

การศึกษาองค์ประกอบและโครงสร้างของซีเมนต์ลอยซบพิทมินัสที่เผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ The Study of Composition and Structure of Subbituminous Fly Ash sintered at Various Temperatures

วัชรินทร์ ราชนิยม^{1,*} ยศกิต เรืองทวีป^{2,3} จักรพงษ์ แก้วขาว^{2,3} และคชาวุธ ภาชนะ^{1,4}

¹โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
²ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
³โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
⁴ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
* watcharinratniyom601@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ใช้ซีเมนต์ลอยซบพิทมินัสที่ได้จากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนในประเทศไทยเพื่อศึกษาองค์ประกอบและโครงสร้าง โดยทดลองเผาซีเมนต์ลอยซบพิทมินัสที่ระดับอุณหภูมิ 200, 400, 600, 800 และ 1,000 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาผลจากความร้อนที่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบและโครงสร้างของซีเมนต์ โดยใช้เครื่องมือสเปกโตรมิเตอร์รังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน (Energy Dispersive X-Rays Fluorescence Spectrometer; EDXRF) ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (X-Rays Diffractometer; XRD) ในการวิเคราะห์โครงสร้างของซีเมนต์ จากการศึกษาพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของซีเมนต์ส่วนใหญ่ประกอบด้วย ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) และเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) หลังจากการเผาซีเมนต์ที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของซีเมนต์ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงภายใต้กระบวนการทางความร้อน แต่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างที่ระดับอุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส โดยพบโครงสร้างผลึกของเฮมาไทต์ ($\text{Fe}_{2.45}\text{Si}_{0.55}\text{O}_4$ Iron Silicon Oxide) เกิดขึ้นนอกเหนือจากโครงสร้างผลึกของมัลไลต์ และควอทซ์ ที่พบในซีเมนต์ก่อนและหลังการเผาซีเมนต์ที่ระดับอุณหภูมิ 200, 400, 600 และ 800 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: ซีเมนต์ลอย, ซบพิทมินัส, ซิลิกา

Abstract

The subbituminous coal fly ash (SCFA) obtained from the coal fired power plant in Thailand has been studied. SCFA was sintered at 200, 400, 600, 800 and 1,000 °C for 3 h and investigated their compositions and structures by X-rays fluorescence spectrometer (XRF) and X-rays diffractometer (XRD) respectively. The results show that, the major compositions of SCFA are SiO_2 and Al_2O_3 and Fe_2O_3 . However, after sintered at various temperatures, SCFA no significant change in their composition. The XRD patterns of SCFA (no sintered to 800°C) exhibited the peak of mullite ($\text{Al}_{2.3}\text{Si}_{1.7}\text{O}_{4.85}$ Mullite, syn) and quartz (Si O2 Quartz, syn). Since 1,000 °C hematite ($\text{Fe}_{2.45}\text{Si}_{0.55}\text{O}_4$ Iron Silicon Oxide) was appeared.

Keywords: Fly Ash, Subbituminous, Silica

1. บทนำ

ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงที่มีความสำคัญมากในประเทศไทย โดยปริมาณการใช้ถ่านหินในประเทศอยู่ที่ประมาณ 35 ล้านตันต่อปี ซึ่งแบ่งไปใช้ในภาคการผลิตไฟฟ้าร้อยละ 81 ที่เหลือร้อยละ 19 ใช้ในภาคอุตสาหกรรม เช่น ซีเมนต์ กระดาษ เยื่อไฟเบอร์ อาหาร ปูนขาว ไบโอสูบ โลหะ และอื่น ๆ (กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2553) การใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงแม้ว่าจะมีข้อดีที่ช่วยให้ต้นทุนการผลิตสินค้าและบริการต่ำลง แต่ข้อเสียของใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงจะก่อให้เกิดกากของเสียหรือขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ในปริมาณมาก เมื่อถ่านหินถูกเผาไหม้จะก่อให้เกิดขี้เถ้าประมาณร้อยละ 4-25 ของน้ำหนักถ่านหิน ประกอบด้วยขี้เถ้าลอย (fly ash) ร้อยละ 85-95 และขี้เถ้าหนัก (bottom ash) ร้อยละ 5-15 (ภาคศุภกร กาญจนกุล, 2554) ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเช่นกัน

ขี้เถ้าลอยเป็นฝุ่นที่มีอนุภาคขนาดเล็กมาก มีส่วนประกอบคือ ซิลิกอนไดออกไซด์ แคลเซียมออกไซด์ อลูมิเนียมออกไซด์ และออกไซด์ของโลหะหนักหลายชนิด เนื่องจากขี้เถ้าลอยมีขนาดเล็กมากจึงมีโอกาที่จะลอยไปกับความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ได้สูงมาก ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานถ่านหิน จะมีการติดตั้งเครื่องดักจับฝุ่นไฟฟ้าสถิต (electrostatic precipitator) แล้วนำเถ้าลอยไปกักเก็บไว้ในบ่อขี้เถ้า และจำเป็นต้องมีการฉีดน้ำเพื่อยับยั้งไม่ให้อนุภาคของขี้เถ้าลอยถูกกระแสนลมพัดพาไป จากข้อมูลของการผลิตไฟฟ้าแห่งประเทศไทยรายงานว่าโรงไฟฟ้าพลังงานถ่านหินหลักที่ดำเนินการผลิตตลอดเวลา ได้แก่ โรงไฟฟ้าแม่เมาะ โรงไฟฟ้าลิกไนต์ และโรงไฟฟ้าบีแอลซีพี โรงไฟฟ้าห้วยทับทันบิทุมินัส เมื่อรวมกันแล้วโรงไฟฟ้าทั้ง 2 แห่งนี้ สร้างขี้เถ้าลอยปีละมากกว่า 3 ล้านตัน (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2555)

จากรายงานการวิจัยพบว่าขี้เถ้าลอยจะมีปริมาณซิลิกาประมาณร้อยละ 40-50 โดยน้ำหนัก ซึ่งอาจนำมาใช้ประโยชน์โดยใช้เป็นวัสดุแทนซิลิกาในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมบางประเภทที่ไม่ต้องการซิลิกาที่มีความบริสุทธิ์มาก เช่น คอนกรีต แก้วที่ใช้ในงานเครื่องประดับ เป็นต้น อย่างไรก็ตามขี้เถ้าลอยถึงแม้จะมีปริมาณซิลิกาถึงร้อยละ 40-50 โดยน้ำหนัก แต่ในทางอุตสาหกรรมก็ยังถือว่าเป็นวัสดุที่มีคุณภาพต่ำเนื่องจากปริมาณความบริสุทธิ์ของซิลิกานั้นน้อยเกินไป ดังนั้นในงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองผลของอุณหภูมิที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างของขี้เถ้าลอยถ่านหินห้วยทับทันบิทุมินัส ด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน (Energy Dispersive X-Rays Fluorescence Spectrometer; EDXRF) และเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (X-Rays Diffractometer; XRD)

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

ขี้เถ้าลอยที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นขี้เถ้าลอยจากการใช้ถ่านหินห้วยทับทันบิทุมินัสเป็นเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าพลังงานถ่านหินตั้งอยู่ที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง การเตรียมตัวอย่างขี้เถ้าลอยจะใช้ขี้เถ้าลอยมวล 20 กรัมในแต่ละการทดลอง โดยขี้เถ้าตัวอย่างจะถูกนำไปเผาซ้ำในเตาเผาที่อุณหภูมิ 200, 400, 600, 800, 1,000 องศาเซลเซียสในภาวะบรรยากาศปกติเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นปิดเตาไฟฟ้าแล้วปล่อยให้ขี้เถ้าเย็นตัวอย่างช้า ๆ จนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำตัวอย่างขี้เถ้าลอยมาวิเคราะห์ โดยตัวอย่างขี้เถ้าลอยที่ได้จากการเก็บตัวอย่างจะถูกนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน (Panalytical model minipal-4) และศึกษาโครงสร้างของขี้เถ้าลอยด้วยเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (Bruker D8 Advance) เพื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบและโครงสร้างของขี้เถ้าก่อนและหลังการเผาซ้ำที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ

3. ผลการทดลอง

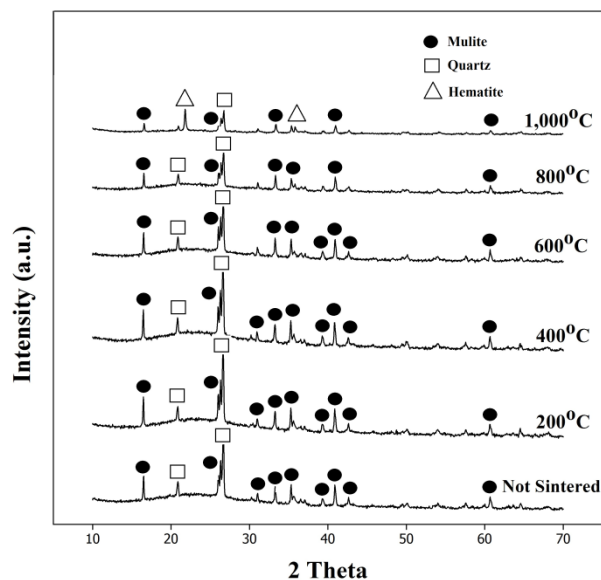
ผลการทดลององค์ประกอบทางเคมีของขี้เถ้าลอยห้วยทับทันบิทุมินัสจากเครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงานแสดงดังตารางที่ 1 ผลการทดลองสังเกตได้ว่าองค์ประกอบทางเคมีของขี้เถ้าลอยห้วยทับทันบิทุมินัสทั้งก่อนและหลังการเผาซ้ำที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ มีส่วนประกอบหลักได้แก่ ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) และเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) จากการทดลองพบว่าการเผาขี้เถ้าลอยซ้ำที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ กัน สัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของขี้เถ้าลอยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าการให้ความร้อนไม่ส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบของขี้เถ้าลอยถ่านหินห้วยทับทันบิทุมินัส แตกต่างจากการเผาขี้เถ้าจากวัสดุชีวภาพชนิดอื่น ๆ เช่น แกลบ ฟางข้าว ไม้ยูคาลิปตัส ซึ่ง

สามารถเพิ่มความบริสุทธิ์ของซิลิกอนไดออกไซด์ได้โดยกระบวนการให้ความร้อน (Kaewkhao, J., & Limsuwan, P., 2012) (Della, V.P., et al., 2002) (Ruangtaweep, Y., et al., 2011)

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของซีเมนต์ล้อยับปิทมินัสด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน (EDXRF)

Sintering Condition	% weight												
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	NiO	CuO	ZnO	^a LOI
Not Sintered	28.99	49.61	0.77	0.46	1.08	2.24	1.98	0.14	14.61	0.01	0.02	0.04	0.05
200°C	28.98	49.54	0.72	0.51	1.07	2.25	1.99	0.13	14.68	0.01	0.02	0.04	0.06
400 °C	28.88	50.18	0.69	0.46	1.05	2.28	1.9	0.13	14.29	0.01	0.02	0.03	0.08
600 °C	29.23	50.2	0.73	0.36	1.05	2.18	1.89	0.12	14.02	0.01	0.02	0.04	0.15
800 °C	29.38	50.04	0.7	0.28	1.08	2.16	1.93	0.13	14.18	0.01	0.02	0.03	0.06
1,000 °C	29.05	48.68	0.64	0.2	1.13	2.3	2.08	0.14	15.64	0.01	0.02	0.04	0.07

^a Loss on ignition



รูปภาพที่ 1 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของซีเมนต์ล้อยับปิทมินัสโดยใช้เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (XRD)

จากการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ ในรูปภาพที่ 1 พบว่าซีเมนต์ล้อยก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 200, 400, 600 และ 800 องศาเซลเซียสในบรรยากาศปกติมีลักษณะเป็นวัสดุอสัณฐานและมีโครงสร้างที่มีความคล้ายคลึงกัน โดยมีโครงสร้างผลึกของมัลไลต์ (Al₂3 Si₇ O₄.85 Mullite, syn) มีองค์ประกอบหลักเป็นธาตุอะลูมิเนียม (Al) ซิลิกอน (Si) และออกซิเจน (O) และโครงสร้างผลึกของควอตซ์ (Si O₂ Quartz, syn) มีองค์ประกอบหลักเป็นธาตุซิลิกอน (Si) และออกซิเจน (O) ในขณะที่ซีเมนต์ล้อยที่เผาซ้ำที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส มีโครงสร้างเป็นวัสดุอสัณฐานเช่นเดียวกัน แต่มีโครงสร้างผลึกที่แตกต่างออกไป โดยมีโครงสร้างผลึกของเฮมาไทต์ (Fe₂.45 SiO₅.55 O₄ Iron Silicon Oxide) เกิดขึ้นซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นธาตุเหล็ก (Fe) ซิลิกอน (Si) และออกซิเจน (O) ซึ่งโครงสร้างผลึกที่พบในซีเมนต์ล้อยทั้งหมดนี้เกิดจากองค์ประกอบของธาตุซิลิกอน อะลูมิเนียม และเหล็ก สอดคล้องกับผลการทดลองที่วิเคราะห์ได้จากเครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน

4. บทสรุป

จากผลการทดลององค์ประกอบทางเคมีโดยเครื่องเครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงานพบว่าซีเถ้าลอยซัพบิทูมินัสมีองค์ประกอบหลักคือ ซิลิกอนไดออกไซด์ อะลูมิเนียมออกไซด์ และเหล็กออกไซด์ นอกจากนี้ซีเถ้าลอยซัพบิทูมินัสไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีภายใต้กระบวนการให้ความร้อน ส่วนผลการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์พบว่าซีเถ้าลอยซัพบิทูมินัสเป็นวัสดุอสัณฐานที่มีโครงสร้างผลึกของมัลไลต์ และควอทซ์ โครงสร้างผลึกของซีเถ้าสามารถเปลี่ยนแปลงภายใต้กระบวนการให้ความร้อน ซึ่งจากการทดลองพบว่าโครงสร้างผลึกของเฮมาไทต์เกิดขึ้นเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส

5. เอกสารอ้างอิง

- กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2553). ข้อมูลการใช้ถ่านหินในอุตสาหกรรม. ค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2556 จาก <http://www.dede.go.th/dede/index.php?>
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2555) เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด. ค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2556 จาก <http://www.egat.co.th/index.php?>
- ภักศุภกร กาญจนกุล (2554). การเตรียมแก้วอัลคาไลน์บอโรซิลิเกตโดยใช้ซีเถ้าลอยจากภาคอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- Della, V.P., Kühn, I., & Hotza, D. (2002). Rice husk ash as an alternate source for active silica production, **Materials Letters** 57 (818 – 821).
- Kaewkhao, J. & Limsuwan, P. (2012). Utilization of rice husk fly ash in the color glass production, **Procedia Engineering** 32 (670 – 675).
- Ruangtaweep, Y., J, Kaewkhao., Kedkaew, C., & Limsuwan, P. (2011). Investigation of biomass fly ash in thailand for recycle to glass production, **Procedia Engineering** 8 (58–61).