

คุณสมบัติถ่านอัดแท่งที่เติมของเหลวจากพลาสติกกรีไซเคิลด้วยกระบวนการไพโรไลซิส

Properties of Charcoal Briquettes added Liquids Derived from Pyrolysis Process of Plastic Recycle

พัชราภรณ์ สมดี¹ กนกอร น้อยเล็ก¹ อนิวรรณ ทาสุข¹ ขานนท์ บุณนท์¹ พิตินันท์ วัฒนเสนา นนท์¹

Received: June, 2014; Accepted: September, 2014

บทคัดย่อ

คุณสมบัติของถ่านอัดแท่งด้วยการเติมของเหลวจากพลาสติกกรีไซเคิลชนิด พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง และพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสถูกศึกษา โดยเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของของเหลวจาก 0.05 ถึง 0.35 kg จากนั้นทำการทดสอบ และตรวจสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งตามมาตรฐานที่กำหนด ผลการวิจัยพบว่าการเติมของเหลวจากพลาสติกกรีไซเคิลสามารถเพิ่มค่าความร้อนและความต้านทานแรงอัดของถ่านอัดแท่งให้สูงขึ้นได้ โดยมีค่าสูงกว่าถ่านอัดแท่งที่ไม่มีเติมของเหลวจากพลาสติกกรีไซเคิล คือค่าอุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วง 603 ถึง 770°C ค่าความต้านทานต่อแรงอัดอยู่ในช่วง 0.31 ถึง 0.64 N/mm² นอกจากนี้ยังพบว่าทุกเงื่อนไขการทดลองมีค่าความชื้น และปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ถ่านอัดแท่ง และถ่านไม้ หุงต้ม กำหนดคือ 4.09 ถึง 4.67% และ 4.86 ถึง 7.11% ตามลำดับ ค่าพลังงานความร้อนอยู่ในช่วง 6,404 ถึง 6,925 kcal/kg ปริมาณสารระเหยอยู่ในช่วง 69.99 ถึง 82.65% คาร์บอนคงตัวอยู่ในช่วง 7.82 ถึง 18.79% และมีต้นทุนต่อก้อนเท่ากับ 0.29 ถึง 0.55 บาท

คำสำคัญ : ถ่านอัดแท่ง; พลาสติกกรีไซเคิล; กระบวนการไพโรไลซิส

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
E-mail : somdee_patch@hotmail.com

Abstract

Properties of charcoal briquette added liquid of plastic recycle, such as high density polyethylene and low density polyethylene, from pyrolysis process was studied, content of binder from 0.05 to 0.35 kg were varied. After that, properties of charcoal briquette were tested and investigated following standard test. Result shows adding liquid from plastic recycle can be increase heating value and compression strength of charcoal briquette, higher than non filled liquid from plastic recycle. Maximum heating temperature is in the range 603 to 770°C. Compression strength is in the range 0.31 to 0.64 N/mm². Furthermore, every condition has moisture and ash within the standard limit is 4.09 to 4.67% and 4.86 to 7.11%, respectively. Heating energy is in the range 6,404 to 6,925 kcal/kg. Volatile matter is in the range 69.99 to 82.65%. Fixed carbon is in the range 7.82 to 18.79% and cost per bale equal 0.29 to 0.55 baht per piece.

Keywords : Charcoal Briquette; Plastic Recycle; Pyrolysis Process

บทนำ

ถ่านอัดแท่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถทดแทนถ่านจากป่าไม้ธรรมชาติที่กำลังจะหมดไป ในการผลิตถ่านอัดแท่งจะต้องมีสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต คือ ความชื้น ถ้าหากเม็ดถ่านมีความชื้นมากเกินไป ไอน้ำที่เกิดขึ้นเมื่อเม็ดถ่านได้รับความร้อนจะขยายตัว ทำให้แท่งถ่านอัดแท่งระเบิดและแตกร่วนแต่ถ้าหากว่าความชื้นน้อยเกินไปทำให้เม็ดถ่านเกาะกันเป็นแท่งได้ยาก ผิวของแท่งมีรอยแตกกร้าว โดยทั่วไปปริมาณความชื้นที่ใช้ควรจะทำให้ความชื้นอยู่ระหว่าง 8 - 12% ลักษณะรูปร่างของถ่านอัดแท่งสำเร็จรูปมีคุณสมบัติพิเศษ คือ ไม่มีกลิ่น ไม่มีควัน ไม่แตกประทุ ชี้เล็กน้อยไม่ฟุ้งกระจายให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอและทนทานใช้งานได้มากกว่า ถ่านไม้ธรรมชาติอย่างน้อย 2.5 เท่า ตัวประสานเป็นสารที่ผสมรวมเข้ากับวัสดุชีวมวลหรือวัสดุอื่นๆ เพื่อยึดเกาะวัสดุให้เกาะติดได้ดีและคงรูปไว้ได้ ซึ่งมีการใช้ตัวประสานหลายชนิดขึ้นอยู่กับชีวมวล เช่น ส่าเหล้า แป้งเปียก ผงแป้งมัน กากน้ำตาล เป็นต้น ตัวประสานในการทำถ่านอัดแท่งที่นิยมใช้กันในปัจจุบันได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาล (รุ่งโรจน์, 2553) เช่น การผลิตถ่านกัมมันต์อัดแท่งจากผงแอนทราไซต์ด้วยตัวประสานจากกากน้ำตาล (กษิต, 2551) ซึ่งข้อด้อยหนึ่งของตัวประสานแป้งมันสำปะหลังและกากน้ำตาลคือมักเกิดเชื้อราหากถ่านมีความชื้นสูง เนื่องจากมีแป้งและกากน้ำตาลเป็นอาหารของเชื้อรา นอกจากนี้ถ่านที่ใช้ตัวประสานทั้งสองยังมีการลุกติดไฟช้า วัสดุที่สามารถนำมาทำถ่านอัดแท่งนอกจากไม้แล้วยังมีการนำเปลือกของผลไม้ต่างๆ มาเผาและนำมาอัดเป็นถ่านเชื้อเพลิงได้ เช่น เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วยเล็บมือนางและทุเรียน (ณัฐพงศ์ และคณะ, 2555) เปลือกมังคุด (อัจฉรา และคณะ, 2554) คุณลักษณะที่ต้องการของถ่านอัดแท่ง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547. ก) คือ

ก) ลักษณะทั่วไป ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกันมีสีดำนํ้าเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง

ข) การใช้งานเมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและกลิ่น

ค) ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก

ง) ค่าความร้อน ต้องไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

คุณลักษณะที่ต้องการถ่านอัดแท่งตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) คือ

ก) ลักษณะทั่วไป ต้องมีสีดำสม่ำเสมอไม่มีเศษดินและไม้ที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ปนอยู่

ข) ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

ค) ค่าความร้อน ต้องไม่น้อยกว่า 6,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

ง) เถ้า ต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

จ) สารระเหย ต้องไม่เกินร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก

ฉ) การใช้งาน เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น มีควันได้เล็กน้อย

ขยะพลาสติก หรือพลาสติกกรีไซเคิลเป็นวัสดุที่มีองค์ประกอบประเภทเดียวกับน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ หรือ ก๊าซธรรมชาติ และผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีเหล่านี้ก็ผลิตมาจากปิโตรเลียมและปิโตรเคมี ขยะเหล่านี้เป็นขยะที่ต้องใช้เวลาในการย่อยสลายเป็นพันปี และอาจปล่อยสารพิษออกมา ดังนั้นจึงมีการนำเทคโนโลยีเปลี่ยนขยะให้เป็นพลังงานมาใช้เพิ่มมากขึ้น โดยหลักการดังกล่าวนี้เรียกว่า ปิโตรเคมีย้อนกลับ (ศิริรัตน์, 2553) กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) เป็นกระบวนการหนึ่งที่ใช้หลักการปิโตรเคมีย้อนกลับ โดยของเสียจะถูกให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 500-600°C เพื่อทำลายพันธะทางเคมีของโมเลกุลได้เป็นผลิตภัณฑ์จำพวกของเหลวและก๊าซต่างๆ โดยของเหลวที่เกิดขึ้น ได้แก่ น้ำ กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก อะซิโตน เมธานอล เมทิลอะซิเตท ฟีนอล ส่วนก๊าซต่างๆ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไฮโดรเจน รวมทั้งพวก ทาร์และชาร์ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) ของเหลวจากกระบวนการไพโรไลซิสมีลักษณะคล้ายกับน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งมีคุณสมบัติการลุกติดไฟที่ดีและมีความหนืดที่กว่าน้ำมันปกติ ซึ่งอาจใช้เป็นตัวประสานอนุภาคต่างๆ ได้

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการนำพลังงานชีวมวลและพลาสติกกรีไซเคิลมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยมีความสนใจในการนำของเหลวที่ได้จากพลาสติกกรีไซเคิลที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิสมาใช้เป็นตัวประสานในถ่านอัดแท่ง โดยใช้ผงถ่านจากกิ่งไม้มะขาม ซึ่งพบว่าไม้มะขามเป็นไม้เนื้อแข็งสามารถผลิตนำมาผลิตเป็นถ่านและให้ความร้อนได้ดี (พรสถิต, 2552) นำมาผสมของเหลวจากพลาสติกกรีไซเคิลในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งให้ดียิ่งขึ้น มีราคาต้นทุนต่ำ และสามารถนำไปต่อยอดสร้างรายได้ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุและอุปกรณ์

- 1) พงถ่านไม้มะขามขนาดอนุภาค 30 เมช
- 2) พลาสติกกรีไซเคิลชนิด HDPE และ LDPE
- 3) แป้งมัน
- 4) เครื่องผลิตของเหลวจากกระบวนการไพโรไลซิส
- 5) เครื่องอัดถ่าน พร้อมแม่พิมพ์
- 6) Ball mill Machine
- 7) Universal Testing Machine
- 8) Bomb Calorimeter
- 9) เตาเผาอุณหภูมิสูง
- 10) เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง
- 11) Dual Thermometer และ Data logger

ขั้นตอนการทดลอง

- 1) เตรียมพงถ่านจากไม้มะขาม ให้ได้ขนาดอนุภาค 30 เมช ด้วยเครื่อง Ball Mill และเตรียมแป้งมัน
- 2) เตรียมของเหลวจากพลาสติกกรีไซเคิลชนิด HDPE และ LDPE ด้วยเครื่องไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 300-500°C
- 3) เตรียมเครื่องอัดถ่านที่มีแม่พิมพ์ขนาดชิ้นงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใน 1.5 cm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 4.0 cm และยาว 4.5 cm
- 4) ผสมพงถ่าน ของเหลวจากพลาสติกกรีไซเคิล และผงแป้งมัน ให้เข้ากันที่สัดส่วนของของเหลวที่แตกต่างกัน โดยผสมของเหลวจากพลาสติกทั้ง 2 ชนิดที่สัดส่วน 1 : 1 เท่ากันทุกเงื่อนไขการทดลอง จึงทำการผสมกับพงถ่านและแป้งมัน ที่สัดส่วนพงถ่านต่อของของเหลวที่ 1 : 0.05 ถึง 1 : 0.35 kg โดยผสมแป้งมันน้อยที่สุดและปริมาณเท่ากันทุกเงื่อนไขการทดลอง
- 5) อัดขึ้นรูปถ่านอัดแท่งให้ได้ขนาดที่กำหนดเงื่อนไขละ 50 ก้อน จากนั้นนำไปตากให้แห้ง โดยทำการชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปจนกว่าน้ำหนักจะคงที่
- 6) วัดขนาดของถ่านอัดแท่งโดยใช้เวอร์เนีย จากนั้นนำถ่านไปทดสอบการต้านทานแรงอัด อุณหภูมิสูงสุด ค่าพลังงานความร้อน ตรวจสอบความชื้น ปริมาณเถ้า คาร์บอนคงตัว และปริมาณสารระเหย

การทดสอบและตรวจสอบ

- 1) ทดสอบการต้านทานแรงอัดเงื่อนไข 30 ก่อน ด้วยเครื่อง Universal Testing ใช้ Load cell 10 kN
- 2) ทดสอบอุณหภูมิสูงสุดของถ่านด้วยการจำลองการเผาไหม้ ตรวจสอบและเก็บข้อมูลทางความร้อนด้วยเครื่อง Dual Thermometer และ Data logger เงื่อนไข 4 ก่อน
- 3) ตรวจสอบค่าพลังงานความร้อนตามมาตรฐาน ASTM D5865 ด้วยเครื่อง Automatic Calorimeter IKA รุ่น 5000 PKG 1/12
- 4) ตรวจสอบปริมาณความชื้นตามมาตรฐาน ASTM D3173 โดยนำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 105°C ประมาณ 3 ชั่วโมง แล้วคำนวณตามสมการ ((นน.ถั่วและตัวอย่างก่อนอบ-นน.ถั่ว และตัวอย่างหลังอบ)/นน.ตัวอย่าง) x 100)
- 5) ตรวจสอบปริมาณเถ้าตามมาตรฐาน ASTM D3174 โดยนำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 750°C ประมาณ 4 ชั่วโมง แล้วคำนวณตามสมการ ((นน.ถั่วและตัวอย่างหลังเผา-นน.ถั่ว)/นน.ตัวอย่าง) x 100)
- 6) ตรวจสอบปริมาณสารระเหยตามมาตรฐาน ASTM D3175 โดยนำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 950°C ประมาณ 30 นาที แล้วคำนวณตามสมการ ((นน.ถั่วและตัวอย่างก่อนเผา-นน.ถั่ว และตัวอย่างหลังเผา)/นน.ตัวอย่าง) x 100) - ร้อยละปริมาณความชื้น)
- 7) ตรวจสอบปริมาณคาร์บอนคงตัวตามมาตรฐาน ASTM D3172 โดยคำนวณตามสมการ (=100 - (%ความชื้น) - (%ปริมาณสารระเหย) - (%ปริมาณเถ้า))

ผลการวิจัยและอภิปราย

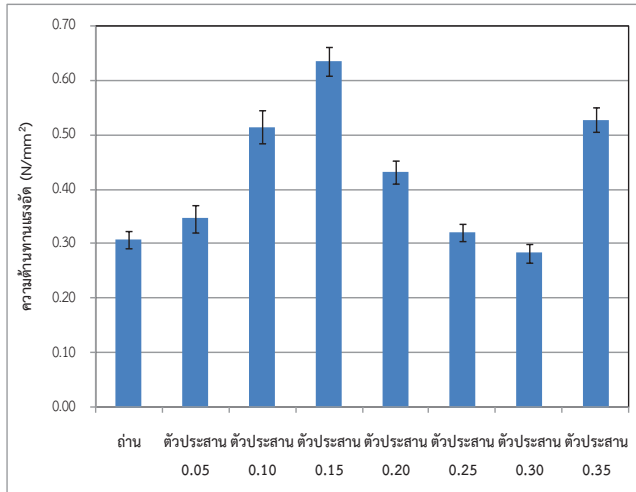
ค่าความต้านทานแรงอัด

ค่าความต้านทานแรงอัดสูงสุดของถ่านอัดแท่งพบว่าเมื่อเพิ่มมากขึ้นเมื่อเติมของเหลวจากพลาสติกกรีซเคิลที่สัดส่วนมากขึ้น โดยที่สัดส่วนเท่ากับ 0.15 kg มีค่าความต้านทานแรงอัดสูงสุดเท่ากับ 0.64 N/mm² จากนั้นเมื่อเติมของเหลวเพิ่มขึ้น 0.30 kg พบว่าค่าความต้านทานแรงอัดสูงสุดมีค่าลดลง โดยที่สัดส่วนของเหลวที่ 0.30 kg มีค่าลดลงต่ำกว่ากรณีถ่านอัดแท่งที่ไม่มีการเติมของเหลวเท่ากับ 0.28 N/mm² ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสัดส่วนของของเหลวที่มีปริมาณสูงซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายน้ำมัน และมีความลื่นอาจส่งผลให้เมื่อได้รับแรงอัดอนุภาคเกิดการเลื่อนจึงไม่สามารถต้านทานแรงอัดได้ แต่เมื่อเพิ่มตัวประสานที่ 0.35 kg ค่าความต้านทานแรงอัดสูงสุดเพิ่มสูงขึ้นกว่าสัดส่วนตัวประสานที่ 0.30 kg เท่ากับ 0.53 N/mm² ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณของเหลวในสัดส่วนนี้ส่งผลให้อนุภาคถ่านเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบทำให้ต้านทานแรงอัดได้สูงขึ้นอีกครั้ง แสดงดังรูปที่ 1

ถ่านที่มีค่าความต้านทานแรงอัดสูงเป็นถ่านที่มีความคงรูปสูง ซึ่งส่งผลให้ถ่านอัดแท่งสามารถให้ความร้อนได้เป็นเวลานานไม่แตกหักเร็ว และอาจแสดงถึงการกระจายตัวของตัวประสานในก้อนถ่านที่ดีจึงทำให้อนุภาคถ่านอัดแน่นจึงสามารถต้านทานแรงอัดได้สูง

ค่าอุณหภูมิจุดหลอมของถ่านอัดแท่ง

ผลพบว่าถ่านอัดแท่งที่ไม่มีการเติมของเหลวจาก



รูปที่ 1 ค่าความต้านทานแรงอัดของถ่านอัดแท่งเมื่อมีการเติมของเหลวจากพลาสติกกรีไซเคิลที่สัดส่วนต่างๆ

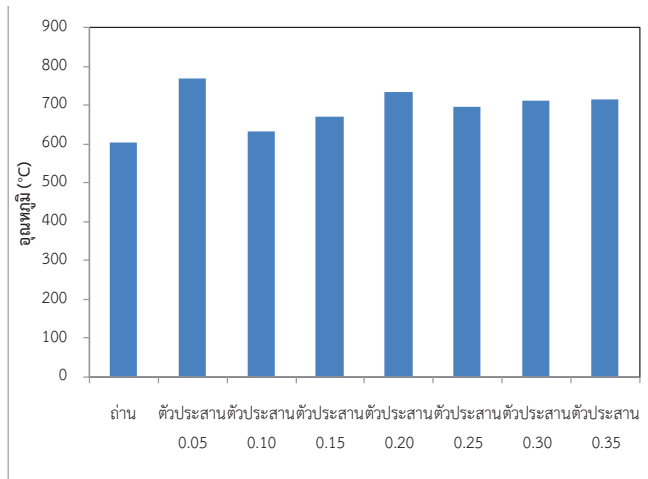
พลาสติกกรีไซเคิล มีอุณหภูมิสูงสุดต่ำกว่าถ่านอัดแท่งที่มีการเติมของเหลวจากพลาสติกกรีไซเคิล ซึ่งที่สัดส่วนของเหลวจากพลาสติกกรีไซเคิลเท่ากับ 0.05 kg ให้ค่าอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 770°C เป็นระยะเวลาประมาณ 40 นาที แสดงดังรูปที่ 2

ค่าพลังงานความร้อน

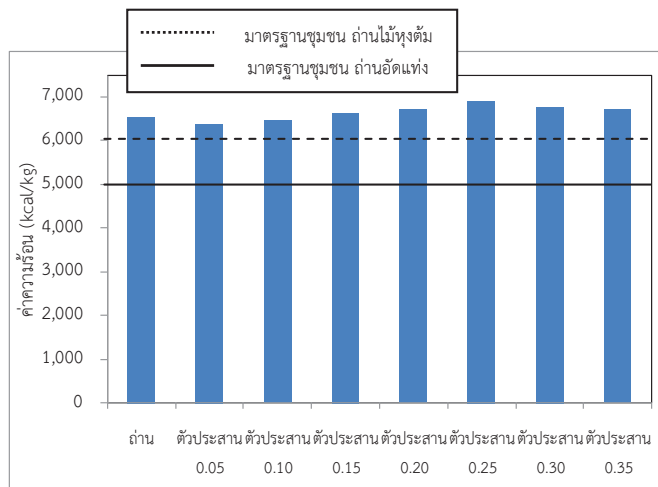
พบว่าเมื่อเติมของเหลวจากพลาสติกกรีไซเคิลในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นค่าพลังงานความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและสูงสุดที่สัดส่วนเท่ากับ 0.25 kg นอกจากนี้ในทุกละอ้อนไขการทดลองมีค่าพลังงานความร้อนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานชุมชน โดยอยู่ในช่วง 6,404 ถึง 6,925 kcal/kg แสดงดังรูปที่ 3

ค่าความชื้น

ค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งได้ยึดหลักตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง ต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก ผลการตรวจสอบความชื้นของถ่านอัดแท่งทุกละอ้อนไขการทดลองที่ถูกทิ้งไว้ให้แห้งแล้วนำมาทำการตรวจสอบค่าความชื้นพบว่า ทุกละอ้อนไขการทดลองมีค่าความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 8 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยอยู่ในช่วง 4.09 ถึง 4.67% แสดงดังรูปที่ 4 แสดงได้ว่าของเหลวจากพลาสติกกรีไซเคิลไม่ส่งผลต่อค่าความชื้นของถ่านอัดแท่ง



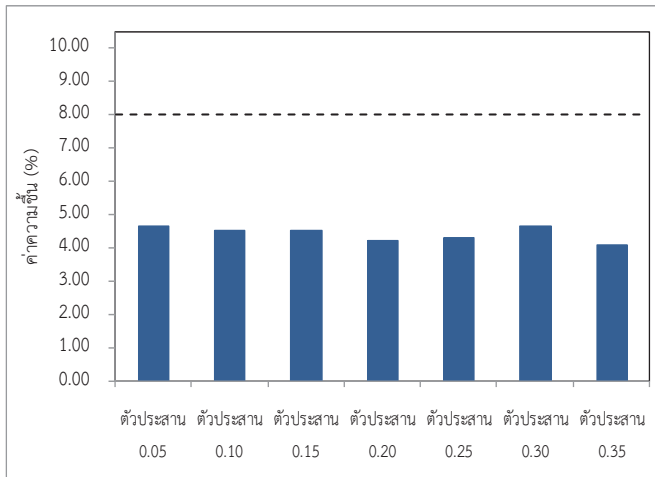
รูปที่ 2 อุณหภูมิสูงสุดของถ่านอัดแท่งเมื่อมีการเติมของเหลวจากพลาสติกกรีซไคเคิลที่สัดส่วนต่าง ๆ



รูปที่ 3 ค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งเมื่อมีการเติมของเหลวจากพลาสติกกรีซไคเคิลที่สัดส่วนต่าง ๆ

ปริมาณเถ้า

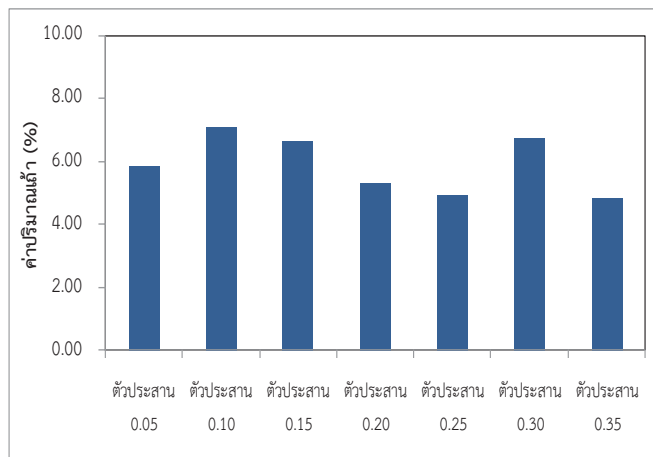
ค่าปริมาณเถ้าของงานอัดแท่งที่มีการเติมของเหลวจากพลาสติกกรีไซเคิลมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่ 10% โดยน้ำหนัก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีเฉพาะอนุภาคของงานและของเหลวในงานอัดแท่งเมื่อเกิดการเผาไหม้จะเหลือเฉพาะเถ้าจากงานเท่านั้น และการเพิ่มสัดส่วนของของเหลวจะไม่ส่งผลต่อปริมาณเถ้า โดยอยู่ในช่วง 4.86 ถึง 7.11% แสดงดังรูปที่ 5



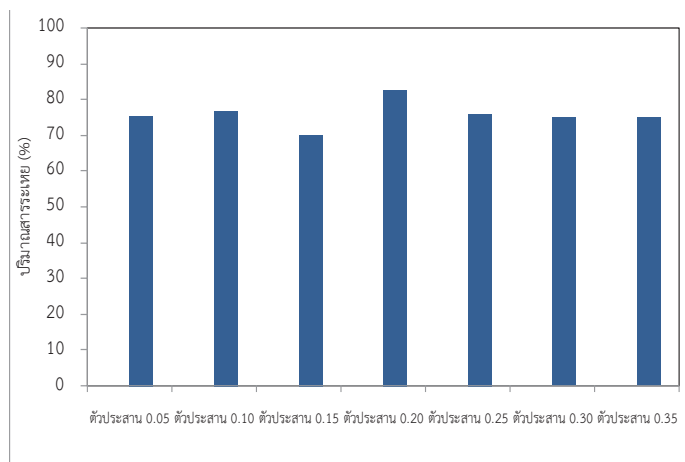
รูปที่ 4 ค่าความชื้นของงานอัดแท่งเมื่อมีการเติมของเหลวจากพลาสติกกรีไซเคิลที่สัดส่วนต่างๆ

ปริมาณสารระเหย

ผลการตรวจสอบมลภาวะเบื้องต้นจะหาจากปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ของงานอัดแท่งเมื่อเติมของเหลวจากพลาสติกกรีไซเคิลที่สัดส่วนต่างๆ พบว่าที่สัดส่วนของเหลวที่ 0.2 kg มีค่าปริมาณสารที่เผาไหม้ได้สูงกว่าเงื่อนไขการทดลองอื่น ซึ่งสอดคล้องกับค่าความร้อนที่อยู่ในช่วงสูง และมีค่าความชื้นในช่วงที่ต่ำสำหรับการศึกษา นี้ นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อสัดส่วนของเหลวเพิ่มมากขึ้นไม่มีผลต่อปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ โดยอยู่ในช่วง 69.99 ถึง 82.65% แสดงดังรูปที่ 6



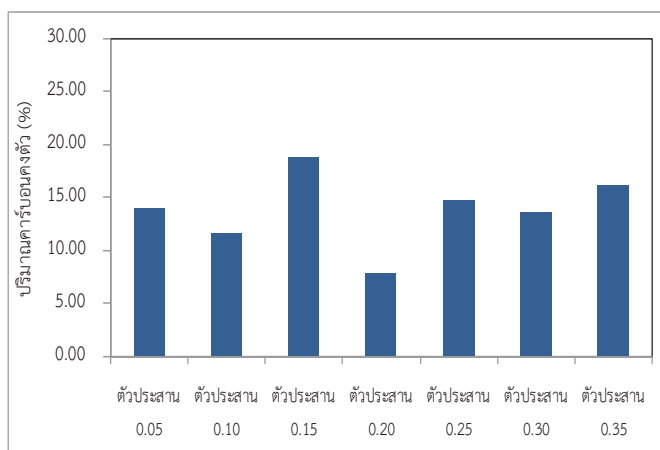
รูปที่ 5 ค่าปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งเมื่อมีการเติมของเหลวจากพลาสติกกรีไฮเซลที่สัดส่วนต่างๆ



รูปที่ 6 ค่าปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ของถ่านอัดแท่งเมื่อมีการเติมของเหลวจากพลาสติกกรีไฮเซลที่สัดส่วนต่างๆ

ปริมาณคาร์บอนคงตัว

ผลพบว่าเงื่อนไขการทดลองที่มีสัดส่วนของของเหลวจากพลาสติกกรีไฮเซลเท่ากับ 0.15 kg มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงกว่าเงื่อนไขการทดลองอื่นเท่ากับ 18.79% ซึ่งสอดคล้องกับค่าปริมาณสารระเหย ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าเงื่อนไขการทดลองอื่นเท่ากับ 69.99 % และพบว่าสัดส่วนของเหลวที่เพิ่มมากขึ้นไม่ส่งผลต่อปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งอย่างมีนัยสำคัญ แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งเมื่อมีการเติมของเหลวจากพลาสติกกรีไฮเซลที่สัดส่วนต่าง ๆ

ต้นทุนต่อก้อน

ราคาต้นทุนต่อหน่วยการผลิตถ่านอัดแท่งเติมของเหลวจากพลาสติกกรีไฮเซลเมื่อไม่รวมค่าแรงสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1 จากตารางจะพบว่าราคาต้นทุนต่อก้อนที่ค่าที่สุดคือที่สัดส่วนของเหลวที่ 0.05 kg และเมื่อสัดส่วนของของเหลวเพิ่มขึ้น ราคาต้นทุนต่อก้อนก็จะเพิ่มขึ้นในช่วง 0.29 ถึง 0.55 บาทต่อก้อน

ตารางที่ 1 แสดงราคาต้นทุนต่อหน่วยของถ่านอัดแท่งที่เติมของเหลวจากพลาสติกกรีไฮเซลที่สัดส่วนต่าง ๆ

สัดส่วน ถ่าน (kg)	สัดส่วน ของเหลว (kg)	สัดส่วน ของเหลว (ลิตร)	ถ่าน (บาท/ กิโลกรัม)	ของเหลว (บาท/ ลิตร)	แป้งมัน (บาท)	ต้นทุน ทั้งหมด (บาท)	ต้นทุน ต่อก้อน (บาท)
1	0.05	0.07	10	24	0.048	11.73	0.29
1	0.10	0.14	10	24	0.048	13.41	0.34
1	0.15	0.21	10	24	0.048	15.09	0.38
1	0.20	0.29	10	24	0.048	17.01	0.43
1	0.25	0.35	10	24	0.048	18.45	0.46
1	0.30	0.42	10	24	0.048	20.13	0.50
1	0.35	0.49	10	24	0.048	21.81	0.55

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาคูณสมบัติของถ่านอัดแท่งด้วยการเติมของเหลวจากพลาสติกกรีไซเคิลชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง และพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส สรุปได้ว่าการเติมของเหลวจากพลาสติกกรีไซเคิลสามารถเพิ่มอุณหภูมิสูงสุดของถ่านให้อยู่ในช่วง 603 ถึง 770°C เพิ่มความต้านทานแรงอัดของถ่านอัดแท่งให้สูงขึ้นได้จนถึง 0.64 N/mm² มีค่าพลังงานความร้อนอยู่ในช่วง 6,404 ถึง 6,925 kcal/kg ปริมาณสารระเหยอยู่ในช่วง 69.99 ถึง 82.65% ปริมาณคาร์บอนคงตัวอยู่ในช่วง 7.82 ถึง 18.79% นอกจากนี้ทุกเงื่อนไขการทดลองมีค่าความชื้น และปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ถ่านอัดแท่ง และถ่านไม้ทุกตัวที่กำหนดคือ ช่วง 4.09 ถึง 4.67% และ 4.86 ถึง 7.11% ตามลำดับ และมีต้นทุนต่อก้อนเท่ากับ 0.29 ถึง 0.55 บาท

ข้อเสนอแนะ

ควรทำการวิเคราะห์การเกาะกันของอนุภาคถ่านอัดแท่งเพิ่มเติมเพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์ค่าความต้านทานแรงอัด และควรตรวจสอบชนิดของแก๊สที่ได้จากการเผาไหม้ว่ามีแก๊สที่เป็นอันตรายอยู่หรือไม่ปริมาณเท่าใด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และสถานที่ในการทดลอง

บรรณานุกรม

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2555). คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน. กรุงเทพฯ : กรมโรงงานอุตสาหกรรม
- กษิต แผลมทองมงคล. (2551). การผลิตถ่านกัมมันต์อัดแท่งจากผงแอนทราไซต์ด้วยตัวประสานกากน้ำตาล. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณัฐพงศ์ รัตนเดช และคณะ. (2555). เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกแก้วเศษ (กล้วยเล็บมือนางและทุเรียน) ในจังหวัดชุมพร. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. ปีที่ 43 .ฉบับที่ 3. (พิเศษ) กันยายน-ธันวาคม 2555.
- พรสถิต ยงยีน (2552). ทำถ่านอัดแท่ง แข่งกับเมืองนอก. พิมพ์ครั้งที่ 1. พระนครศรีอยุธยา: ไทยซูมิ. พลังงานชีวมวล นิตยสารเกษตรศาสตร์

- รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล. (2553). การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเห้ง้ามันสำปะหลัง. ปรินท์นิพนธ์ กศ.ม (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ.
- ศิริรัตน์ จิตการคำ (2553). เศรษฐกิจพอเพียง, น้ำมันจากขยะพลาสติกและยางรถยนต์เก่า. วิทยาลัย ปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547. ก). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง. เข้าถึงเมื่อ 25 มีนาคม 2552. เข้าถึงได้จาก (http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps238_47.pdf)
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม. เข้าถึงเมื่อ 25 มีนาคม พ.ศ. 2552. เข้าถึงได้จาก (<http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/standard2.php>)
- อัจฉรา อัครจุฑกุลชัย และคณะ. (2554). การนำเปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ในรูป เชื้อเพลิงอัดแท่ง. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49 สาขาวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ.