัพยากรในสังคมอย่างมีประสิทธิภาพ (economizing) คือ การจัดตั้งสถาบันที่เป็นทางการ (formal rules of the game) หรือกฎหมายที่ถูกต้อง (get the institutional environment right) เพื่อเป็นกติกากำกับการดำเนินกิจกรรม (play of the game) ของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Williamson, 2000)

ในบริบทของการจัดการ ELV สถาบันที่เป็นทางการจึงหมายถึงกฎหมายและระเบียบข้อกำหนดต่าง ๆ โดยเฉพาะเรื่อง ELV ดังนั้นตามกรอบแนวคิดของเศรษฐศาสตร์สถาบันแบบใหม่การจัดตั้งกฎหมายโดยตรงและนำไปบังคับใช้อย่างเหมาะสม จะทำให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการจัดการ ELV ได้

3. วิธีการศึกษา

ด้วยความจำกัดของข้อมูลและอุปสรรคในการเข้าถึงข้อมูลเนื่องจากธุรกิจเกี่ยวกับซากรถยนต์เป็นธุรกิจที่ละเมิดกฎหมายเกี่ยวกับรถยนต์ ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีการศึกษาที่ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ ดังนี้

ส่วนที่หนึ่ง การค้นคว้าเอกสาร (documents research) ซึ่งประกอบด้วย รายงานจากหน่วยงานภาครัฐบาล รายงานศึกษาวิจัย บทความและรายงานข่าวออนไลน์ และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ส่วนที่สอง การสำรวจภาคสนาม (field work) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2561 ด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interviews) กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการจัดการรถยนต์ที่หมดอายุ โดยประชากรหลักในการศึกษานี้ได้แก่ ผู้ประกอบการธุรกิจรับซื้อซากรถยนต์หรือผู้รับซื้อซากรถ จากข้อมูลที่มีประมวผลโดยสำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว.) พบว่า จำนวนผู้ประกอบการการขายส่งและขายปลีกชิ้นส่วนและอุปกรณ์เสริมเก่าของรถยนต์ 1 คันทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2559 มีจำนวนทั้งสิ้น 2,621 ราย อย่างไรก็ตามเนื่องจากมีทั้งผู้ประกอบการที่

¹ การจัดประเภทมาตรฐานอุตสาหกรรมประเทศไทยปี พ.ศ. 2552 ระบุว่า กิจกรรมการขายส่งและปลีกชิ้นส่วนและอุปกรณ์เสริมเก่าของรถยนต์ ได้แก่ การขายส่งและปลีกชิ้นส่วนและอุปกรณ์เสริมเก่าของรถยนต์ เช่น แบตเตอรี่ ชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า ฯลฯ และการทำงานของร้านเชียงกงที่ขายชิ้นส่วนและอุปกรณ์เสริมสำหรับรถยนต์

นำเข้าชิ้นส่วนและอะไหล่มือสองจากต่างประเทศ เช่น ประเทศญี่ปุ่น เพื่อนำมาขายต่อ และผู้ประกอบการที่รับซื้อซากรถยนต์จากภายในประเทศเพื่อถอดรื้อชิ้นส่วนและอุปกรณ์เสริมแล้วนำมาขายต่อ และเนื่องจากข้อมูลจาก สสว. เป็นจำนวนรวมของผู้ประกอบการทั้งหมดไม่ได้แบ่งแยกประเภทดังกล่าว นอกจากนี้ยังมีผู้ประกอบการอีกจำนวนหนึ่งที่ประกอบธุรกิจอย่างไม่เป็นทางการ (ไม่ได้ขออนุญาตประกอบกิจการจากหน่วยงานรัฐบาลที่เกี่ยวข้อง) ซึ่งไม่สามารถทราบได้ว่ามีจำนวนเท่าใด จากความจำกัดของข้อมูลดังกล่าวจึงทำให้ไม่สามารถทราบจำนวนของประชากรที่แท้จริงได้ ดังนั้นจึงใช้การสุ่มตัวอย่างแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็น (non-probability sampling) โดยใช้วิธีเลือกตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) จากจำนวนตัวอย่างที่เลือกมาทั้งหมด 40 ราย (โดยการสืบค้นทางอินเทอร์เน็ต) มีตัวอย่างหรือผู้ประกอบการธุรกิจรับซื้อซากรถยนต์ที่ตอบรับให้ข้อมูลทั้งสิ้นจำนวน 17 ราย โดยเป็นการลงพื้นที่สัมภาษณ์และเก็บข้อมูลถึงสถานที่ประกอบการ (site visit) จำนวน 4 ราย และจำนวนที่เหลืออีก 13 รายเป็นการสัมภาษณ์เชิงลึกแบบตัวต่อตัว นอกจากนี้เพื่อตรวจสอบความแน่นอนและความสอดคล้องกันของข้อมูล นอกเหนือจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้รับซื้อซากรถยนต์ได้เก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ และผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานภาครัฐบาล อีก 17 ราย ดังนี้ ผู้ประกอบการภาคการรีไซเคิล 6 ราย (ได้แก่ ร้านรับซื้อของเก่า 4 รายและโรงงานรีไซเคิล 2 ราย) ผู้ประกอบการอยู่ซ่อมรถยนต์ 4 ราย ผู้ประกอบการจำหน่ายรถยนต์ใช้แล้ว 2 ราย ตัวแทนผู้ประกอบการประมวลซากรถยนต์ 1 ราย และเจ้าหน้าที่ภาครัฐ 4 ราย (ได้แก่ เจ้าหน้าที่ระดับหัวหน้างานส่วนตรวจสอบสภาพรถ กรมการขนส่งทางบก 1 ราย เจ้าหน้าที่ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศกรมขนส่งทางบก 1 ราย เจ้าหน้าที่กองบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม 1 ราย เจ้าหน้าที่ส่วนขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ 1 ราย)และส่วนสุดท้าย การสังเกตการณ์ (observation) ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องผ่านสื่อสังคมออนไลน์ที่เป็นตลาดหรือช่องทางหนึ่งในการซื้อขายแลกเปลี่ยนซากรถยนต์และชิ้นส่วนจากซากรถยนต์ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2561 โดยการสังเกตการณ์แบบไม่มีส่วนร่วม (non-participant observation)

ประสบการณ์การจัดการรถยนต์ที่หมดอายุในต่างประเทศ

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงประสบการณ์การจัดการ ELV ในสหภาพยุโรปซึ่งเป็นแห่งแรกที่เริ่มจัดตั้งกฎหมายว่าด้วยการจัดการ ELV และประเทศญี่ปุ่นซึ่งสามารถจัดการ ELV ได้ถึงร้อยละ 99 ของน้ำหนัก ทั้งสองประเทศสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการจัดการ ELV ได้ด้วยการจัดตั้งสถาบันที่เป็นทางการที่ถูกต้องและนำไปบังคับใช้อย่างเหมาะสม

1. สหภาพยุโรป

ปี พ.ศ. 2543 สหภาพยุโรปได้ออกระเบียบ ELV (Directive 2000/53/EC) (European Parliament and Council of the European Union, 2000) มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณขยะและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจาก ELV (Smink, 2007; Schneider et al., 2010; Sakai et al., 2014)

ระเบียบ ELV ตั้งอยู่บนหลักการขยายความรับผิดชอบของผู้ผลิต (extended producer responsibility)² ผู้ผลิตรถยนต์ต้องจัดตั้งระบบเครือข่าย จัดทำข้อมูลทางเทคนิคที่จำเป็นสำหรับการจัดการ ELV อย่างเหมาะสม และรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวม ELV จากผู้ซื้อโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย และต้องให้แน่ใจว่าผู้ถือครองหรือเจ้าของรถคนสุดท้ายจะส่งมอบ ELV ให้กับผู้บำบัดที่ได้รับอนุญาต โดยใช้ใบรับรองการทำลายซึ่งจะออกให้โดยผู้บำบัดที่ได้รับอนุญาตเป็นเอกสารหลักฐานประกอบสำหรับการยกเลิกทะเบียนรถยนต์ที่หมดอายุนั้น (Kanari et al., 2003; Smink, 2007; Schneider et al., 2010)

การผลิตรถยนต์รุ่นใหม่ต้องออกแบบให้ง่ายต่อการนำทรัพยากรกลับมาใช้ ต้องใช้รหัสมาตรฐานจำแนกส่วนประกอบเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการถอดรื้อและรีไซเคิล ต้องลดและยกเลิกการใช้ส่วนประกอบที่เป็นวัตถุอันตราย โดยระเบียบ ELV กำหนดเป้าหมายให้มีสัดส่วนการใช้ซ้ำ/การนำทรัพยากรกลับคืนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 85 โดยน้ำหนัก และการใช้ซ้ำ/การรีไซเคิลไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2549 และเพิ่มเป็นไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 และร้อยละ 85 ตามลำดับ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2558 (Schneider et al., 2010)

โดยในปี พ.ศ. 2558 ข้อมูลจาก Eurostat (2018) รายงานว่า ของเสียที่เกิดขึ้นจาก ELV ได้รับการจัดการอย่างเหมาะสมจำนวน 6.2 ล้านตัน มีอัตราการใช้ซ้ำ/การนำทรัพยากรกลับคืน ร้อยละ 93.4 และอัตราการใช้ซ้ำ/การรีไซเคิล ร้อยละ 87.1 ซึ่งใกล้เคียงกับเป้าหมายที่กำหนดไว้

2. ประเทศญี่ปุ่น

ในช่วงเวลาก่อนหน้านี้จะมีการประกาศใช้กฎหมายการรีไซเคิล ELV การจัดการ ELV ดำเนินไปโดยกลไกการตลาดซึ่งปราศจากการควบคุม เนื่องจากความจำกัดของพื้นที่ในการฝังกลบขยะ ประกอบกับความผันผวนของราคาเศษเหล็ก ทำให้บ่อยครั้งที่ ELV ไม่สามารถทำการค้าขายได้ นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของการนำไปทิ้งอย่างผิดกฎหมายและการบำบัดอย่างไม่เหมาะสม เพื่อป้องกันปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและป้องกันความปลอดภัยในการจัดการ ELV ประเทศญี่ปุ่นจึงได้ออกกฎหมาย

² หลักการขยายความรับผิดชอบของผู้ผลิต (extended producer responsibility) เป็นหลักการทางนโยบายที่ขยายความรับผิดชอบของผู้ผลิตไปยังช่วงต่างๆ ของวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ เพื่อส่งเสริมการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม ในขั้นตอนการขยายความรับผิดชอบนี้มุ่งไปที่การรับคืน การรีไซเคิล และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ (Lindhqvist, 2000)

การรีไซเคิล ELV (ELV Recycling Act) เมื่อปี พ.ศ. 2545 โดยภายใต้กฎหมายนี้ได้เพิ่มความรับผิดชอบของผู้ผลิตรถยนต์และมาตรฐานการจัดการของภาครัฐบาลในการจัดการ ELV (Hiratsuka et al., 2014)

โดยกำหนดให้ผู้ผลิตและผู้นำเข้ารถยนต์รับผิดชอบในการจัดการ Fluorocarbons (สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศรถยนต์) Gas Generators (ถุงลมนิรภัย) และ ASR3 จาก ELV อย่างเหมาะสมต่อสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ ผู้ผลิตรถยนต์ต้องปรับปรุงการออกแบบรถยนต์ใหม่ให้ง่ายต่อการนำทรัพยากรกลับมาใช้ ลดการใช้วัตถุดิบ และต้องจัดเตรียมข้อมูลที่จะจำเป็นสำหรับการถอดรื้อแยกส่วนให้กับผู้ประกอบการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ ELV (Sakai et al., 2007; Hiratsuka et al., 2014)

ผู้ซื้อรถยนต์ใหม่จะต้องจ่ายค่าธรรมเนียมการรีไซเคิลตามที่ผู้ผลิตหรือนำเข้ารถยนต์กำหนดไว้ให้กับ JARC (Japan Automobile Recycling Promotion Center) ซึ่งเป็นองค์กรที่แต่งตั้งขึ้นโดยภาครัฐบาล เพื่อทำหน้าที่จัดการกองทุนการรีไซเคิลและเป็นศูนย์กลางข้อมูลข่าวสาร เมื่อรถยนต์กลายเป็น ELV ผู้ครอบครองจะต้องส่งมอบให้กับผู้ประกอบการที่ได้รับอนุญาตโดยจะได้รับเงินภาษีคืนตามที่กำหนดไว้ ผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมทั้งหมดในการจัดการ ELV จะต้องรายงานข้อมูลให้กับ JARC ผ่านระบบใบกำกับการขนส่งทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถตรวจสอบข้อมูลผ่านระบบออนไลน์ได้ (Hiratsuka et al., 2014; Despeisse et al., 2015)

โดยในปี พ.ศ. 2554 ประมาณร้อยละ 99 ของ ELV โดยน้ำหนักถูกนำกลับมาใช้ซ้ำ รีไซเคิล และนำทรัพยากรกลับคืน โดยส่วนประกอบและวัสดุเกือบทั้งหมดของ ELV (ที่ไม่ใช่ ASR) ถูกนำกลับมาใช้ซ้ำร้อยละ 20 ถึง 30 (เช่น เครื่องยนต์ ชิ้นส่วนตัวถัง) และรีไซเคิลร้อยละ 55 ถึง 60 (เช่น เหล็ก โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก) ส่วน ASR อีกร้อยละ 17 ถูกจัดการด้วยการรีไซเคิล การนำทรัพยากรกลับคืนในรูปของพลังงานและการเผาทำลาย คงเหลือ ASR เพียงร้อยละ 1 (น้ำหนัก 12 กิโลกรัมต่อรถหนึ่งคัน) ที่ถูกนำไปฝังกลบโดยตรง (Hiratsuka et al., 2014)

3. สรุปประสบการณ์การจัดการรถยนต์ที่หมดอายุในต่างประเทศ

จะเห็นได้ว่าเพื่อการแก้ปัญหาความสูญเปล่าของทรัพยากรและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจาก ELV สหภาพยุโรปและประเทศญี่ปุ่นจึงได้จัดตั้งสถาบันที่เป็นทางการ ซึ่งในที่นี้ก็คือ มาตรการทางกฎหมายเฉพาะเรื่อง ELV บนหลักการผู้ผลิตเป็นผู้รับผิดชอบ ร่วมกับการกำหนดมาตรฐาน ข้อบังคับ เป้าหมาย และการให้แรงจูงใจกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสม

³ ASR (Automobile Shredder Residue) หรือ เศษซากรถยนต์ที่เหลือจากการบดตัดและคัดแยกแล้ว หมายถึง เศษซากที่ยังคงเหลืออยู่ หลังจาก ELV ซึ่งถอดรื้อส่วนประกอบแล้วได้รับการบดตัดและคัดแยกโลหะและวัสดุที่มีประโยชน์อื่น ๆ ออกไปแล้ว โดย ASR มีน้ำหนักประมาณ 185 กิโลกรัมต่อ ELV หนึ่งคัน

ทำให้การจัดการ ELV สามารถบรรลุวัตถุประสงค์เรื่องความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์ทรัพยากร

ผลการศึกษา

1. สถาบันที่เป็นทางการของการจัดการรถยนต์ที่หมดอายุในประเทศไทย

ในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายว่าด้วยการจัดการ ELV โดยตรง และมาตรการเท่าที่มีอยู่ในกฎหมายอื่นไม่เพียงพอจะนำมาบังคับใช้ให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการจัดการ ELV ได้ (วราพรรณ สีโกเมน, 2559; Aroonsrimorakot & Akaraj, 2010) เพื่อทำความเข้าใจสภาพของสถาบันที่เป็นทางการ หรือกฎหมายที่มีอยู่ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับการกำหนดพฤติกรรมจัดการ ELV ในส่วนนี้จะอธิบายถึงกฎหมายเกี่ยวกับรถยนต์ และกฎหมายเกี่ยวกับการค้าและการประกอบกิจการที่เกี่ยวข้องกับ ELV

1.1 กฎหมายเกี่ยวกับรถยนต์

กฎหมายหลักที่เกี่ยวข้องกับรถยนต์คือ พระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ. 2522 (พ.ร.บ. รถยนต์) มีสาระสำคัญในการควบคุมการใช้งานรถยนต์ แต่ไม่ได้มีข้อกำหนดว่าจะต้องทำอะไรต่อไปกับ ELV หรือรถที่สิ้นอายุการใช้งาน (หลังจากที่ได้แจ้งไม่ใช้รถตลอดไป หรือถูกระงับทะเบียนเนื่องจากไม่มาดำเนินการชำระภาษีติดต่อกันครบ 3 ปี) จะเห็นได้ว่ากฎหมายเกี่ยวกับรถยนต์ไม่ได้กล่าวถึงการจัดการ ELV และมีลักษณะการให้แรงจูงใจในการยืดอายุการใช้งานรถ (ภาษีประจำปีที่จัดเก็บกับรถยนต์นั้นส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน มีอัตราลดน้อยถอยลงเมื่อมีอายุการใช้งานมากกว่า 5 ปีขึ้นไป และหลักเกณฑ์การตรวจสภาพรถซึ่งเป็นเงื่อนไขจำเป็นในการต่อทะเบียนไม่ได้มีข้อกำหนดเกี่ยวกับอายุการใช้งานของรถ) ทำให้ปัจจุบันจำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลสะสมมีสัดส่วนรถที่มีอายุการใช้งานสูงจำนวนมาก (มากกว่า 1 ใน 4 เป็นรถที่มีอายุมากกว่า 15 ปี) ซึ่งในอนาคตจะกลายเป็น ELV ที่จำเป็นจะต้องได้รับการจัดการจำนวนมาก นอกจากนี้เนื่องจากกฎหมายไม่ได้มีข้อกำหนดว่าจะต้องทำอะไรต่อไปกับ ELV และไม่ได้มีการติดตามเก็บรวบรวมข้อมูล ทำให้ไม่อาจทราบได้ว่าทั้งรถที่ได้ทำการแจ้งไม่ใช้รถตลอดไปและรถที่ถูกระงับทะเบียน (กรณีที่ไม่ได้นำมาจดทะเบียนใหม่) ซึ่งอาจจะเป็นรถยนต์ที่หมดอายุ ถูกนำไปจัดการต่ออย่างไรบ้าง

1.2 กฎหมายเกี่ยวกับการค้าและการประกอบกิจการที่เกี่ยวข้องกับรถยนต์ที่หมดอายุ

เนื่องจากกฎหมายเกี่ยวกับรถยนต์ไม่ได้ระบุไว้ว่าจะต้องทำอะไรต่อไปกับ ELV และด้วยลักษณะการมีส่วนประกอบและทรัพยากรที่สามารถนำกลับมาใช้ได้ ELV จึงยังคงเป็นทรัพยากรที่มีมูลค่าอยู่ ดังนั้นตลาดหรือกิจกรรมการซื้อขายแลกเปลี่ยน ELV จึงอยู่ภายใต้กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการค้าและกฎหมายเกี่ยวกับการประกอบกิจการ

1.2.1 กฎหมายเกี่ยวกับการค้า

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการค้า ELV และส่วนประกอบของ ELV คือ พระราชบัญญัติควบคุมการขายทอดตลาดและค้าของเก่า พ.ศ. 2474 (พ.ร.บ. ค้าของเก่า) ซึ่งให้คำนิยาม “ของเก่า” หมายความว่าความถึงทรัพย์สินที่เสนอขาย แลกเปลี่ยน หรือจำหน่ายโดยประการอื่น อย่างทรัพย์สินที่ใช้แล้ว โดยของเก่าที่ได้รับอนุญาตให้ทำการค้าที่เกี่ยวข้องกับ ELV ได้แก่ ของเก่าประเภทรถยนต์ ตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ และ ประเภทอื่น ๆ เช่น เศษเหล็ก ชิ้นส่วนอะไหล่ยนต์ ยางรถยนต์ กระโหลกรถยนต์ เป็นต้น อย่างไรก็ตามสาระสำคัญของ พ.ร.บ. ค้าของเก่า เป็นไปเพื่อควบคุมกิจการค้าของเก่าไม่ให้กระทำความผิดทางอาญาเป็นหลัก ไม่ได้มีข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมกิจการด้านสิ่งแวดล้อม (วราพรรณ สীগเมณ, 2559) หรือการอนุรักษ์ทรัพยากรแต่อย่างใด ดังนั้นไม่ว่าผู้ประกอบการกิจการค้า ELV จะได้รับใบอนุญาตให้ประกอบอาชีพค้าของเก่าอย่างถูกต้องตามกฎหมาย หรือไม่ได้ทำการขอใบอนุญาตก็ตาม เนื่องจากกฎหมายไม่ได้มีบทบัญญัติที่ว่าด้วยการจัดการ ELV อย่างไรให้เหมาะสม พ.ร.บ. ค้าของเก่า จึงไม่มีประสิทธิภาพในการนำไปใช้ให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการจัดการ ELV

1.2.2 กฎหมายเกี่ยวกับการประกอบกิจการ

ประกอบไปด้วย พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 (พ.ร.บ. สาธารณสุข) และ พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 (พ.ร.บ. โรงงาน)

พ.ร.บ. สาธารณสุข ได้กำหนดให้ผู้ประสงค์จะประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพต้องขอใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่น อย่างไรก็ตามประเภทของกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพไม่ได้กล่าวถึงกิจการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ ELV โดยตรง และถึงแม้ว่าการจัดการ ELV อาจเข้าข่ายเป็นกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ แต่จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างผู้รับซื้อซากรถซึ่งเป็นผู้ประกอบกิจการที่ทำหน้าที่หลักในการจัดการ ELV พบว่า ไม่ได้มีการขออนุญาตแต่อย่างใด ดังนั้นถึงแม้จะมีกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องอยู่แต่ในสภาพการณ์จริงกลับไม่พบการนำมาบังคับใช้ ประกอบกับความไม่ครบถ้วนของรายละเอียดทางเทคนิคที่จะใช้ในการควบคุม พ.ร.บ. สาธารณสุข จึงยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการนำไปใช้ให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการจัดการ ELV

พ.ร.บ. โรงงาน มีจุดประสงค์เพื่อควบคุม กำกับ ดูแล การประกอบกิจการโรงงานให้เกิดความปลอดภัยและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โรงงาน หมายถึง อาคาร สถานที่ หรือยานพาหนะ ที่ใช้เครื่องจักรมีกำลังรวมตั้งแต่ห้าแรงม้าหรือกำลังเทียบเท่าตั้งแต่ห้าแรงม้าขึ้นไป หรือใช้คนงานตั้งแต่เจ็ดคนขึ้นไปโดยใช้เครื่องจักรหรือไม่ก็ตาม สำหรับทำ ผลิต ประกอบ บรรจุ ซ่อม ซ่อมบำรุง ทดสอบ ปรับปรุง แปรสภาพ ลำเลียง เก็บรักษา หรือทำลายสิ่งใด ๆ ทั้งนี้ตามประเภทหรือชนิดของโรงงานที่กำหนดในกฎกระทรวง ซึ่งในปัจจุบันมีจำนวน 107 ประเภทกิจการ การประกอบกิจการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ ELV เข้าข่ายเป็นโรงงานตามคำนิยามของ พ.ร.บ. โรงงาน แต่ในประเภท

หรือชนิดของโรงงานทั้ง 107 ประเภทกิจการ ไม่มีประเภทหรือชนิดของโรงงานใดที่กำหนดอย่างเฉพาะเจาะจงถึงการจัดการ ELV โดยตรง และเนื่องจาก ELV เกือบทั้งหมดถูกเก็บรวบรวมมาจากภาคครัวเรือน หรือภาคธุรกิจที่ไม่ใช่โรงงานอุตสาหกรรม (เช่น ธุรกิจรับประกันภัยรถยนต์) ผู้ประกอบกิจการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ ELV ซึ่งเป็นกิจการที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการอนุรักษ์ทรัพยากรจาก ELV จึงไม่ได้อยู่ภายใต้กฎหมายและข้อกำหนดต่าง ๆ ของ พ.ร.บ. โรงงาน และจากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างผู้รับซื้อซากรถ พบว่า ไม่ได้มีการขออนุญาตประกอบกิจการโรงงาน และถึงแม้ว่าอาจจะมีโรงงานบางแห่งมีส่วนร่วมในการจัดการ ELV (ได้แก่เป็นโรงงานประเภทที่ 101 105 และ 1064) แต่จะมีส่วนร่วมในลักษณะที่เป็นกิจการปลายน้ำในการรีไซเคิล หรือจัดการขยะจาก ELV จึงไม่ได้มีส่วนร่วมกับกิจกรรมก่อนหน้านี้ที่ส่วนประกอบหรือขยะจาก ELV จะถูกส่งต่อมาถึงโรงงานแต่อย่างใด

โดยสรุปแล้วจะเห็นได้ว่าสภาพของสถาบันที่เป็นทางการหรือกฎหมายที่มีอยู่ในปัจจุบัน ไม่ได้มีมาตรการหรือข้อกำหนดในการควบคุมการจัดการ ELV ทำให้พฤติกรรมจัดการซากรถในประเทศไทยมีลักษณะที่ตอบสนองต่อผลประโยชน์ส่วนบุคคลเป็นหลัก (private value) โดยไม่ได้คำนึงถึงผลเสียหรือต้นทุนที่เกิดขึ้นกับสังคม (social cost) ดังนั้นเพื่อการที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ในการจัดการ ELV ประเทศไทยจำเป็นต้องจัดตั้งกฎหมายเฉพาะในเรื่องเกี่ยวกับการจัดการ ELV ขึ้นและวางกลไกการนำไปบังคับใช้ให้เกิดผล รายละเอียดจะได้กล่าวถึงต่อไปในส่วนของข้อเสนอแนะ

2. สถานการณ์การจัดการรถยนต์ที่หมดอายุในประเทศไทย

เนื่องจากสภาพสถาบันที่เป็นทางการไม่ได้มีมาตรการหรือข้อกำหนดในการควบคุมพฤติกรรมอันจะส่งผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม การจัดการ ELV ในประเทศไทยจึงเป็นไปเพื่อผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจส่วนบุคคล ซึ่งขับเคลื่อนโดยกลไกตลาด โดยไม่สามารถควบคุมผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมหรือต้นทุนที่เกิดขึ้นกับสังคมได้ และยังไม่สามารถนำทรัพยากรกลับมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

รูปที่ 2 แสดงภาพสถานการณ์การจัดการ ELV ในประเทศไทย โดยกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ ELV ได้แก่ ผู้ครอบครองซากรถ ผู้รับซื้อซากรถ และภาคการรีไซเคิลซากรถ

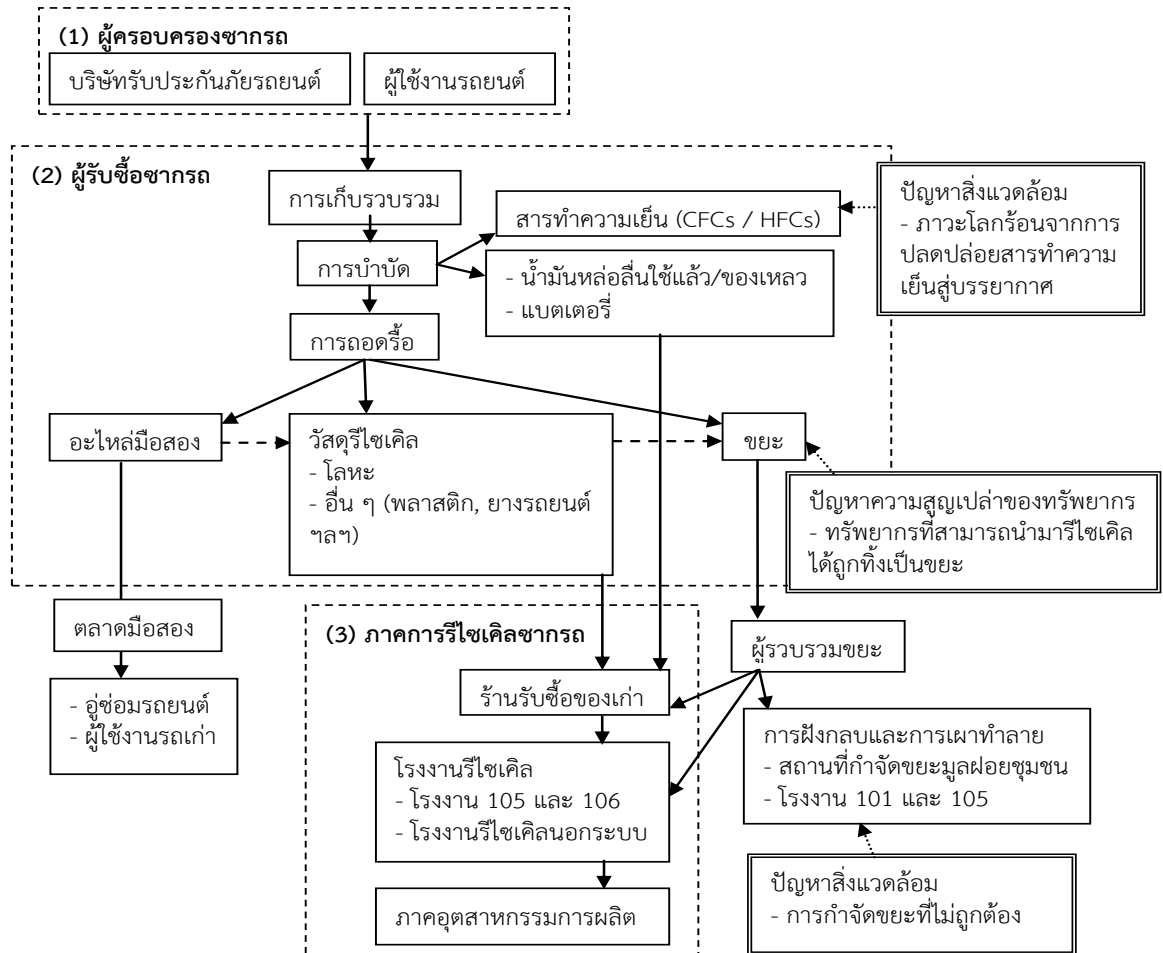
2.1 ผู้ครอบครองซากรถ (ELV owners)

⁴ โรงงานประเภท 101 คือ โรงงานบำบัดน้ำเสียรวม และโรงงานเผาของเสียรวม โรงงานประเภท 105 คือ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการคัดแยกหรือฝังกลบสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้วจากการประกอบกิจการโรงงาน โรงงานประเภท 106 คือ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการนำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ไม่ใช่แล้วหรือของเสียจากโรงงานมาผลิตเป็นวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ใหม่โดยผ่านกรรมวิธีการผลิตทางอุตสาหกรรม

จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างผู้รับซื้อซากรถถึงแหล่งที่มาของ ELV ที่พวกเขาได้รับซื้อ มาพบว่า แหล่งที่มาของ ELV มาจากการรับซื้อจากบุคคลธรรมดาที่เป็นอดีตผู้ใช้งาน (user) รถคันที่หมดอายุการใช้งานนั้น และรับซื้อจากนิติบุคคลหรือบริษัทรับประกันภัยรถยนต์ (รูปที่ 2 (1)) โดย ELV ที่ได้รับซื้อมาจากบุคคลธรรมดาเป็นซากรถที่อดีตผู้ใช้ไม่ประสงค์จะใช้หรือนำกลับมาใช้งานแล้ว จาก 2 สาเหตุ คือ ความเสื่อมสภาพจนไม่สามารถใช้งาน เรียกว่า “ซากรถเก่า” โดยส่วนมากเป็นรถที่อายุมากกว่า 20 ปีขึ้นไป มีมูลค่าต่ำ (โดยส่วนใหญ่ซากรถเก่ามีราคาตั้งแต่ 10,000 บาทขึ้นไป ทั้งนี้ราคาซื้อขายขึ้นอยู่กับสภาพ รุนและยี่ห้อรถ) และรถยนต์ที่เกิดอุบัติเหตุจนไม่สามารถ หรือไม่คุ้มค่าจะซ่อมให้กลับมาใช้งานได้ เรียกว่า “ซากรถอุบัติเหตุ” ส่วนใหญ่ซากรถอุบัติเหตุที่ครอบครองโดยบุคคลธรรมดาเป็นรถที่อายุมากกว่า 10 ปีขึ้นไป ส่วน ELV ที่รับซื้อมาจากนิติบุคคลจะเป็นซากรถอุบัติเหตุ หรือที่ในภาษาประกันภัยเรียกว่า “รถยนต์เสียหายสิ้นเชิง⁵” ซึ่งเป็นซากรถอุบัติเหตุที่บริษัทรับประกันได้รับโอนมาจากผู้ใช้งานรถที่ทำประกันภัยขึ้นหนึ่งไว้ ซากรถอุบัติเหตุที่ครอบครองโดยบริษัทประกันส่วนใหญ่จึงเป็นรถที่อายุการใช้งานไม่มาก (ประมาณไม่เกิน 7 ปี) มีมูลค่าสูง โดยส่วนใหญ่ซากรถอุบัติเหตุที่ครอบครองโดยนิติบุคคลมีราคาตั้งหลักแสนบาทขึ้นไป ทั้งนี้ราคาซื้อขายขึ้นอยู่กับสภาพ รุนและยี่ห้อรถ เช่นเดียวกับซากรถเก่า

⁵ รถยนต์เสียหายสิ้นเชิง หมายถึง รถยนต์ได้รับความเสียหายจนไม่อาจซ่อมให้อยู่ในสภาพเดิมได้ หรือเสียหายไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของมูลค่ารถยนต์ในขณะเกิดความเสียหาย บริษัทประกันจะจ่ายค่าสินไหมทดแทนเต็มจำนวนเงินเอาประกันภัยที่ระบุไว้ ในกรณีที่เอาประกันภัยไว้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของมูลค่ารถยนต์ในขณะเอาประกันภัย ผู้เอาประกันภัยหรือผู้รับผลประโยชน์แล้วแต่กรณี ต้องโอนกรรมสิทธิ์รถยนต์ให้แก่บริษัทประกันทันที โดยบริษัทประกันจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการโอนทั้งหมด และให้ถือว่ารถคุ้มครองรถยนต์นั้นเป็นอันสิ้นสุด

รูปที่ 2 การจัดการรถยนต์ที่หมดอายุในประเทศไทย



2.2 ผู้รับซื้อซากรถ (ELV purchaser)

จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างผู้รับซื้อซากรถ พบว่า ผู้รับซื้อซากรถเป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีบทบาทหลักในการจัดการ ELV โดยผู้รับซื้อซากรถเป็นผู้ประกอบกิจการที่ทำารเก็บรวบรวม ELV โดยการรับซื้อจากผู้ครอบครอง และหลังจากที่ได้รับมอบแล้วก็นำมาเข้าสู่กระบวนการบำบัด และการถอดรื้อ โดยวัตถุประสงค์หลักของการจัดการ ELV เป็นไปเพื่อผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจส่วนบุคคล ซึ่งถูกขับเคลื่อนโดยกลไกตลาด ผู้รับซื้อซากรถคาดหวังว่าจะได้รับผลกำไรจากความต่างของราคาที่รับซื้อซากรถมากับราคาที่จำหน่ายส่วนประกอบทั้งหมดออกไปหลังจากที่ ELV ได้ผ่านการจัดการบำบัดและถอดรื้อแล้ว โดยส่วนที่สามารถนำมาใช้ซ้ำ (reuse) จะเก็บรวบรวมไว้จำหน่ายต่อให้กับกลุ่มผู้นำไปใช้งาน เช่น อู่ซ่อมรถยนต์ ผู้ใช้งานรถเก่า ส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือรี

ไซเคิล (recycle) จะจำหน่ายต่อไปยังภาคธุรกิจการรีไซเคิล และส่วนที่เป็นขยะ (waste) จะส่งมอบให้กับผู้กำจัดขยะต่อไป (รูปที่ 2 (2))

ลักษณะการประกอบกิจการของผู้รับซื้อซากรถคือการรับซื้อมาและจำหน่ายออกไป รูปแบบของกิจการจึงเกี่ยวข้องกับการค้าเชิงพาณิชย์ จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง พบว่า ผู้รับซื้อซากรถได้ทำการจดทะเบียนพาณิชย์และขอรับใบอนุญาตค้าของเก่าประเภทรถยนต์ อย่างไรก็ตามผู้รับซื้อซากรถบางรายก็ไม่ได้ทำการจดทะเบียนพาณิชย์ หรือขออนุญาตค้าของเก่าแต่อย่างใด

ในด้านของขนาดกิจการของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่จะเป็นกิจการขนาดเล็กซึ่งใช้แรงงานมนุษย์เป็นหลักร่วมกับเครื่องมือทุ่นแรง หรือเครื่องมือช่าง เช่น ชุดประแจ ชุดบล็อกลม ชุดหัวตัดแก๊ส รถยก (fork lift) เครนยกของ (crane) เป็นต้น ไม่มีเทคโนโลยีเฉพาะ หรือเครื่องจักรขนาดใหญ่ (เช่น เครื่องบดตัดโลหะ) ในกระบวนการจัดการ ELV จำนวนแรงงานมีตั้งแต่ 2 ถึง 7 คน กลุ่มตัวอย่างแต่ละรายเก็บรวบรวม ELV ได้เฉลี่ยประมาณตั้งแต่ 5 ถึง 50 คันต่อเดือน

ในส่วนของเทคนิค วิธีการ และองค์ความรู้ที่ใช้ในการจัดการ ELV จะอาศัยทักษะและความรู้พื้นฐานทางด้านช่างยนต์ และประสบการณ์ที่สะสมมา จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง พบว่า แรงงานส่วนใหญ่เคยประกอบอาชีพเป็นช่างซ่อมรถยนต์มาก่อน

จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง พบว่า การเก็บรวบรวม ELV (collection) เป็นการรับซื้อจากผู้ครอบครอง ELV โดยแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ การรับซื้อโดยตรงและการประมูลซื้อ⁶ ดังที่ได้กล่าวไปแล้วว่า ELV ในประเทศไทยเป็นทรัพย์สินที่มีมูลค่า มีราคาซื้อขายขั้นต่ำตั้งแต่หลักหมื่นขึ้นไปถึงหลักแสนบาท โดยตราสินค้าและรุ่นของรถที่ได้รับความนิยมมีผู้ใช้งานมาก สภาพของซากรถและส่วนประกอบ อายุการใช้งานที่ไม่มาก และความครบถ้วนของเอกสารทางทะเบียน จะทำให้ ELV มีราคาสูง เนื่องจากรถยนต์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องทำการจดทะเบียนก่อนใช้งาน ตามข้อกำหนดทางกฎหมายเมื่อจะหยุดใช้งานจะต้องทำการแจ้งไม่ใช้รถตลอดไป ดังนั้นเจ้าของซากรถจะต้องทำการแจ้งไม่ใช้รถตลอดไปเพื่อยกเลิกทะเบียน แต่จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง พบว่า ในขั้นตอนของการซื้อขายซากรถผู้รับซื้อซากรถจะทำสัญญาซื้อขายไว้เป็นหลักฐาน โดยส่วนใหญ่จะได้รับซื้อซากรถที่มามีพร้อมกับเอกสารทางทะเบียนซึ่งยังไม่ได้ทำการยกเลิกทะเบียน และผู้รับซื้อซากรถอาจจะนำเฉพาะทะเบียนรถไปจำหน่ายต่อไปให้ผู้ที่ต้องการ หรือไม่ได้ดำเนินการใด ๆ ซึ่งทะเบียนจะถูกประทับไปเองหลังจากที่ผู้รับซื้อซากรถได้รับมอบ ELV แล้วก็จะเข้าสู่กระบวนการบำบัดและถอดรื้อต่อไป

⁶ จากการสัมภาษณ์ตัวแทนของบริษัทรับประมูลซากรถ พบว่า ซากรถที่บริษัทรับทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการประมูล ส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 90 เป็นซากรถอุบัติเหตุของบริษัทรับประกันรถยนต์ ซึ่งเป็นอดีตรถยนต์ที่ได้ทำประกันภัยขึ้นหนึ่งวันและได้เกิดอุบัติเหตุกลายเป็นรถยนต์เสียหายสิ้นเชิง และเนื่องจากบริษัทรับประมูลซากรถทำหน้าที่เพียงเป็นตัวกลางจึงไม่ทราบว่ามีผู้ประมูลนำซากรถอุบัติเหตุไปจัดการอย่างไรต่อ

การบำบัด (depollution) เป็นขั้นตอนของการคัดแยกสสาร (ของเหลว ของแข็ง แก๊ส) ที่เป็นของเสียอันตรายใน ELV ออกมา จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง พบว่า วัตถุประสงค์ในการบำบัด เป็นเพื่อความสะดวกและความปลอดภัยในขั้นตอนของการถอดรื้อต่อไป โดยขั้นตอนการบำบัด ELV จะใช้แรงงานมนุษย์ร่วมกับเครื่องมือทุ่นแรงหรือเครื่องมือช่าง ซึ่งไม่ได้มีคุณสมบัติหรือเทคโนโลยีในการบำบัดของเสียอันตรายออกจาก ELV อย่างเหมาะสม ทำให้วิธีการบำบัด ELV ไม่สามารถควบคุมมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ ตัวอย่างเช่น สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศรถยนต์ (CFCs และ HFCs ซึ่งเป็นประเภทหนึ่งของก๊าซเรือนกระจกที่หากไม่ได้รับการกำจัดอย่างถูกต้องสามารถส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน) จะใช้วิธีเปิดระบบปล่อยให้ระเหยออกสู่บรรยากาศไปเอง อย่างไรก็ตามของเสียอันตรายบางอย่างที่มีผลพลอยได้ทางการค้าและไม่จำเป็นต้องมีเทคโนโลยีหรือเครื่องมือเฉพาะในการบำบัด จะได้รับการจัดการเก็บรวบรวมในเบื้องต้นเพื่อรอจำหน่ายต่อไปให้กับภาคการรีไซเคิลต่อไป เช่น น้ำมันหล่อลื่นเก่าจะได้รับการเก็บรวบรวมไว้ในถังที่มีติด แต่เตอร์เก่าจะเก็บรวบรวมไว้ เพื่อจำหน่ายต่อไปเป็นวัตถุดิบให้กับโรงงานรีไซเคิลต่อไป หลังจากการบำบัดของเสียอันตรายออกจาก ELV แล้วก็จะเริ่มขั้นตอนถอดรื้อแยกส่วนประกอบ

การถอดรื้อ (Dismantling) เป็นการแยกส่วนประกอบของ ELV เพื่อจำแนกส่วนที่ยังคงมีสภาพดี ซึ่งสามารถนำมาใช้ซ้ำหรือนำกลับมาเป็นอะไหล่มือสอง และส่วนที่เสื่อมสภาพหรือเสียหายซึ่งมีทั้งส่วนที่สามารถนำไปรีไซเคิลและส่วนที่เป็นขยะไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ออกจากกัน โดยใช้แรงงานมนุษย์ร่วมกับเครื่องมือทุ่นแรงหรือเครื่องมือช่าง จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง พบว่า ในขั้นตอนของการถอดรื้อ ผู้รับซื้อซากรถจะจำแนกส่วนประกอบ ELV ออกเป็น 3 ส่วน โดยจำแนกตามวัตถุประสงค์ของการแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้าต่อไป ดังนี้ (1) “อะไหล่มือสอง” หรือที่มักจะเรียกกันว่า “อะไหล่แท้ถอด” หมายถึงชิ้นส่วนใด ๆ ที่ถอดรื้อจาก ELV ที่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ (reuse parts) เช่น เครื่องยนต์ ชุดเกียร์ ล้อรถยนต์ ถังลมนิรภัย เป็นต้น โดยจำหน่ายผ่านตลาดมือสองให้กับผู้นำไปใช้ซ้ำ เช่น อู่ซ่อมรถยนต์ ผู้ใช้งานรถเก่า โดยอะไหล่มือสองเป็นส่วนที่มีมูลค่ามากที่สุดของ ELV (2) “ของเก่า” หมายถึงชิ้นส่วนใด ๆ ที่ถอดรื้อจาก ELV ที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำ เนื่องจากเป็นชิ้นส่วนที่เสื่อมสภาพไปตามอายุการใช้งานหรือเกิดความเสียหายจากอุบัติเหตุ แต่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ (recycled materials) เช่น เหล็ก อลูมิเนียม ทองแดง พลาสติก ยางรถยนต์ เป็นต้น ซึ่งจะส่งต่อไปยังภาคการรีไซเคิลในรูปแบบของการชั่งน้ำหนักขาย โดยส่วนใหญ่ไม่ได้มีการเปลี่ยนสภาพหรือแปรรูปชิ้นส่วนเหล่านั้น และ (3) “ขยะ” หมายถึงชิ้นส่วนใด ๆ ที่ถอดรื้อจาก ELV ที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีก (waste) หรือไม่สามารถจำหน่ายออกไปได้ เป็นเศษซากที่เหลือจากการคัดแยกชิ้นส่วนที่มีมูลค่าออกไปแล้ว ถึงแม้ว่าขยะบางส่วนจะเป็นวัสดุที่สามารถเก็บกลับไปรีไซเคิลได้แต่เนื่องจากความไม่คุ้มค่าทางการเงินการเก็บทรัพยากรส่วนนี้กลับไปรีไซเคิลจึงไม่เกิดขึ้น เป็นภาระที่ผู้รับซื้อซากรถต้องรับผิดชอบ ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังผู้กำจัดขยะต่อไป

อย่างไรก็ตาม ชิ้นส่วนใด ๆ ที่ถอดรื้อจาก ELV อาจจะไม่ถูกนำกลับมาใช้อย่างเต็มศักยภาพ อันเนื่องมาจากกลไกตลาด กล่าวคือจากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง พบว่า ชิ้นส่วนที่มีศักยภาพเป็นอะไหล่มือสองในกรณีที่ไม่สามารถจำหน่ายเป็นอะไหล่มือสองได้เนื่องจากไม่มีผู้ซื้อ บางชิ้นส่วนจะสามารถจำหน่ายอย่างเป็นของเก่า แต่บางชิ้นส่วนก็กลายเป็นขยะที่ไม่สามารถหาประโยชน์ทางการค้าได้ ตัวอย่างเช่น ประตुरถยนต์รุ่นหนึ่ง ซึ่งมีสภาพดีสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำ ราคาขายเป็นอะไหล่มือสองอยู่ที่ประมาณ 2,000 บาทต่อบาน แต่ถ้าไม่สามารถหาผู้ซื้ออะไหล่มือสองได้ และไม่มีพื้นที่เพียงพอที่จะเก็บรวบรวมไว้หรือต้องการลดต้นทุนในการเก็บรักษา ก็จะจำหน่ายอย่างเป็นของเก่าแทนโดยการชั่งน้ำหนักขายเป็นเศษเหล็ก แต่จะได้ราคาประมาณ 200 บาทต่อบาน หรือกันชนและชิ้นส่วนภายในรถยนต์ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ผลิตจากพลาสติก ในกรณีที่มีสภาพสมบูรณ์สามารถนำไปใช้ซ้ำจะจำหน่ายเป็นอะไหล่มือสอง แต่หากไม่สามารถหาผู้ซื้อได้ และถึงแม้ว่าพลาสติกจะสามารถนำไปรีไซเคิลได้ แต่หากในช่วงเวลานั้นไม่มีผู้รับซื้อพลาสติกจากชิ้นส่วนของรถยนต์⁷ ชิ้นส่วนรถยนต์เหล่านี้ก็จะกลายเป็นขยะเพราะไม่สามารถจำหน่ายออกไปได้ ทั้งนี้โดยส่วนใหญ่ผู้รับซื้อซากรถยนต์มักจะเลือกเก็บรวบรวมเฉพาะส่วนที่มีมูลค่าสูง เช่น วัสดุที่เป็นเหล็ก ส่วนวัสดุที่มีมูลค่าต่ำ เช่น พลาสติก มักจะทิ้งเป็นขยะ เนื่องจากมีต้นทุนในการเก็บรักษา จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลถึงสถานที่ประกอบกิจการของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า มีชิ้นส่วนที่ถอดรื้อจาก ELV ตกค้างอยู่ในสถานที่ของผู้รับซื้อซากรถเป็นจำนวนมากซึ่งได้แบ่งแยกประเภทและเทกองรวมกันไว้ มีทั้งส่วนที่เป็นอะไหล่มือสองที่เก็บรวบรวมไว้เพื่อรอจำหน่าย ส่วนที่เป็นของเก่าหรือวัสดุดีสำหรับการรีไซเคิล และส่วนที่เป็นขยะ

ขยะที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดและถอดรื้อส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นพลาสติกจากชิ้นส่วนทั้งภายในและภายนอกรถยนต์ และวัสดุชนิดอื่น ๆ เช่น เศษกระจก พรหม หรือยางปูพื้น/เพดานรถยนต์ จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง พบว่า เนื่องจากความไม่คุ้มค่าทางการเงินจึงไม่เกิดการเก็บทรัพยากรเหล่านี้กลับไปรีไซเคิล วิธีการจัดการขยะที่เกิดขึ้นจากการจัดการ ELV ของผู้รับซื้อซากรถจะใช้วิธีจ้างรถขนขยะ หรือทำการขนย้ายขยะด้วยตนเองไปทิ้งที่จุดรับกำจัดขยะหรือจุดรวบรวมขยะ (waste collector) ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยในชุมชนต่อไป นอกจากนี้ยังพบว่า ในกรณีที่ขยะเป็นชิ้นส่วนขนาดเล็ก เช่น ส่วนประกอบที่เป็นพลาสติก และมีปริมาณไม่มากจะถูกนำไปทิ้งรวมกับขยะมูลฝอยจากชุมชนที่จุดรับขยะตามแหล่งชุมชนใกล้เคียง ซึ่งจะมีรถเก็บขยะของหน่วยงานองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (municipal solid waste disposal facilities) มาเก็บรวบรวมไปจัดการกำจัดต่อไป ดังนั้นขยะที่เกิดขึ้นจากการจัดการ ELV จึงถูกเก็บ

⁷ จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง พบว่า ชิ้นส่วนกันชนรถยนต์ที่ผลิตจากพลาสติกในอดีตสามารถรวบรวมจำหน่ายอย่างเป็นของเก่าได้ แต่ในปัจจุบันไม่มีผู้ซื้อจึงต้องนำไปทิ้งเป็นขยะ และจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการรับซื้อของเก่าที่มีการรับซื้อพลาสติกจากกันชนรถยนต์ พบว่า พลาสติกจากกันชนรถยนต์ถือเป็นพลาสติกเกรดต่ำที่สุด (เนื่องจากการปนเปื้อนของสีรถยนต์) ซึ่งมีราคาต่ำ (ประมาณ 4 บาทต่อกิโลกรัม) จึงมักจะไม่มีรถเก็บรวบรวมไว้เพื่อรอการจำหน่ายต่อ

รวมไปกับขยะมูลฝอยอื่น ๆ จากภาคครัวเรือนและนำไปกำจัดยังสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยในชุมชน ใกล้เคียงหรือโรงงานกำจัดขยะ

จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการร้านรับซื้อของเก่า พบว่า ด้วยเหตุผลทางเศรษฐกิจส่วนใหญ่ ผู้รวบรวมขยะ มักจะทำการคัดแยกขยะที่รับมา เพื่อเก็บรวบรวมส่วนที่มีมูลค่าหรือสามารถนำไปรีไซเคิลได้ไปจำหน่ายต่อ ดังนั้นขยะบางส่วนจาก ELV จึงอาจจะผ่านการคัดแยกโดยผู้รวบรวมขยะอีกครั้งแล้วส่งต่อไปยังภาคการรีไซเคิลต่อไป

เนื่องจากความไม่มีอยู่ของข้อมูลทำให้ไม่สามารถทราบได้อย่างแน่ชัดว่าสัดส่วนขยะทั้งหมดจาก ELV ถูกกำจัดอย่างเหมาะสมต่อสิ่งแวดล้อมหรือไม่ อย่างไรก็ตามจากรายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทยปี พ.ศ. 2559 พบว่า ช่องทางในการกำจัดขยะมูลฝอยจากชุมชนในประเทศไทยคือการฝังกลบและการเผาทำลาย โดยสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยทั้งแบบถูกต้องและไม่ถูกต้องมีจำนวน 2,810 แห่งทั่วประเทศ เป็นสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยแบบถูกต้อง ซึ่งมีการควบคุมและการจัดการมลพิษจำนวน 330 แห่ง และสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยแบบไม่ถูกต้อง (improper disposal) ซึ่งอาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้จำนวน 2,480 แห่งทั่วประเทศ (ส่วนขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล, 2560) และนอกจากนี้ยังมีโรงงานกำจัดขยะประเภท 101 ที่เป็นโรงงานเผาขยะ และโรงงานประเภท 105 ที่เป็นโรงงานฝังกลบขยะ ซึ่งอยู่ภายใต้การควบคุมจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม แต่โดยส่วนใหญ่โรงงานประเภท 101 (โรงงานเผาขยะ) และ 105 (โรงงานฝังกลบ) มักจะทำการกำจัดขยะที่มาจากภาคโรงงานอุตสาหกรรมเป็นหลัก (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2554) ดังนั้นขยะจาก ELV ซึ่งส่วนใหญ่ถูกส่งไปยังสถานที่กำจัดขยะในชุมชนใกล้เคียงจึงอาจจะไม่ได้รับการกำจัดอย่างถูกต้องเหมาะสมต่อสิ่งแวดล้อม

2.3 ภาคการรีไซเคิลซากรถ (recycling sector)

หลังจากที่ ELV ถูกส่งมอบให้กับผู้รับซื้อซากรถซึ่งได้ประกอบกิจกรรมการบำบัดและถอดรื้อ ELV แล้ว ชิ้นส่วนที่ผู้รับซื้อซากรถไม่ได้เก็บกลับไปเพื่อการใช้ซ้ำและเป็นวัสดุที่สามารถรีไซเคิลได้หรือที่เรียกกันว่าของเก่า จะถูกส่งต่อมายังภาคการรีไซเคิล (รูปที่ 2 (3)) จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างผู้รับซื้อซากรถ พบว่า อาจจะมีการเปลี่ยนรูปวัตถุบางอย่างเพื่อความสะดวกในการขนส่งและเพิ่มมูลค่าทางการค้า เช่น การคัดแยกถนนหุ้มสายไฟออกจากทองแดงซึ่งจะจำหน่ายได้ราคาดีกว่า โดยมีทั้งการเผาถนนหุ้มซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วแต่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และการปลอกซึ่งต้องใช้เวลาและแรงงานในการจัดการเนื่องจากไม่มีเครื่องจักรแต่จะขายได้ราคาดีกว่าการเผา การตัดแยกเหล็กจากตัวถังรถยนต์เพื่อให้ง่ายต่อการขนส่ง ชิ้นส่วนที่มีวัสดุหลายประเภทปะปนกันเช่นรถยนต์ซึ่งมีทั้งส่วนที่เป็นเหล็ก อะลูมิเนียม และของเหลว จำเป็นต้องมีการแยกส่วนเพื่อผลประโยชน์ทางการค้า เป็นต้น แต่โดยส่วนใหญ่ไม่ได้มีการเปลี่ยนรูปของชิ้นส่วนหรือวัตถุ เช่นแบตเตอรี่จะจำหน่ายไปทั้งลูก ชิ้นส่วนภายในของรถยนต์ที่เป็นพลาสติกจะจำหน่ายไปทั้งชิ้น ยาง

รถยนต์จะนำหน่วยไปทั้งเส้น เป็นต้น จะปล่อยให้ร้านรับซื้อของเก่าหรือโรงงานรีไซเคิลทำหน้าที่จัดการวัสดุให้พร้อมสำหรับการรีไซเคิลเอง เพราะวัตถุประสงค์หลักของผู้รับซื้อซากรถคือการค้ากำไร จากชิ้นส่วนที่เป็นอะไหล่มือสอง ทั้งนี้ราคาซื้อขายของเก่าไม่แน่นอน ขึ้นลงตามกลไกตลาด และบางช่วงเวลาก็ไม่มีการรับซื้อวัสดุบางชนิด

จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการร้านรับซื้อของเก่า พบว่า มีทั้งร้านที่รับซื้อทุกประเภทวัสดุ หรือรับซื้อเฉพาะบางวัสดุ เช่น รับซื้อเฉพาะโลหะ รับซื้อเฉพาะพลาสติก รับซื้อเฉพาะน้ำมันเก่า อย่างไรก็ตามร้านรับซื้อของเก่าไม่ได้รับซื้อเฉพาะของเก่าที่มาจาก ELV เท่านั้น ลักษณะการประกอบกิจการของร้านรับซื้อของเก่าคือการเก็บรวบรวมวัสดุที่ไม่ใช้แล้วสำหรับการรีไซเคิล ซึ่งเป็นวัสดุที่มาจากภาคครัวเรือนไม่ใช่โรงงานอุตสาหกรรม (สำหรับวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากโรงงานอุตสาหกรรม จะถูกเก็บรวบรวมโดยโรงงานประเภทที่ 105 และ 106 เท่านั้น) และส่งมอบวัสดุนั้นให้กับโรงงานรีไซเคิลต่อไป โดยตามกฎหมายผู้ประกอบการรับซื้อของเก่าจะต้องขอรับใบอนุญาตค้าของเก่าและใบอนุญาตประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) แต่เนื่องจากมีร้านรับซื้อของเก่าอีกจำนวนมากที่ไม่ได้ขออนุญาตประกอบกิจการ ซึ่งอยู่นอกเหนือการควบคุมตรวจสอบจากภาครัฐบาล (ไทยรัฐออนไลน์, 2557) อีกทั้งไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลการค้าของเก่าจากซากรถ ทำให้ไม่สามารถทราบข้อมูลอัตราการนำของเก่าหรือทรัพยากรจาก ELV กลับมารีไซเคิล

โดยหลังจากที่ร้านรับซื้อของเก่าได้เก็บรวบรวมวัสดุสำหรับการรีไซเคิลจากภาคครัวเรือนซึ่งรวมถึงของเก่าจากการจัดการ ELV ด้วยแล้ว ก็จะจำหน่ายต่อไปให้กับโรงงานคัดแยกวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ได้แก่ โรงงานประเภท 105 หรือโรงงานคัดแยกวัสดุที่ไม่ใช้แล้วนอกระบบ ซึ่งโรงงานคัดแยกวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจะทำการคัดแยกและเปลี่ยนสภาพวัสดุที่ไม่ใช้แล้วให้ง่ายต่อการนำไปรีไซเคิล เช่นการอัดเศษโลหะเป็นก้อน และส่งต่อไปให้กับโรงงานรีไซเคิล หรือจำหน่ายโดยตรงให้กับโรงงานรีไซเคิล ได้แก่ โรงงานประเภท 106 หรือโรงงานรีไซเคิลนอกระบบ นำไปผ่านกระบวนการรีไซเคิลเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่หรือวัตถุดิบสำหรับการผลิตทางอุตสาหกรรม

จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างผู้รับซื้อซากรถ พบว่า ชิ้นส่วนและของเสียจาก ELV ที่มีเก็บรวบรวมเพื่อนำไปรีไซเคิล ได้แก่ ชิ้นส่วนที่เป็นวัสดุเหล็ก (เช่น ตัวถังรถ) อลูมิเนียม (เช่น ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ ล้อรถยนต์) ทองแดง (เช่น สายไฟ) พลาสติก (เช่น ชิ้นส่วนภายในรถยนต์) โลหะมีค่า (เช่น เครื่องฟอกไอเสีย (catalytic converter)) ยางรถยนต์ แบตเตอรี่ น้ำมันหล่อลื่นเก่า โดยหลังจากผ่านกระบวนการรีไซเคิลได้ออกมาเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมแล้ว ก็จะถูกส่งต่อไปให้กับภาคอุตสาหกรรมการผลิต (manufacturing plant) เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใหม่ต่อไป

อภิปรายผลการศึกษาและข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับการจัดการรถยนต์ที่หมดอายุใน ประเทศไทย

1. อภิปรายผลการศึกษา

จะเห็นได้ว่าเนื่องจากความเป็นทรัพย์สินที่ยังคงมีมูลค่าทำให้เกิดตลาดการค้าขาย ELV ขึ้น การมีทางเลือกอย่างอิสระในการแสวงหาผลประโยชน์ส่วนบุคคลโดยไม่ต้องคำนึงถึงผลกระทบภายนอก (externality) เนื่องจากไม่มีสถาบันที่เป็นทางการหรือกฎหมายควบคุม ทำให้ผู้รับซื้อซากรถที่ทำหน้าที่หลักในการจัดการ ELV (เก็บรวบรวม บำบัด และถอดรื้อ) ไม่คำนึงถึงการป้องกันมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้การนำทรัพยากรจาก ELV กลับมาใช้ประโยชน์ถูกขับเคลื่อนโดยกลไกตลาด จากความไม่คุ้มค่าทางการเงินทำให้ทรัพยากรที่มีคุณค่าบางส่วนไม่ถูกนำกลับมาใช้ และถูกทิ้งให้กลายเป็นขยะ ที่ซึ่งอาจจะถูกกำจัดโดยวิธีการที่ไม่ถูกต้องก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมตามมา

ดังนั้นในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการจัดการ ELV ที่ดีได้ เพราะวิธีการบำบัดและกำจัดของเสียอันตรายจาก ELV ไม่มีความเหมาะสมต่อสิ่งแวดล้อมและการไม่สามารถนำทรัพยากรกลับมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ตามแนวคิดของเศรษฐศาสตร์สถาบันแบบใหม่เงื่อนไขแรกเพื่อการจัดการ ELV อย่างเหมาะสม คือการจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องได้มาซึ่งกฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับโดยตรงเกี่ยวกับ ELV ที่ถูกต้อง ดังเช่นประสบการณ์จากสหภาพยุโรปและประเทศญี่ปุ่นที่ทำให้เห็นว่าการบังคับใช้มาตรการทางกฎหมายโดยตรงเกี่ยวกับ ELV บนหลักการขยายความรับผิดชอบของผู้ผลิต ร่วมกับการกำหนดมาตรฐาน ข้อบังคับ เป้าหมาย และการให้แรงจูงใจกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง ทำให้การจัดการ ELV สามารถบรรลุวัตถุประสงค์เรื่องความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์ทรัพยากรได้

ดังนั้นผู้เขียนเห็นว่า สำหรับประเทศไทยการจัดตั้งกฎหมายเกี่ยวกับ ELV โดยตรงขึ้นจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการ ELV ได้ โดยใช้หลักการขยายความรับผิดชอบของผู้ผลิต ที่บังคับให้ผู้ผลิตรถยนต์ (หรือผู้นำเข้ารถยนต์) ต้องรับผิดชอบในการเก็บรวบรวม การบำบัดของเสีย การรีไซเคิล และการกำจัดซากรถยนต์ โดยผู้ผลิตอาจจะจัดตั้งเครือข่ายของตนเองก็ได้ ทั้งนี้กฎหมายเกี่ยวกับ ELV จะต้องกำหนดให้กิจการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ ELV ต้องได้รับใบอนุญาตให้ประกอบกิจการซึ่งมีการควบคุมขั้นตอนการปฏิบัติและการจัดการของเสียอันตรายที่ถูกต้องตามหลักมาตรฐานทางวิชาการ โดยอาจจะแก้ไขเพิ่มเติมให้กิจการเกี่ยวกับการจัดการ ELV เป็นโรงงานประเภทหนึ่งที่ต้องได้รับอนุญาตและปฏิบัติตามข้อกำหนดจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมตาม พ.ร.บ. โรงงาน

เพื่อการติดตามตรวจสอบและประเมินผล จำเป็นที่จะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับ ELV ทั้งในเรื่องของจำนวนและประสิทธิภาพในการจัดการ โดยอาจจะ

กำหนดให้เจ้าของรถยนต์ต้องใช้ใบรับรองการทำลาย (ซึ่งจะออกให้โดยผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ ELV ที่ได้รับอนุญาตอย่างถูกต้องเมื่อเจ้าของรถยนต์ได้ทำการส่งมอบ ELV ให้) เป็นหลักฐานที่จำเป็นต้องใช้สำหรับการยกเลิกทะเบียนรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ ทั้งนี้ต้องยกเลิกระบบการลงทะเบียนเพื่อสร้างภาระผูกพันหรือความรับผิดชอบของเจ้าของรถยนต์ต่อกรณีที่ไม่ได้ทำการยกเลิกทะเบียน ELV เพื่อให้แน่ใจได้ว่า ELV ทั้งหมดจะได้รับการจัดการอย่างเหมาะสมจากผู้ประกอบที่ที่ได้รับอนุญาต และให้กรมโรงงานอุตสาหกรรมทำหน้าที่เก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมการจัดการ ELV ทั้งอัตราการการบำบัดและกำจัดของเสีย อัตราการรีไซเคิล จากผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินประสิทธิภาพเพื่อหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขต่อไป

นอกจากนี้ผู้เขียนเห็นว่าการให้แรงจูงใจกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย กล่าวคือ การคืนเงินภาษีเกี่ยวกับรถยนต์บางส่วนให้กับผู้ครอบครอง ELV คนสุดท้ายที่ได้ทำการยกเลิกทะเบียน และการอุดหนุนหรือลดหย่อนภาษีให้กับผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ ELV จะเป็นกลไกสำคัญที่กระตุ้นให้เกิดการพัฒนากระบวนการจัดการ ELV อย่างเหมาะสม

บทสรุป

ด้วยสภาพสถาบันที่เป็นทางการในปัจจุบันทำให้ (1) ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องอายุการใช้งานของรถยนต์ส่วนบุคคลและการให้แรงจูงใจทางภาษีเพื่อยืดอายุการใช้งานรถยนต์ส่วนบุคคล ส่งผลให้ต้นทุนในการใช้งานรถเก่าต่ำ มีจำนวนรถยนต์สะสมที่มีอายุการใช้งานสูงจำนวนมาก (2) ไม่มีกฎหมายหรือระเบียบที่กำหนดว่าจะต้องทำอะไรต่อไปกับ ELV และไม่มีการควบคุมกิจกรรมการจัดการ ส่งผลให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีทางเลือกอย่างอิสระในการแสวงหาผลประโยชน์ส่วนบุคคลจาก ELV โดยไม่ให้ความสำคัญกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือต้นทุนที่เกิดขึ้นกับสังคมและยังไม่สามารถนำทรัพยากรกลับมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นเพื่อการปกป้องสิ่งแวดล้อมและอนุรักษ์ทรัพยากรจากการจัดการ ELV ประเทศไทยจำเป็นต้องตรากฎหมายเฉพาะเกี่ยวกับการจัดการ ELV โดยใช้หลักการขยายความรับผิดชอบต่อผู้ผลิตร่วมกับการกำหนดมาตรฐาน และการสร้างแรงจูงใจกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2551). คู่มือสำหรับผู้ประกอบอาชีพรับซื้อของเก่า แนวทางปฏิบัติที่ดีในการป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับร้านรับซื้อของเก่า. สืบค้นจาก http://infofile.pcd.go.th/waste/waste_recyclemanual.pdf
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2554). คู่มือ หลักปฏิบัติที่ดีสำหรับการให้บริการบำบัด กำจัดกากอุตสาหกรรม. สืบค้นจาก <http://www2.diw.go.th/iwmb/form/factory1.pdf>

- ไทยรัฐออนไลน์. (2557). คพ. เผยยังมีร้านรับซื้อของเก่าไม่มีทะเบียนอีกเพียบ. สืบค้นจาก <https://www.thairath.co.th/content/414260>
- วราพรรณ สีโกเมน. (2559). มาตรการทางกฎหมายในการหมุนเวียนซากรถกลับมาใช้ใหม่ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะนิติศาสตร์, สาขา กฎหมายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- ส่วนขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล สำนักงานจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ. (2560). รายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2559. สืบค้นจาก http://infofile.pcd.go.th/waste/wsthaz_annual59.pdf
- Aroonsrimorakot, S., & Akaraj, S. (2010). Potential of End of life vehicles directive implementation in Thai Automotive Industry. *J. Environ. Res.*, 32(2), 25-35.
- Despeisse, M., Kishita, Y., Nakano, M., & Barwood, M. (2015). Towards a circular economy for end-of-life vehicles: A comparative study UK–Japan. *Procedia CIRP*, 29, 668-673.
- European Parliament and Council of the European Union. (2000). Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 2000 on End-of Life Vehicles. *Official Journal of the European Communities*
- Hiratsuka, J., Sato, N., & Yoshida, H. (2014). Current status and future perspectives in end-of-life vehicle recycling in Japan. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 16(1), 21-30.
- Hu, S., & Wen, Z. (2015). Why does the informal sector of end-of-life vehicle treatment thrive? A case study of China and lessons for developing countries in motorization process. *Resources, Conservation and Recycling*, 95, 91-99.
- Kanari, N., Pineau, J. L., & Shallari, S. (2003). End-of-life vehicle recycling in the European Union. *Jom*, 55(8), 15-19.
- Lindhqvist, T. (2000). Extended Producer Responsibility in Cleaner Production: Policy Principle to Promote Environmental Improvements of Product Systems IIIIEE, Lund University
- North, D. C. (1994). Economic performance through time. *The American economic review*, 84(3), 359-368.

- Sakai, S. I., Noma, Y., & Kida, A. (2007). End-of-life vehicle recycling and automobile shredder residue management in Japan. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 9(2), 151-158.
- Sakai, S. I., Yoshida, H., Hiratsuka, J., Vandecasteele, C., Kohlmeyer, R., Rotter, V. S., ... & Oh, G. J. (2014). An international comparative study of end-of-life vehicle (ELV) recycling systems. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 16(1), 1-20.
- Schneider, J., Karigl, B., Neubauer, C., Tesar, M., Oliva, J., & Read, B. (2010). End of life vehicles: legal aspects, national practices and recommendations for future successful approach. Report commissioned by the European Parliament's Committee on Environment. Public Health and Food Safety. European Parliament, Brussels.
- Smink, C. K. (2007). Vehicle recycling regulations: lessons from Denmark. *Journal of Cleaner Production*, 15(11-12), 1135-1146.
- Williamson, O. E. (2000). The new institutional economics: taking stock, looking ahead. *Journal of economic literature*, 38(3), 595-613