

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

สมบัติของถ้ำลอยชัยภูมินี้สจากกระบวนการเผาแบบฟลูอิดไคซ์เบดในการผลิตวัสดุ

จีโอโพลิเมอร์

มณิสรา เอี่ยมวิจิตร

13 ส.ค. 2557

340780

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

กรกฎาคม 2557

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ มณิสรา เอี่ยมวิจิตร ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร.คชาวุธ ภาชนะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุบลลักษณ์ รัตนศักดิ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน
(ดร.จุฑารัตน์ แสงกุล)

.....กรรมการ
(ดร.คชาวุธ ภาชนะ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุบลลักษณ์ รัตนศักดิ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุปราณี แก้วภิรมย์)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัฐ ศรีสุข)

วันที่ 15 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2557

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงด้วยดีด้วยความกรุณาจาก ดร.คชาวุธ ภาชนะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผศ.ดร.อุบลลักษณ์ รัตนศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาช่วยให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้องตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในวิทยานิพนธ์ด้วยความละเอียดและเอาใจใส่ด้วยความเมตตาเสมอมา สอนให้ผู้วิจัยมีความอดทน มีวินัย หมั่นศึกษาค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมอยู่ตลอด ผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร.จุฑารัตน์ แสงกุล ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.สุปราณี แก้วภริมย์ คัดค้านฝ่ายวิจัยและบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณ บุคลากร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ความช่วยเหลือและให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยเป็นอย่างดีทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบคุณ คุณพ่อชูชาติ และคุณแม่กรณีการ์ เอี่ยมวิจิตร นายฐาปนกรณ์ เอี่ยมวิจิตร นางสาวธีรวรรณ บุญโทแสง และนางสาวศิริประภา แฉ่งกรณ์ รวมถึงพี่ๆ เพื่อนๆ ทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้ ที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือคอยให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

มณิสรา เอี่ยมวิจิตร

52910164: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม; วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

คำสำคัญ: เถ้าลอย / จีโอโพลิเมอร์ / ฟลูอิดไคซ์เบด

มนิสรา เอี่ยมวิจิตร: สมบัติของเถ้าลอยชั้นบิทูมินัสจากกระบวนการเผาแบบฟลูอิดไคซ์เบด ในการผลิตวัสดุจีโอโพลิเมอร์ (PROPERTIES OF SUBBITUMINUS FBC FLY ASH FOR GEOPOLYMER PREPARATION) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ศทาวุธ ภาชนะ, Ph.D., อุบลรัตน์ รัตนศักดิ์, Ph.D. 77 หน้า. ปี พ.ศ. 2557.

งานวิจัยนี้ศึกษาการปรับปรุงสมบัติจีโอโพลิเมอร์จากเถ้าลอยฟลูอิดไคซ์เบด (เถ้าลอย FBC) โดยใช้วิธีการบดลดขนาดเถ้าลอย และศึกษาผลของอัตราส่วนโดยน้ำหนักของสารละลายโซเดียมซิลิเกตต่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 15 โมลาร์ ($\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$) ที่อัตราส่วนเท่ากับ 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ต่อค่ากำลังอัดของจีโอโพลิเมอร์ ที่บ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิประมาณ 65°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อเร่งปฏิกิริยา จากนั้นศึกษาโครงสร้างฐานวิทยาของจีโอโพลิเมอร์เพสต์ด้วยเทคนิค XRD ศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคด้วยเทคนิค SEM ศึกษาผลของค่าดัชนีการเกิดปฏิกิริยา ศึกษาหมู่ฟังก์ชันด้านเทคนิค infrared spectroscopy (IR) ความเสถียรทางความร้อนด้วยเทคนิค thermogravimetric analysis (TGA) และทดสอบกำลังอัดของจีโอโพลิเมอร์มอร์ตาร์ที่อายุ 7, 30 และ 90 วัน พบว่าอัตราส่วน $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ ที่ 1.5 ให้ค่ากำลังอัดที่สูงประมาณ 30 เมกะปาสคาลที่อายุการบ่ม 7 และ 30 วัน แต่เมื่ออายุการบ่มมากขึ้นเป็น 90 วัน ให้ค่ากำลังอัดลดลง ในขณะที่อัตราส่วน $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ ที่ 2.0 ให้ค่ากำลังอัดเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่ม โดยให้ค่าสูงสุดประมาณ 24 เมกะปาสคาล การเพิ่มอัตราส่วนสูงขึ้นเป็น 2.5 ให้ค่ากำลังอัดเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่ม และให้ค่าสูงสุดที่ 30 เมกะปาสคาล ดังนั้นอัตราส่วนของ $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ มีผลต่อกำลังอัดของจีโอโพลิเมอร์จากเถ้าลอยฟลูอิดไคซ์เบด นอกจากนี้ผล SEM, XRD และ IR แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างจุลภาคและฐานวิทยาของเถ้าลอย หลังจากทำปฏิกิริยากับเบสเป็นจีโอโพลิเมอร์

52910164: MAJOR: ENVIRONMENTAL SCIENCE; M.Sc. (ENVIRONMENTAL SCIENCE)

KEYWORDS: FLY ASH / GEOPOLYMER / FLUIDIZED BED COMBUSTION (FBC)

MANISARA EIMWIJIT: PROPERTIES OF SUBBITUMINUS FBC FLY ASH FOR GEOPOLYMER PREPARATION. ADVISORY COMMITTEE: KATAVUT PHACHANA. Ph.D., UBOLLUK RATTANASAK, Ph.D. 77 P. 2014.

This research studied an improvement of the properties of fluidized bed Coal combustion fly ash (FBC fly ash geopolymer) by the scaled grinding of fly ash. The effect of Na_2SiO_3 / 15 M NaOH mass ratio on strength of geopolymer was also studied. Na_2SiO_3 /NaOH ratios were varied at 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5. Geopolymer were thermally cured at the temperature of 65 °C for 24 h in order to activate the reaction. The chemical properties of geopolymer pastes were studied by x-ray diffraction (XRD), scanning electron microscope (SEM), degree of reaction (DOR), infrared spectroscopy (IR), and thermogravimetric analysis (TGA). Compressive strength test of geopolymer mortars was performed at the ages of 7, 30 and 90 days. The results revealed that geopolymer pastes with the Na_2SiO_3 /NaOH ratio of 1.5 showed the highest compressive strength of 30 MPa at the curing ages of 7 and 30 days. However, the compressive strength was dropped at 90 days of curing. At the Na_2SiO_3 /NaOH ratio of 2.0, the strength increased with curing age giving the high strength of 24 MPa. When Na_2SiO_3 /NaOH ratio was increased to 2.5, the strength also increased with time obtaining the highest strength of 30 MPa. Therefore, Na_2SiO_3 /NaOH ratio affected the strength of FBC fly ash geopolymer. In addition, the results of SEM, XRD and IR showed the reaction of fly ash with base solutions resulting in microstructural and morphological reformations.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความสำคัญที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย.....	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
ถั่วลย.....	4
การเผาถ่านหิน.....	4
ชนิดของถั่วลย.....	5
สมบัติทางกายภาพของถั่วลย.....	6
รูปร่างอนุภาคของถั่วลย.....	7
ระยะเวลาการก่อตัว.....	7
ปฏิกิริยาไฮเดรชัน.....	7
วัสดุจีโอโพลิเมอร์.....	10
ปฏิกิริยาของจีโอโพลิเมอร์.....	12
การชะละลาย (dissolution).....	13
การทำปฏิกิริยาตกตะกอน (polymerization).....	13
เทคนิคที่ใช้ในการทดสอบ.....	13
กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope : SME)....	13
หลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	14

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
X-ray diffraction (XRD).....	15
Infrared spectroscopy (IR).....	16
การทดสอบกำลังอัดของจีโอโพลิเมอร์จากเถ้าลอย.....	17
การศึกษาคุณสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค thermogravimetric analysis (TGA)	18
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19
สรุป.....	20
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	22
วัสดุอุปกรณ์ สารเคมีและเครื่องมือ.....	22
วัสดุ.....	22
สารเคมี.....	22
เครื่องมือ.....	22
วิธีการทดลอง.....	23
วิธีการบดเถ้า.....	23
การคั่นขนาดเถ้าลอยที่ค้ำบนตระแกรงเบอร์ 325 (รูเปิด 45 ไมครอน).....	23
การเตรียมสารละลาย.....	25
วิธีผสมจีโอโพลิเมอร์เพสต์.....	26
วิธีการทำจีโอโพลิเมอร์เมอร์ตาร์ท.....	26
การศึกษากำลังอัดของจีโอโพลิเมอร์เมอร์ตาร์ท.....	27
การศึกษาดัชนีการเกิดปฏิกิริยา (degree of reaction).....	28
การทดสอบจีโอโพลิเมอร์เพสต์โดยเทคนิค infrared spectroscopy	28
การศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	29
การศึกษาสัณฐานวิทยาด้วยเทคนิค x-ray diffraction.....	29
การศึกษาคุณสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค thermogravimetric analysis (TGA)...	29
4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล.....	30
การทดสอบเถ้าลอยโดยเทคนิค x-ray fluorescence	30
การศึกษากำลังอัดของจีโอโพลิเมอร์เมอร์ตาร์ท.....	33

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
การศึกษากำลังอัดของจีโอโพลิเมอร์มอร์ตาร์ที่แช่สารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)	
ร้อยละ 3.....	35
การศึกษากำลังอัดของจีโอโพลิเมอร์มอร์ตาร์ที่แช่สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) ร้อยละ 5.....	37
โครงสร้างจุลภาคจีโอโพลิเมอร์.....	39
ผลการวิเคราะห์ energy dispersive x-ray spectrometer, EDX.....	44
ค่าดัชนีการเกิดปฏิกิริยา degree of reaction.....	44
ผลจากการทดสอบจีโอโพลิเมอร์เพสต์โดยเทคนิค infrared spectroscopy.....	47
การศึกษาสมบัติทางความร้อนทางจีโอโพลิเมอร์เพสต์	48
5 สรุปผลการทดลอง.....	51
ข้อเสนอแนะ.....	52
บรรณานุกรม.....	53
ภาคผนวก	58
ภาคผนวก ก.....	59
ภาคผนวก ข.....	61
ภาคผนวก ค.....	65
ภาคผนวก ง.....	73
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	77

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 -ข้อกำหนดทางเคมีของเถ้าลอยตามมาตรฐาน ASTM C618.....	6
2-2 การเปรียบเทียบการสังเคราะห์ซีโอไลต์และจีโอโพลิเมอร์.....	12
3-1 ส่วนผสมของจีโอโพลิเมอร์เพสต์.....	26
3-2 ส่วนผสมของจีโอโพลิเมอร์มอร์ตาร์.....	27
4-1 องค์ประกอบของเถ้าลอย FBC	31
4-2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังอัดของจีโอโพลิเมอร์มอร์ตาร์ที่บ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิกับที่ แช่สารละลาย H_2SO_4	35
4-3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังอัดของจีโอโพลิเมอร์มอร์ตาร์ที่บ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิกับที่ แช่สารละลาย $MgSO_4$	37
4-4 ร้อยละดัชนีการเกิดปฏิกิริยาของเถ้าลอย FBC (ค่าแบบลงค์).....	45
4-5 ร้อยละดัชนีการเกิดปฏิกิริยาของเถ้าลอย FBC (ค่าแบบลงค์).....	45
4-6 ร้อยละดัชนีการเกิดปฏิกิริยา ของจีโอโพลิเมอร์เพสต์ที่อายุ 30 วัน.....	45
4-7 ร้อยละดัชนีการเกิดปฏิกิริยา ของจีโอโพลิเมอร์เพสต์ที่อายุ 90 วัน.....	46

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 แผนภูมิการเกิดสารจีโอโพลิเมอร์	11
2-2 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	14
2-3 การแสดงหลักการทำงานของเครื่อง SEM	15
2-4 เครื่อง X-ray diffractometer	16
2-5 เครื่อง Infrared spectroscopy (IR).....	17
2-6 เครื่องทดสอบกำลังอัดจีโอโพลิเมอร์.....	18
2-7 เครื่อง Thermogravimetric Analysis	19
4-1 XRD ของเถ้าลอย FBC	32
4-2 กำลังอัดของจีโอโพลิเมอร์มอร์ตาร์จากเถ้าลอย FBC ที่อายุ 7, 30 และ 90 วัน.....	33
4-3 XRD ของจีโอโพลิเมอร์เพสต์จากเถ้าลอย FBC ที่อายุ 90 วัน.....	34
4-4 กำลังอัดของจีโอโพลิเมอร์มอร์ตาร์ที่แช่สารละลายกรดซัลฟิวริก ที่อายุ 90 และ 180 วัน.	36
4-5 กำลังอัดของจีโอโพลิเมอร์มอร์ตาร์ที่แช่สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต ที่อายุ 90 และ 180 วัน.....	38
4-6 โครงสร้างทางจุลภาคของเถ้าลอย FBC.....	39
4-7 โครงสร้างของจีโอโพลิเมอร์จากเถ้าลอย FBC ที่อัตราส่วน G/N = 1 อายุการบ่ม 90 วัน.	40
4-8 โครงสร้างของจีโอโพลิเมอร์จากเถ้าลอย FBC ที่อัตราส่วน G/N = 1.5 อายุการบ่ม 90 วัน	41
4-9 โครงสร้างของจีโอโพลิเมอร์จากเถ้าลอย FBC ที่อัตราส่วน G/N = 2 อายุการบ่ม 90 วัน..	42
4-10 โครงสร้างของจีโอโพลิเมอร์จากเถ้าลอย FBC ที่อัตราส่วน G/N = 2.5 อายุการบ่ม 90 วัน	43
4-11 โครงสร้างจุลภาคและองค์ประกอบของตัวจีโอโพลิเมอร์ที่อัตราส่วน $\text{Na}_2\text{SO}_3/\text{NaOH}$ เท่ากับ 2 ที่อายุการบ่ม 90 วัน	44
4-12 ดัชนีการเกิดปฏิกิริยาของจีโอโพลิเมอร์เพสต์ที่อายุการบ่มที่ 90 วัน.....	46
4-13 กราฟ IR เปรียบเทียบหมู่ฟังก์ชันระหว่างตัวอย่างเถ้าลอย FBC กับจีโอโพลิเมอร์จากเถ้าลอย FBC ที่อัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุการบ่ม 90 วัน	47
4-14 เทอร์โมแกรม TGA-DTG ของเถ้าลอย FBC	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-7 เทอร์โมแกรม TGA-DTG ของจีโอโพลิเมอร์เพสต์จากเถ้าลอยที่อัตราส่วนของ G/N = 1, 1.5, 2 และ 2.5 ที่อายุ 90 วัน	49

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University