การนำถนนแอสฟัสต์มาใช้ใหม่โดยการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ
Recycled of Asphalt Road using Microwave Heating

ทวีศักดิ์ รุ่งศักดิ์ทวีกุล[1] รัฐศักดิ์ พรหมมาศ[2*] และณิชาภา มินาบูลย์[3]
Thaweesak Runngsakthaweekul[1], Ratthasak Prommas[2*] and Nichapha Minabhun[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการย่อยผิวถนนแอสฟัลต์โดยการใช้ไมโครเวฟทำความร้อนเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผิวถนนแอสฟัลต์เมื่อได้รับความร้อนจากคลื่น ไมโครเวฟ และศึกษากำลังงานไมโครเวฟ (วัตต์) รวมทั้งระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำให้ผิวถนนแอสฟัลต์อ่อนตัว โดยทำการทดลองเริ่มต้นที่กำลัง 400 500 600 700 และ 800 วัตต์ ที่เวลา 5 นาที 10 นาที 15 นาที 20 นาที และ 25 นาที ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลของแอสฟัลต์เมื่อได้รับความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟและการศึกษากำลังวัตต์รวมทั้งระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำให้แอสฟัลต์อ่อนตัวเหมาะกับการ Recycling ผลการศึกษาพบว่าที่กำลัง 600 วัตต์ เวลา 10 นาที เป็นช่วงที่แอสฟัลต์มีอุณหภูมิสม่ำเสมอเท่ากันทั้งก้อนคืออุณหภูมิ 146.00 ± 0.70 °C เหมาะสมกับการ Recycling มากที่สุด ผลการวิเคราะห์พบว่าใช้พลังงานไฟฟ้า 0.099 kWh. และเมื่อนำไปเทียบกับกำลังวัตต์และเวลาอื่นๆ ที่ไม่ทำให้แอสฟัลต์เสียคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลเปลี่ยนไป คือระหว่าง 120 °C – 160 °C จากการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์อบผิวถนนแอสฟัลต์ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานลง ตลอดจนเป็นการรักษาสภาพแวดล้อมและการอนุรักษ์พลังงาน

คำสำคัญ: คลื่นไมโครเวฟ แอสฟัลต์ การนำกลับมาใช้ใหม่

Abstract

This research studied the asphalt recycling process of microwave pre-heating which mainly targeted the physical and mechanical properties of asphalt after microwave pre-heating process, effect of microwave power causes a change in temperature of asphalt and suitable time of microwave pre-heating for turning hard asphalt into soft asphalt. The experiment was studied at the power of magnetron of 400, 500, 600, 700 and 800 Watts

[1] อ., สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ประจวบคีรีขันธ์ 77110
[2] อ.ดร., สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ นครปฐม 73170
[3] อ., สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ นครปฐม 73170

[1] Lecturer, Civil Engineering Division, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Prachuabkirikhan, 77110
[2] Lecturer Dr., Mechanical Engineering Division, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Nakonpathom, 73170
[3] Lecturer, Department of Facility Management, Faculty of Architecture and Design, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Nakonpathom, 73170
[*] Corresponding author: E-mail address: ratthasak.pro@mutr.ac.th

and heating time of 5, 10, 20 and 25 minutes**.** The research results regarding the physical and mechanical properties of asphalt heated by microwave including watt and suitable time for soft asphalt in recycling found that at power 600 Watts, 10 minutes time, the asphalt had a uniform temperature especially at 146.00 ± 0.70 °C and which was most appropriate for recycling. The economic analysis showed that electric energy at 0.099 kWh was deemed as saving energy when compared with the other time and Wattage which did not change asphalt's physical and mechanical properties between 120 °C - 160 °C. Accordingly, the research result can be applied for the design and creation of an effective drying device for asphalt road surface, as well as reducing energy consumption.

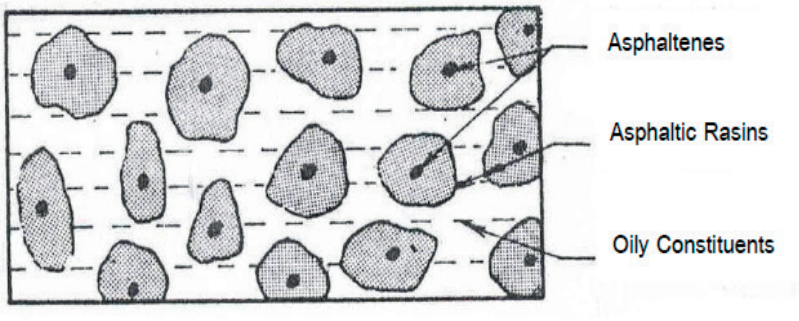
Keywords: Microwave, Asphalt Road, Recycled Process

บทนำ

ถนนเป็นเส้นทางขนส่งทางบกที่สำคัญของประเทศไทยมาเป็นระยะเวลานาน เมื่อพิจารณาตามลักษะโครงสร้าง สามารถแบ่งถนนได้เป็นประเภทผิวทางคงรูปและประเภทผิวทางยืดหยุ่น ถนนส่วนใหญ่ในประเทศไทยมีผิวทางประเภทยืดหยุ่นที่ใช้แอสฟัลต์เป็นส่วนผสมและนำมาใช้เป็นวัสดุปูผิวทางของถนนมากที่สุด ถนนที่ผ่านการใช้งานมาระยะเวลาหนึ่งมักจะเกิดการเสียหายขึ้นตามอายุการใช้งาน ประกอบกับอาจมีการออกแบบและทำงานอย่างไม่เหมาะสม ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ถนนเกิดการชำรุดเสียหาย [1] ปัจจุบันถนนแอสฟัลต์สามารถนำมาย่อยเพื่อการผสมแอสฟัลต์ใหม่ โดยกระบวนการในการย่อยเพื่อรักษาคุณสมบัติของแอสฟัลต์นั้น จะต้องให้ความร้อนในกระบวนการย่อยที่เหมาะสมโดยไม่ทำให้คุณสมบัติการเปลี่ยนรูป (Elastic Deformation Property) ลดลง การ Recycling [2] เป็นการนำวัสดุที่ใช้นำมาใช้ใหม่ในปี 1915 Florida Department of Transportation ได้นำวัสดุโครงสร้างทางเก่ากลับมาใช้ใหม่โดยใช้ปูนซีเมนต์เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของถนน [3] อายุของผิวจราจรแบบยืดหยุ่นจะอยู่ที่ประมาณ 20 ปี [4] ข้อได้เปรียบเทียบของการทำ Pavement Recycling ว่าเป็นการเพิ่มคุณค่าของวัสดุทางเดิม ซึ่งบางพื้นที่วัสดุทางเดิมมีการใช้งานสั้น วัสดุก่อสร้างใหม่มีราคาสูงและมีข้อจำกัดทางธรณีภูมิศาสตร์ ดังนั้นการทำ Recycling เป็นการประหยัดพลังงาน อนุรักษ์ระบบนิเวศน์ สิ่งแวดล้อม และอนุรักษ์แหล่งวัสดุธรรมชาติ [5] ถนนที่จะทำ Recycling ควรมีความลึกของชั้นวัสดุที่เหมาะสมต้องพิจารณาการเพิ่มเม็ดหิน เข้าผสมกับวัสดุโครงสร้างทางเดิมว่ามีความเหมาะสมเพียงใด ถนนที่จะทำ Recycling ควรมีความยาวไม่น้อยกว่า 5 กม. จึงมีความประหยัดและคุ้มค่า [6]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการวิจัย การย่อยผิวถนนแอสฟัลต์โดยการใช้ไมโครเวฟทำความร้อนเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อเป็นแนวทางในการให้ความร้อนกับผิวถนนแอสฟัลต์ในการย่อยและนำกลับมาผสมทำถนนแอสฟัลต์ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากพลังงานไมโครเวฟมีลักษณะการทำงานคือให้ความร้อนจากภายในสู่ภายนอก ทำให้เกิดความร้อนในชิ้นผิวถนนแอสฟัลต์กระจายตัวได้อย่างสม่ำเสมอและไม่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนไป โดยชิ้นผิวถนนแอสฟัลต์ที่ใช้ความร้อนจากพลังงานไมโครเวฟนั้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าการให้ความร้อนโดยการนำพาความร้อน และความร้อนที่เกิดขึ้นในเนื้อแอสฟัลต์คอนกรีตนั้น จะขึ้นอยู่กับ กำลังวัตต์ คุณสมบัติไดอิเล็กตริก (Dielectric Property) และเวลาที่ใช้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์อบผิวถนนแอสฟัลต์สำหรับการรีไซเคิลได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ทำให้ลดปริมาณการใช้พลังงานและเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

ยางแอสฟัลต์ประกอบด้วยของแข็ง 2 อย่างคือ Asphalt Tanes และ Asphaltic Rasins และส่วนที่เป็นน้ำมันเหลว ในการเกาะตัวกัน Asphalt Tanes จะทำหน้าที่คล้าย Nucleus และห่อหุ้มด้วย Asphaltic Rasins ส่วนประกอบทั้ง 2 อย่างนี้แขวนลอยอยู่ใน Oily Constituents [7] ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างของยางแอสฟัลต์ [7]

สารที่เป็นฉนวนไฟฟ้าหรือ Dielectric Material เช่น ไม้ กระดาษ พลาสติก ถูกนำเข้าไปในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โมเลกุลของสาร Dielectric Material จะหมุนและเคลื่อนที่หลายล้านครั้ง โดยจะเคลื่อนที่ตามการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้า โดยแสดงดังภาพที่ 2 ซึ่งภายใน Dielectric Material จะมี Dipole ของแต่ละโมเลกุลเรียงตัวอยู่อย่างไม่เป็นระเบียบ ซึ่ง Dipole ในแต่ละโมเลกุลจะประกอบไปด้วยขั้วบวกและขั้วลบ เมื่อมีสนามไฟฟ้าวิ่งผ่าน Dielectric Material ทำให้ Dipole ในแต่ละโมเลกุลจะเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบและสลับขั้วตามการเปลี่ยนแปลงของคลื่นซึ่งจากการสลับขั้วไปมาอย่างรวดเร็วของ Dipole ทำให้ความเสียดทานเกิดขึ้นกับโมเลกุลตัวอื่น ๆ ทำให้เกิดพลังงานออกมาในรูปของความร้อนภายใน Dielectric Material [8]

ข้อดีของการทำความร้อนไมโครเวฟ

1. ใช้เวลาน้อย ประหยัดเนื้อที่และแรงงาน ลดจำนวนชิ้นงานที่เสียเนื่องจากอุปกรณ์ทำงานส่วนใหญ่ไม่เคลื่อนที่

2. การทะลุทะลวงของพลังงานไมโครเวฟสามารถทะลุทะลวงเข้าไปกำเนิดพลังงานความร้อนภายในวัสดุ ทำให้มีความร้อนกระจายสม่ำเสมอทั่วทั้งก้อนวัสดุกล่าวได้ว่าวิธีการนี้เป็นการให้ความร้อนเชิงปริมาตร ในขณะที่การให้ความร้อนแบบอื่นจะให้ความร้อนที่ผิววัสดุแล้วส่งถ่ายความร้อนเข้าสู่ภายในโดยกลไกการนำความร้อน ซึ่งหากวัสดุได้รับความร้อนนี้เป็นเวลานานๆ อาจก่อให้เกิดความเสียหายที่ผิวด้านนอกเพราะมีอุณหภูมิสูงเกินไป ในขณะที่ภายในเนื้อวัสดุยังได้รับความร้อนไม่ทั่วถึงทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่ได้คุณภาพตามที่ต้องการ นอกจากนั้นยังใช้เวลามากเพราะมีข้อจำกัดทางด้านความสามารถในการถ่ายเทความร้อน ดังนั้นการทำความร้อนด้วยพลังงานไมโครเวฟจึงทำให้คุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่า

3. ความสามารถในการเลือกวัตถุที่จะรับความร้อน วัตถุบางอย่างสามารถดูดซับพลังงานจากไมโครเวฟได้ทันทีแต่วัสดุบางอย่างไม่มี คุณสมบัติเหล่านี้ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบอีกอย่างหนึ่งของกระบวนการไมโครเวฟ ยกตัวอย่างเช่น เราสามารถให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ในหีบห่อโดยไม่ทำลายหีบห่อนั้น

4. การควบคุมอย่างทันทีทันใดด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ ในอุปกรณ์ให้ความร้อนแบบเก่า เช่น เตาอบต้องใช้เวลามากในการปรับอุณหภูมิ ในขณะที่เตาไมโครเวฟสามารถปรับอุณหภูมิได้ด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งใช้เวลาน้อยมาก (ภายในเศษเสี้ยววินาที)

5. มีประสิทธิภาพสูง ในการให้ปริมาณความร้อนที่เท่ากัน วิธีการทางไมโครเวฟใช้พลังงานน้อยกว่าวิธีแบบเก่ามาก (ประสิทธิภาพโดยรวมประมาณ 60 % - 70 % ในขณะที่วิธีแบบเก่ามีประสิทธิภาพโดยรวมประมาณ 10 % - 30 %)

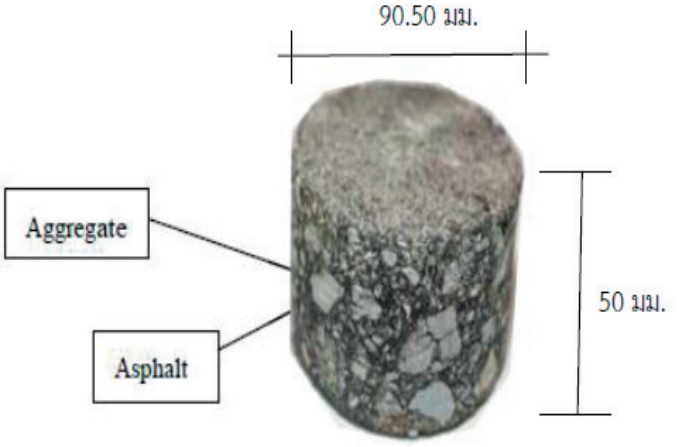
6. ไม่ก่อมลภาวะ กระบวนการทางไมโครเวฟเป็นกระบวนการที่สะอาด ไม่สร้างมลภาวะต่างจากกระบวนการให้ความร้อนวิธีอื่นที่ต้องใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้

ในปัจจุบันกระบวนการทางไมโครเวฟได้ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรม เช่น การอบแห้งอาหาร อบแห้งสิ่งทอ อบแห้งไม้และกระดาษ อุตสาหกรรมพลาสติก การทำสเตอร์ริไลซ์ และอื่น ๆ อีกมากมาย กระบวนทางไมโครเวฟยังได้ถูกนำไปใช้งานทางการแพทย์ เช่น การคลายเนื้อเยื่อที่แข็งตัว การอุ่นเลือด และกำจัดเนื้องอก นอกจากนี้ไมโครเวฟยังสามารถนำไปใช้ในงานแยกส่วนประกอบที่เป็นสารระเหยจากวัสดุ เช่น การแยกกำมะถันออกจากถ่านหิน โดยการ Pre-Combustion Treatment และการแยกสารสกปรกออกจากดิน เป็นต้น

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ

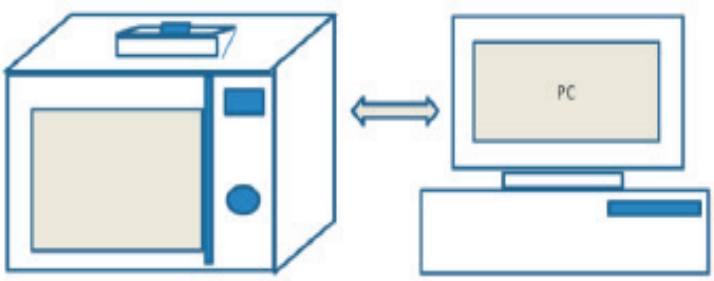
งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการทดลอง โดยการนำก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ มาทดลองโดยการใช้ไมโครเวฟย่อยสลายแอสฟัลต์ ทำการขุดเจาะเก็บก้อนตัวอย่างด้วยเครื่องเจาะเก็บก้อนตัวอย่าง (Coring) ของกรมทางหลวง

โดยขนาดก้อนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบเป็นแอสฟัลต์ที่ตัดมาจากถนนแอสฟัลต์ทั่วไปที่เกิดการชำรุดเสียหาย โดยก้อนตัวอย่างมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90.50 มม. หนา 50 มม. (โดยทั่วไปความหนาของแอสฟัลต์สูงสุดที่ชั้นทางละ 50 มม.) ผิวทุกด้านของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์เรียบและสม่ำเสมอและมีส่วนผสมระหว่างมวลรวม (Aggregate) ผสมกับตัวเชื่อมประสาน (Binder) ซึ่งทั่วไปจะใช้แอสฟัลต์ (Asphalt) กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอตลอดพื้นที่หน้าตัดดังแสดงในภาพที่ 2



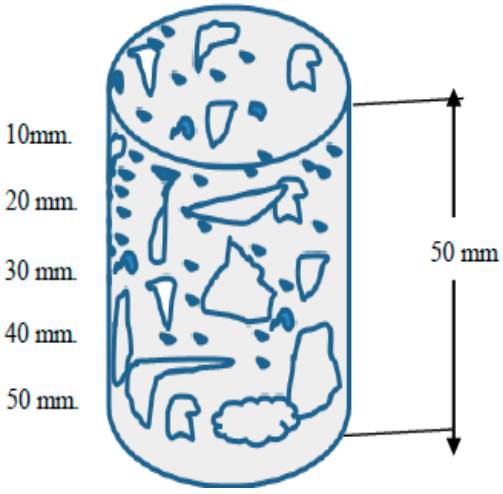
ภาพที่ 2 แท่งแอสฟัลต์ (ชิ้นทดสอบ)

ในการทดลอง จะดำเนินการโดยนำก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ เข้าทดลองโดยการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟที่กำลัง 800 700 600 500 400 วัตต์ ที่เวลา 5 10 15 20 25 นาที ตามลำดับ เพื่อศึกษากำลังวัตต์ (W) และระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำให้ผิวถนนแอสฟัลต์อ่อนตัว โดยใช้ก้อนตัวอย่าง 3 ก้อน/กำลังวัตต์ ดังภาพที่ 3 แสดงการติดตั้งการทำความร้อนของไมโครเวฟ



ภาพที่ 3 เตาไมโครเวฟและการบันทึกผลที่ใช้ในการทดลอง

เมื่อนำก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์เข้าอบด้วยคลื่นไมโครเวฟ ที่กำลังวัตต์ 800 700 600 500 400 วัตต์ ที่เวลา 5 10 15 20 และ 25 นาที ตามลำดับ จะมีการวัดค่าต่าง ๆ ทุกระดับความสูงทุก 10 มม.จำนวน 5 ตำแหน่ง นับจากพื้นผิวแอสฟัลต์จนถึงฐาน รวมถึงวัดอุณหภูมิผิวบนและผิวข้างของก้อนตัวอย่างด้วย จากนั้นบันทึกอุณหภูมิทุกกำลังวัตต์ เวลา ที่ทุกระดับความสูง จำนวน 5 ตำแหน่ง ชั่งน้ำหนักของก้อนตัวอย่างก่อนและหลังการทดลองทุกการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟที่กำลังวัตต์และเวลาต่าง ๆ พร้อมทั้งสังเกตและบันทึกผลการทดลอง เพื่อนำไปศึกษากำลังวัตต์ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำให้ผิวถนนแอสฟัลต์อ่อนตัว ดังภาพที่ 4 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิของแท่งแอสฟัลต์



ภาพที่ 4 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิของแท่งแอสฟัลต์ (ชิ้นทดสอบ)

จากการขุดเจาะเก็บก้อนตัวอย่างด้วยเครื่องเจาะเก็บก้อนตัวอย่าง (Coring) นำมาทดลองด้วยการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟที่กำลังวัตต์ 400 500 600 700 และ 800 วัตต์ ที่เวลา 5 10 15 20 และ 25 นาที จากนั้นนำผลการศึกษามาทำการทดสอบหาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมด้านคุณสมบัติเชิงกลเพื่อเทียบกับการทำ Recycling ผสมร้อนในขั้นตอนการประเมินวัสดุและทดสอบตามวิธี Marshall โดยทำการทดสอบการหาขนาดการกระจายของเม็ดหินใช้การร่อนตาม ASTM C 117 / AASHO T 27 – 70 และ T 37-70 และ การหาจำนวนยางแอสฟัลต์ที่ผสมอยู่ใช้ ASTM

D 2172 / AASHO T164A การหาโดยวิธีนี้มีความจำเป็นเพราะจะได้ทราบปริมาณที่ต้องการและเกรดของยางแอสฟัลต์ในการออกแบบส่วนผสมเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลและสามารถนำไปพัฒนาการใช้งานในงานวิจัยได้ต่อไป

ผลการวิจัย

จากการทดลองครั้งนี้ ได้นำก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ มาทดลองโดยการใช้ไมโครเวฟในเวลาและกำลังวัตต์ต่าง ๆ กัน ทำการศึกษาตัวอย่างจากถนนที่ชำรุด ทำการทดลองโดยใช้คลื่นไมโครเวฟทำความร้อนที่เวลา 5 10 15 20 และ 25 นาที โดยใช้กำลังวัตต์ 400 500 600 700 และ 800 วัตต์ ได้ผลการทดลองดังนี้

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

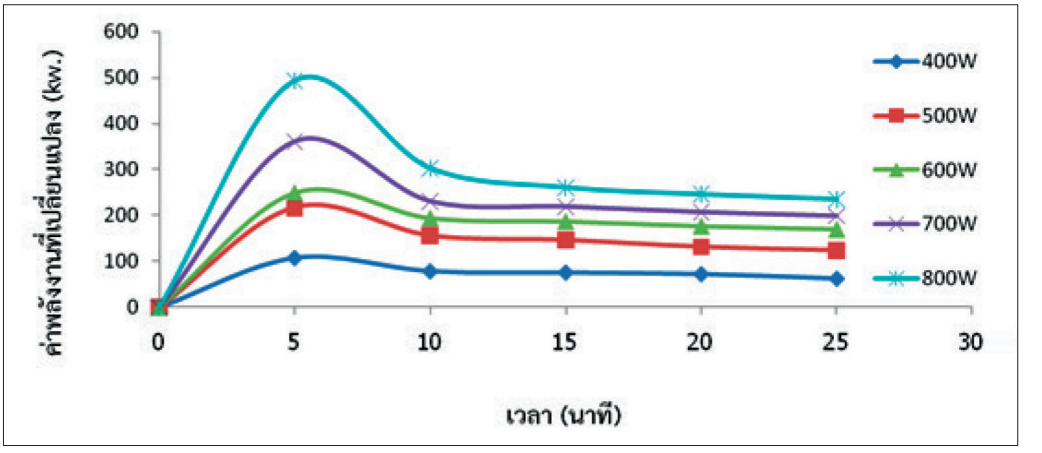
ในการทดลองครั้งนี้เป็นการทดสอบหาคุณสมบัติทางด้านกายภาพของผิวถนนแอสฟัลต์เมื่อได้รับความร้อนที่เวลาและกำลังวัตต์ต่าง ๆ กัน ทำการวิเคราะห์ทางกายภาพจะพบว่าแอสฟัลต์จะมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

Asphaltenes มีสีน้ำตาลเกือบดำ มีลักษณะเป็นอนุภาคของแข็งแขวนลอย เป็นตัวทำให้เกิดความข้นหนืดในแอสฟัลต์

Resins เป็นของแข็งสีน้ำตาลแก่ เป็นของเหลวเมื่อถูกความร้อนทำหน้าที่ช่วยให้ Asphaltenes กระจายตัวในแอสฟัลต์

Oily Constituents มีลักษณะเป็นน้ำมันเหลวไร้สี

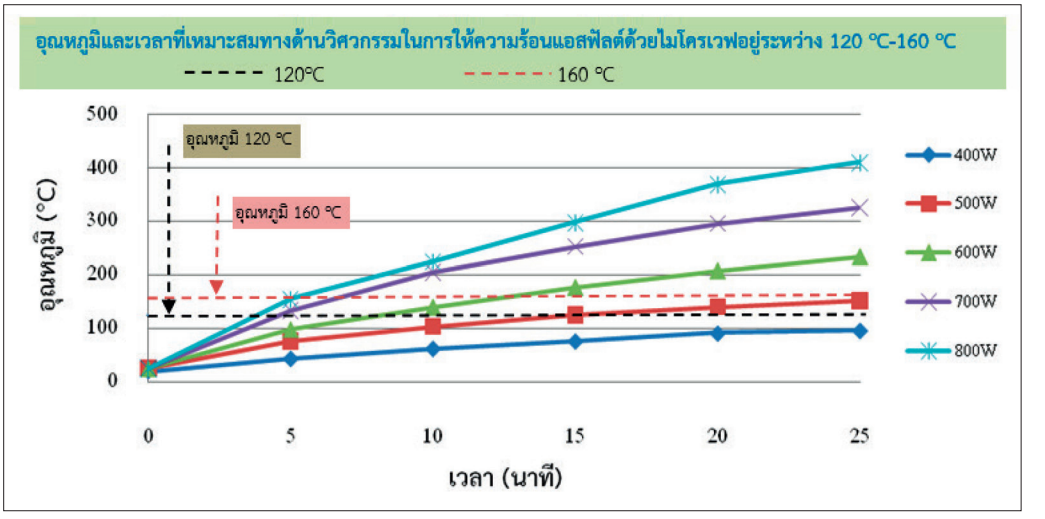
จากการศึกษาค่าพลังงานที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนกับก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ที่เวลาและกำลังวัตต์ต่าง ๆ โดยที่ความร้อนจำเพาะของแอสฟัลต์ = 220 cal/gr^{o}C จากสมการคาลอริฟิค (Calorific) ได้ผลการทดลองดังนี้



ภาพที่ 5 ค่าพลังงานที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนกับก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ที่เวลาและกำลังวัตต์ต่าง ๆ

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าพลังงาน จากภาพที่ 5 กราฟแสดงค่าพลังงานที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนกับก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ที่เวลาและกำลังวัตต์ต่าง ๆ แสดงให้เห็นผลต่างของค่าพลังงานที่ได้จากกระบวนการให้ความร้อนโดยช่วงแรกจะเห็นได้ว่ากราฟมีค่าพลังงานที่ต่างกันคือด้วยกลไกการเกิดความร้อนจากภายในของระบบที่ใช้คลื่นไมโครเวฟพบว่าการถ่ายเทมวลในช่วงต้นจะเกิดขึ้นจากความแตกต่าง

ของความดันรวมที่ทำให้เกิดไออย่างรวดเร็วภายในวัสดุ และทำให้มีค่าพลังงานเพิ่มขึ้นสูง เนื่องจากอุณหภูมิอยู่ในสภาวะไม่คงตัวทำให้มีค่าพลังงานมาก และจากนั้นเมื่อเวลาเพิ่มและกำลังวัตต์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ อุณหภูมิจะเริ่มปรับตัวเข้าสู่สภาวะคงตัว ค่าพลังงานจะปรับตัวลงสู่สภาวะปกติ คือพอเข้าสู่ท้ายกระบวนการการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟค่าพลังงานจะมีค่าคงที่



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ และเวลาในการทำความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟที่เวลาและกำลังวัตต์ต่าง ๆ

จากภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ กับเวลาที่ในการทำความร้อนก้อนแอสฟัลต์ด้วยคลื่นไมโครเวฟที่เวลาและกำลังวัตต์ต่าง ๆ จากการทดลองพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปกำลังวัตต์เพิ่มขึ้นความร้อนจะเพิ่มขึ้นตามกราฟมีการกระจายตัวเนื่องจากมีส่วนผสมของมวลรวมที่ต่างกันของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ที่ใช้ในการทดสอบที่กำลังวัตต์และเวลามากขึ้นนั้น จากการทดลองพบว่าบริเวณผิวแอสฟัลต์เริ่มละลาย หากใช้เวลาในการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟที่กำลังวัตต์สูงสุด 800 วัตต์ ใช้เวลา 25 นาที จะเกิดความร้อนสูงสุดถึง 19.4 ± 02.014 °C ทำให้แอสฟัลต์อ่อนตัวจนเสียรูป ซึ่งจากการทดลองพบว่าก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ละลายเป็นของเหลวไม่สามารถวัดอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ได้อีกและไม่สามารถทำการทดลองต่อไปอีกได้

การทำความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟที่กำลัง 800 วัตต์ เวลา 3 นาที อุณหภูมิ 123.00 ± 4.32 °C นั้น เป็นช่วงที่ประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากที่สุดและอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลของแอสฟัลต์เปลี่ยนไป คืออยู่ระหว่าง 120 °C – 160 °C และที่กำลัง 600 วัตต์ใช้ เวลา 10 นาที อุณหภูมิ 146.00 ± 0.70 °C เป็นช่วงที่แอสฟัลต์มีอุณหภูมิเท่ากันทั้งก้อนตัวอย่างเหมาะสมที่สุดในการทำ Recycling ถนนแอสฟัลต์ เพราะเป็นการประหยัดพลังงานและไม่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลเปลี่ยนไป ส่วนที่กำลัง 400 วัตต์ เวลา 5 - 25 นาที นั้นสามารถสามารถทำ Recycling ถนนแอสฟัลต์ได้ เมื่อเทียบแล้วเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

ผลการศึกษาทางด้านกายภาพความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลา และกำลังวัตต์ที่เหมาะสมในการทำให้ผิวถนนแอสฟัลต์อ่อนตัว พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปกำลังวัตต์เพิ่มขึ้นความร้อนจะเพิ่มขึ้น กราฟจะมีการกระจายตัวเนื่องจากมีส่วนผสมของมวลรวมที่ต่างกัน พบว่าระหว่างอุณหภูมิ 120 °C - 160 °C มีกำลังวัตต์และเวลาที่เหมาะสมในการรักษาคุณสมบัติของแอสฟัลต์ เช่น 500 วัตต์ เวลาตั้งแต่ 14 - 25 นาที กำลัง 600 วัตต์ เวลาตั้งแต่ 8 - 13 นาที กำลัง 700 วัตต์ เวลาตั้งแต่ 4 - 7 นาที และกำลัง 800 วัตต์ เวลาตั้งแต่ 3 - 6 นาที จากการทดลองพบว่าที่กำลัง 600 วัตต์ เวลา 10 นาที นั้น ก้อนตัวอย่างมีอุณหภูมิเท่ากันทั้งก้อน โดยอุณหภูมิพื้นผิวบนสุด พื้นผิวภายนอก และภายในก้อนเท่ากันคือ 146.00 ± 0.70 °C ถือว่าเหมาะกับการ Recycling มากที่สุดเนื่องจากก้อนตัวอย่างมีอุณหภูมิสม่ำเสมอเท่ากันทั้งกัน

ข้อเสนอแนะ

การทดสอบนี้ เป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ในสนามอาจจะไม่ได้ผลอย่างที่คิด เนื่องจากเป็นการ Recycling โดยการนำวัสดุที่ใช้แล้วมาทำกรรมวิธีเพื่อให้ใช้ประโยชน์ได้อีก ในการศึกษาวิจัยนั้นยังอยู่ในขั้นตอนของ Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) คือสิ่งที่เราได้จากการศึกษานี้ในมาตรฐานกรมทางหลวงเรียกว่า RAP คือ วัสดุผิวจราจรที่ได้นำออกไปหรือที่ได้ผ่านกรรมวิธีแล้ว ซึ่งประกอบด้วยแอสฟัลต์และหิน และถือว่าการวิจัยที่ทำการศึกษานี้อยู่ในช่วงการประเมินวัสดุ คือมีการหาขนาดการกระจายของหิน ปริมาณยางและความหนืดของยางที่สกัดออกจากผิวจราจรที่ใช้แล้ว โดยขั้นตอนการประเมินวัสดุนี้นี้ถือว่ามีความจำเป็นมากเพราะจะได้ทราบปริมาณที่ต้องการและเกรดของยางแอสฟัลต์ในการออกแบบส่วนผสมต่อไป ฉะนั้นจึงต้องมีการศึกษาวิจัยในเพื่อใช้สำหรับเป็นฐานข้อมูลด้านการทำความร้อนผิวถนนแอสฟัลต์ด้วยไมโครเวฟในกระบวนการต่อไปอีก คือการออกแบบ Recycling ผสมร้อน ตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 410/2542 (Standard No. DH-S 410/2542)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Saipong, A. (2007). “Performance of Highway Embankments on Bangkok Clay”, **The 2nd Seminar on Highway Engineering**. Bangkok. 409-427.

[2] Henrikas, S. Justas, B.and Olegas, P. (2017). “Technologies and Principles of Hot Recycling and Investigation of Preheated Reclaimed Asphalt Pavement Batching Process in an Asphalt Mixing Plant”, **Applied Sciences**. 7(11), 2-20.

[3] Rammanujam, J.M. (1995). “Performance Monitoring of Thin Lift (Cement/Bitumen) and Deep Lift (Cement/Fly Ash, Cement/Slag) Pavement Recycling Project”, **Pavement Rehabilitation Workshop**. Queensland. 12, 1-20.

[4] Reeves, I.N. (1995). “Innovation Impacting Pavement Recycling Options”, **Pavement Rehabilitation Workshop**. Queensaland. 38, 1-11.

[5] Black, D.J. (1995). “Towards A Specification for Deep Lift in Situ Pavement Stabilization”, **Road & Traffic Authority**. 10, 1-4.

[6]Walton, J.E. (1995). “Cold In Place Recycling Results and Procedures Most Often Ask Questions and Answer”, **Pavement Rehabilitation Workshop**. Queensland. 26, 1-15.

[7] Narong, K. (2000). **Asphalt Technology**. SE-EDUCATION Public Company Limited, Bangkok.

[8] Ratthasak, P. (2008). “Energy and Exergy Analysis in Drying Process of Porous Media Using Hot Air”, **International Communications in Heat and Mass Transfer**. 37, 372-378.

[9] Vongpradubchai, S. and Rattanadecho, P. (2009), “The Microwave Processing of Wood using a Continuous Microwave Belt Drier”, **Chemical Engineering and Processing**. 33, 472-481.

[10] Ratanadecho, P., Aoki, K. and Akahori, M. (2002). “The Characteristics of Microwave Melting of Frozen Packed Bed Using a Rectangular Waveguide”**, IEEE Transaction of Microwave Theory and Techniques**. 50, 1495-1502.