

การจัดการของเสียอะลูมินาโดยวิธีการปรับเสถียรโดยการทำเป็นก้อนแข็ง ALUMINA WASTE MANAGEMENT BY SOLIDIFICATION/SOLIDIFICATION

เพลงประพันธ์ กิ่งทอง¹ และ เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาลักษณะที่เหมาะสมที่สุดในการกำจัดกากของเสียอะลูมินาจากอุตสาหกรรมหลอมอะลูมิเนียมและเหล็กโดยวิธีการปรับเสถียรและทำเป็นก้อนแข็งขนาด 5x5x5 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยได้ทำการศึกษาเริ่มจากลักษณะทางกายภาพและเคมีของของเสียที่นำมาทำการวิจัย พบว่า ของเสียอะลูมินามีลักษณะเป็นผงละเอียดสีเทาเข้มและมีกลิ่นเหม็นฉุน นำมาทำการกระจายของขนาดอนุภาคพบว่ามีความอยู่ 171.49 ไมโครเมตร และนำมาทำการบดจนมีขนาดเท่ากับ 43.05 ไมโครเมตร จากนั้นนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าของเสียอะลูมินาประกอบไปด้วย Al_2O_3 มากที่สุดถึงร้อยละ 48 และองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ได้แก่ SiO_2 ร้อยละ 4.18, Cl ร้อยละ 20, Na_2O ร้อยละ 14.43 และ H_3BO_3 ร้อยละ 13.74 และทำการวิเคราะห์การชะละลายโดยหนักจากกากของเสียพบว่าค่าต่ำกว่ามาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม จากนั้นจึงได้ออกแบบส่วนผสมเพื่อทำการปรับเสถียรและขึ้นรูป โดยกำหนดปริมาณน้ำ 60 มิลลิลิตร ต่อทราย 275 กรัม และแปรสัดส่วนของกากของเสียอะลูมินาต่อปูนซีเมนต์ดังนี้ 0:100, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50 และ 60:40 หลังจากทำการผสมและขึ้นรูป นำไปทำการบ่มในน้ำเป็นเวลา 7, 14 และ 28 วันและนำไปทำการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัด ผลปรากฏว่าในก้อนที่ไม่มีส่วนผสมของเสียอะลูมินาจะให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดและเริ่มคงที่ที่ระยะเวลาการบ่ม 14 วัน แต่ในก้อนที่มีการเติมของเสียอะลูมินาลงไปจะทำให้ได้ค่ากำลังรับแรงอัดลดลงตามปริมาณที่ใส่ลงไป โดยในก้อนที่ใส่ของเสียอะลูมินาลงไปมากที่สุดคือ 60 กรัม ให้กำลังรับแรงอัดที่ 36.69 กก./ตร.ซม. ซึ่งมากกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้สำหรับการนำไปฝังกลบในหลุมฝังกลบแบบปลอดภัยคือ 3.5 กก./ตร.ซม. ดังนั้นในการจัดการกากของเสียอะลูมินาจากอุตสาหกรรมหลอมอะลูมิเนียมสามารถใช้อัตราส่วนระหว่างของเสียอะลูมินาและปูนซีเมนต์ได้ถึง 60:40

คำสำคัญ: ของเสียอะลูมินา, การปรับเสถียร, การทำเป็นก้อนแข็ง, ของเสียอันตราย, กำลังรับแรงอัด

ABSTRACT

Objective of this research is to study the solidification and stabilization of alumina waste. The basic physical and chemical properties of alumina waste, alumina waste to portland cement ratio on compressive strength and the curing time were studied. The mortar was cast in 5*5*5 centimeters cubic shape with cured temperature at room temperature and soak into the water. Compressive strength was tested at 7, 14 and 28 days. The results revealed that the chemical characteristics of

¹ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

² Department of Environmental Engineering Faculty of Engineering Chulalongkorn University

alumina waste contain an average of 48 percent of aluminium oxide and 4.18 percent of Silicon dioxide. The leaching tests of heavy metals also indicated that the concentration of all heavy metals were within the standard set by the Ministry of Industry, Thailand. The alumina waste was considering as non-hazardous waste. The alumina waste to portland cement ratio of 60:40 mixed with 60 ml. of water and 275 g. of sand gave the compressive strength at 36.60 KN/cm² which pass the compressive strength standard on the solidification/stabilization of hazardous waste in landfill.

Keyword: Alumina waste, Stabilization, Solidification, Hazardous waste, Compressive strength

E-mail address : Plengraphun.k@gmail.com

บทนำ

อุตสาหกรรมหลายประเภทได้ก่อให้เกิดของเสียที่มีองค์ประกอบของสารจำพวกอะลูมินาซึ่งหากปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมจะก่อให้เกิดผลกระทบและเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้ ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องหาวิธีการจัดการที่ถูกต้อง และเนื่องจากของเสียดังกล่าวได้ถือว่าเป็นของเสียอันตรายตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2548 ที่ระบุไว้ว่าจะก่อให้เกิดผลกระทบร้ายแรง วิธีการกำจัดที่ถูกต้องนั้นจำเป็นที่จะต้องทำการนำไปจัดเก็บในหลุมฝังกลบแบบปลอดภัยโดยจะต้องมีการจัดการกับของเสียโดยวิธีการลดพิษด้วยวิธีการทำให้เป็นก้อนแข็ง (Stabilization/Solidification) เสียก่อน ซึ่งการจัดการกับของเสียด้วยวิธีนี้จะสามารถลดการปนเปื้อนของของเสียดังกล่าวได้ (Anastasiadou, 2012) งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาสถานะที่เหมาะสมสำหรับการทำการปรับเสถียรด้วยการทำให้เป็นก้อนแข็ง เพื่อจะได้ทราบถึงอัตราส่วนของของเสียอะลูมินาสูงสุดที่สามารถผสมในการทำก้อนแข็ง เพื่อเป็นการลดการใช้ปูนซีเมนต์ลงอันจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการของเสียอีกทางหนึ่งด้วย

วิธีการวิจัย

เตรียมวัสดุสำหรับการวิจัย

ของเสียอะลูมินา โดยการนำของเสียอะลูมินาที่ได้มาจากโรงงานแปรรูปกากของเสียมาผ่านการบดด้วยเครื่องบดขนาดเล็ก (Tube Mill) บดครั้งละ 800 กรัม ใช้เวลา 2 ชั่วโมง และเตรียมทรายแม่น้ำโดยการนำมาล้างให้สะอาดด้วยน้ำประปานั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 – 105 องศาเซลเซียส และนำมาคัดขนาด โดยจะต้องมีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 20 (อาจค้างบนตะแกรงได้ไม่เกินร้อยละ 15) และตะแกรงเบอร์ 30 (อาจค้างบนตะแกรงได้ไม่เกินร้อยละ 5) หลังจากร่อนต่อเนื่องเป็นเวลา 5 นาที ตามมาตรฐาน ASTM C778-06

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของวัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของของเสียอะลูมินาด้วยวิธีเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์ (X-ray fluorescence, XRF)
2. ทดสอบการชะละลายของโลหะหนักด้วยวิธี Waste Extraction Test (WET) ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 โดยนำน้ำชะละลายมาวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่องอินดักทีฟคัปเปิลพลาสมา (Inductively Coupled Plasma, ICP)

3. วิเคราะห์การกระจายขนาดของวัสดุบดด้วยวิธี Sieve Analysis ตามวิธีมาตรฐาน ASTM C136-06 โดยทำการบดและนำมาแยกขนาดด้วยเครื่องร่อนเขย่าคัดขนาด (Sieve Analysis) ที่มีขนาดต่างกันโดยเรียงจากตะแกรงช่องใหญ่ที่อยู่ด้านบนไปถึงตะแกรงช่องเล็กที่อยู่ด้านล่างตามขนาดดังนี้ ขนาดเบอร์ 50 เมช, 100 เมช, 150 เมช และ 200 เมช ตามลำดับ และนำมาหาค่าการกระจายของขนาด (Particle size distribution) ของของเสียอะลูมินา ด้วยเครื่อง Mastersizer 2000

วิธีการผสม

ออกแบบส่วนผสมโดยปรับเปลี่ยนปริมาณของเสียอะลูมินาต่อปริมาณปูนซีเมนต์เป็น ร้อยละ 20, 30, 40, 50 และ 60 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำปูนซีเมนต์และของเสียอะลูมินาที่ผสมกันแล้วมาผสมกับผสมทรายตามอัตราส่วน 1 : 2.75 และทำการผสมส่วนประกอบดังกล่าวกับน้ำในอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.5 : 1 เมื่อทำการผสมทุกส่วนเข้ากันแล้วจึงเทส่วนผสมที่ได้ทั้งหมดลงใส่แบบพิมพ์ขนาด 5 x 5 x 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แต่งกระทุ้งขนาดพื้นที่หน้าตัด 5 x 5 ตารางเซนติเมตร เพื่อให้ส่วนผสมอัดตัวกันแน่นภายในแบบพิมพ์จะต้องทำตามมาตรฐาน ASTM C109 แบ่งเท 2 ชั้น ชั้นละ 25 มม. กระทุ้งด้วยแท่งกระทุ้ง (Tamper) ชั้นละ 32 ครั้ง จากนั้นทิ้งให้สารเกาะตัวกันเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำส่วนผสมที่เทลงใส่แบบพิมพ์เรียบร้อยแล้วไปบ่มในน้ำเป็นระยะเวลา 7, 14, 28 วัน ก่อนนำไปทำการวัดค่ากำลังการรับแรงอัด

Table 1. Mixture proportion for application of the solidification/stabilization process

Alumina waste (g)	Portland cement (g)	Water (ml)	Sand (g)
20	80	60	275
30	70	60	275
40	60	60	275
50	50	60	275
60	40	60	275

วิเคราะห์คุณสมบัติและสภาวะที่เหมาะสมในการจัดการของเสียอะลูมินาโดยวิธีการทำเป็นก้อนแข็ง

ทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ASTM C109/C 109M-07, 2008 ด้วยเครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัดน้ำหนักกดสูงสุด 150 ตัน โดยกดที่ 7 วัน หลังจากทำการอบแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่ากำลังรับแรงอัดที่วัดได้ในแต่ละสัดส่วนของความเข้มข้นของกากของเสียอะลูมินา

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ลักษณะพื้นฐาน

ลักษณะพื้นฐานของกากของเสียอะลูมินา มีลักษณะทั่วไปคือ สีเทา ซึ่งมาจากสีเดิมของปูนซีเมนต์ที่ผสมลงไปและของเสียอะลูมินาที่มีสีเทา มีกลิ่นฉุนเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยาของของเสียอะลูมินาที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นฉุนมีลักษณะแสบจมูกจะรุนแรงมากในขณะทำการผสมและจะมีความรุนแรงลดลงหลังจากที่มีการขึ้นรูปและนำไปบ่มในน้ำแล้วตามระยะเวลาที่กำหนด และมีค่า pH อยู่ที่เท่ากับ 10 ซึ่งถือว่ามีฤทธิ์เป็นด่างซึ่ง

ค่า pH นั้นถือว่าเป็นลักษณะทางเคมีที่มีความสำคัญมากที่สุดที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการของเสียด้วยวิธีนี้ ค่า pH จะส่งผลโดยตรงกับการชะละลายของของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม (Development of Performance Specifications for Solidification/Stabilization, 2011) โดยลักษณะทั่วไปที่ทำการศึกษานี้เป็นลักษณะเบื้องต้นที่จำเป็นจะต้องใช้เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ผลร่วมกับผลการทดลองอื่นๆต่อไป

องค์ประกอบภายในกากของเสียอะลูมินา

องค์ประกอบภายในของกากของเสียอะลูมินา ได้ทำการศึกษาแล้วพบว่ามีส่วนประกอบของ Al_2O_3 มากที่สุดถึง 48 %, SiO_2 4.18%, Cl 20 %, Na_2O 14.43 % และ H_3BO_3 13.74 % โดย Al_2O_3 และ SiO_2 จะมีผลต่อการทำให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานซึ่งทำให้เกิดเป็นโครงสร้างของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต และ Al_2O_3 จะก่อให้เกิดการทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ทำให้เกิดเป็นสารพวกแคลเซียมอะลูมิเนตไฮเดรต ซึ่งสารทั้งสองชนิดนี้ให้ส่งผลต่อประสิทธิภาพของก้อนแข็งในลักษณะที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสารประกอบ กล่าวคือ ไตรแคลเซียมซิลิเกต (Tricalcium Silicate, C_3S) จะทำให้ปูนซีเมนต์รับกำลังแรงอัดได้เร็วในระยะแรก หรือที่ประมาณ 14 วัน มีอัตราการทำปฏิกิริยากับน้ำปานกลางก่อตัวภายในไม่กี่ชั่วโมง เมื่อเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันจะให้ความร้อนปานกลางคือ ประมาณ 120 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (ประพิศลา, 2542) มีคุณสมบัติคือให้กำลังสูงและทนต่อการกัดกร่อนของซัลเฟต ไดแคลเซียมซิลิเกต (Dicalcium Silicate, C_2S) จะทำให้ปูนซีเมนต์รับแรงได้ช้าลงคือที่ประมาณวันที่ 14 - 28 วันหลังจากการผสมและเรื่อยไปหากได้รับการบ่มขึ้น โดย

ทำปฏิกิริยากับน้ำค่อนข้างช้า เมื่อเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันจะให้ความร้อนค่อนข้างน้อยประมาณ 60 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (ประพิศลา, 2542) มีคุณสมบัติให้กำลังสูงและทนการกัดกร่อนของซัลเฟตได้ดี ไตรแคลเซียมอะลูมิเนต (Tricalcium Aluminate, C_3A) ทำให้ปูนก่อตัวทันทีที่ผสมน้ำให้ความร้อนสูงประมาณ 210 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม โดยจะให้กำลังรับแรงอัดเล็กน้อยในวันแรกและจะไม่ให้กำลังเพิ่มขึ้นตามเวลาแต่จะมีประโยชน์ในการช่วยเร่งปฏิกิริยาไตรแคลเซียมซิลิเกต และเตตระแคลเซียมอะลูมิโนเฟอร์ไรท์ (Tetracalcium Aluminoferrite, C_4AF) จะก่อตัวอย่างรวดเร็วแต่ช้ากว่าไตรแคลเซียมอะลูมิเนตและให้ความร้อนน้อยกว่าไตรแคลเซียมอะลูมิเนตเล็กน้อยส่วนการให้กำลังรับแรงอัดยังไม่เป็นที่ทราบแน่นอน จะเห็นได้ว่าจากคุณสมบัติดังกล่าวมีความแตกต่างกันเรื่องของระยะเวลาในการขึ้นรูปและการให้กำลังการรับแรงอัด แต่จากการที่ส่วนประกอบภายในของเสียที่นำมาทำการผสมกับปูนซีเมนต์เพื่อขึ้นรูปนี้ประกอบไปด้วยสารจำพวกอะลูมิเนตเป็นส่วนใหญ่ดังนั้นจะก่อให้เกิดการไม่สมดุลของการทำปฏิกิริยาเพราะจะได้ไตรแคลเซียมอะลูมิเนตและเตตระแคลเซียมอะลูมิโนเฟอร์ไรท์ได้มากกว่า และจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำให้เกิดสารจำพวกแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตลดลง

การกระจายขนาดของอนุภาคของเสียอะลูมินา

ได้ทำการศึกษาน้ำหนักของอนุภาคด้วยวิธี Sieve Analysis โดยทำการเปรียบเทียบขนาดของอะลูมินาบริสุทธิ์และของเสียอะลูมินาก่อนทำการบดและหลังการบด เนื่องจากขนาดอนุภาคของกากของเสียอะลูมินาก่อนการบดมีขนาดใหญ่มากเกินไป ดังนั้นจึงต้องทำการบดเพื่อทำให้ขนาดอนุภาคเล็กลง เพื่อเติมช่องว่างของมอร์ตาร์ทำให้มีความหนาแน่นมากขึ้น อันจะนำมาซึ่งการเพิ่มความแข็งแรงให้กับมอร์ตาร์อีกด้วย ได้ค่าตามตาราง

Table 2. Size distribution of alumina waste before and after milling

Substance	Particle size		
	D 0.1 (μm)	D 0.5 (μm)	D 0.9 (μm)
Pure alumina	34.751	90.717	149.368
Alumina waste(before milling)	11.78	171.49	477.93
Alumina waste(after milling)	1.56	43.05	237.68

การกระจายขนาดของกากของเสียอะลูมินา ก่อนที่จะมีการบดได้นำเอาไปวิเคราะห์หาค่าขนาดของอนุภาคได้เท่ากับ 171.49 ไมโครเมตร ซึ่งมีขนาดใหญ่ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของโครงสร้างภายในจึงมีความจำเป็นต้องทำให้ขนาดอนุภาคของของเสียอะลูมินามีขนาดลดลง เนื่องจากขนาดของเสียที่เป็นองค์ประกอบจะมีผลต่อการทำให้เกิดช่องว่างภายในหากช่องว่างนี้มีขนาดใหญ่ทำให้มีความหนาแน่นต่ำ ประสิทธิภาพในการจัดเก็บของเสียไว้ภายในก็จะน้อยแต่หากมีช่องว่างภายในน้อยลง ความหนาแน่นจะมากขึ้น ประสิทธิภาพในการจัดเก็บของเสียไว้ภายในก็จะมากขึ้นตามไปด้วย จึงได้นำมาทำการบดต่อจนมีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 43.05 ไมโครเมตร

ผลการชะละลายของโลหะหนัก

ทำการวิเคราะห์ผลการชะละลายของโลหะหนักด้วยวิธี Waste Extraction Test (WET) ของวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย โดยการนำน้ำชะละลายมาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักโดยใช้เครื่องอินดักทีฟลีคดับเปิลพลาสมา (Inductively Coupled Plasma, ICP) ผลสรุปว่ามีโลหะหนัก คือ ทองแดง(Cu) เท่ากับ 1.75 mg/l, สังกะสี(Zn) เท่ากับ 2.48 mg/l, ตะกั่ว(Pb) เท่ากับ 2.48 และ โครเมียม(Cr) เท่ากับ 0.18 mg/l ซึ่งค่าทั้งหมดนี้มีค่าน้อยกว่ามาตรฐาน Threshold Limit Concentration (STLC) ที่กำหนดไว้ตั้งนั้นของเสียอะลูมินา จึงไม่จัดว่าเป็นของเสียอันตรายตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548

ค่ากำลังรับแรงอัด

ค่ากำลังรับแรงอัดที่ได้จะมีค่าน้อยขึ้นอยู่กลับอัตราส่วนการผสมของเสียอะลูมินาลงไป กล่าวคือค่ากำลังรับแรงอัดจะแปรผกผันกับปริมาณกากของเสียอะลูมินาที่ใส่ลงไปมีค่าดังนี้

Table 3. Results of compressive strength at 7 days

Specimen	Strength (KN)	Area (cm^2)	Compressive strength (KN/cm^2)
Portland cement only	62.8	5×5	256.06
Alumina waste 20%	3.7	5×5	15.09
Alumina waste 30%	2.8	5×4.8	11.89
Alumina waste 40%	1.6	5×5	6.52
Alumina waste 50%	1.2	5×4.8	5.09
Alumina waste 60%	0.3	5×5	1.22

Table 4. Results of compressive strength at 14 days

Specimen	Strength (KN)	Area (cm ²)	Compressive strength (KN/cm ²)
Portland cement only	70	5×5	285.42
Alumina waste 20%	14	5×5	57.08
Alumina waste 30%	4	5×5	16.31
Alumina waste 40%	6	5×4.7	26.02
Alumina waste 50%	2.5	5×5	10.19
Alumina waste 60%	6.7	5×5	27.3

Table 5. Results of compressive strength at 28 days

Specimen	Strength (KN)	Area (cm ²)	Compressive strength (KN/cm ²)
Portland cement only	71	5×5	285.95
Alumina waste 20%	16	5×5	65.23
Alumina waste 30%	6	5×5	24.46
Alumina waste 40%	10	5×5	40.77
Alumina waste 50%	10.1	5×5	41.18
Alumina waste 60%	9	5×5	36.69

ค่ากำลังรับแรงอัด จากการทำการทดลองได้ค่ากำลังรับแรงอัดดังตารางที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 ซึ่งมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่การบ่มและอัตราส่วนของของเสียอะลูมินาที่ผสมลงไป ค่ากำลังรับแรงอัดของก้อนที่ไม่มีของเสียอะลูมินาผสมอยู่จะมีค่ากำลังรับแรงอัดมากที่สุดเริ่มต้นที่ 7 วัน เท่ากับ 256.06 กก./ตร.ซม. และเพิ่มขึ้นและเริ่มจะคงที่ที่ 14 และ 28 วัน คือที่ประมาณ 285 กก./ตร.ซม. และเมื่อเพิ่มส่วนผสมของของเสียอะลูมินาลงไป ทำให้มีค่ากำลังรับแรงอัดลดลงตามปริมาณของเสียอะลูมินาที่ใส่ลงไป โดยใส่ในอัตราส่วนร้อยละ 20, 30, 40, 50 และ 60 และเห็นได้ว่าค่ากำลังรับแรงอัดจะมีค่าลดลงตามลำดับ น้อยสุดอยู่ที่อัตราส่วนของเสียอะลูมินาร้อยละ 60 คือ 1.22 กก./ตร.ซม.(7 วัน) และเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มมากขึ้น คือ 27.3 กก./ตร.ซม.(14 วัน) และ 36.69 กก./ตร.ซม.(28 วัน) ซึ่งถือว่ามีค่าเกินมาตรฐานของการทำปรับเสถียรโดยวิธีการทำให้เป็นก้อนแข็ง กล่าวคือเราสามารถนำใช้ของเสียอะลูมินามาทำการปรับเสถียรโดยทำการผสมในอัตราส่วนร้อยละ 60 ซึ่งยังคงได้ค่ากำลังรับแรงอัดที่เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 3.5 กก./ตร.ซม.

ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการจัดการกับของเสียอะลูมินาด้วยวิธีดังกล่าวสามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถผสมได้มากถึงร้อยละ 60 ซึ่งถือว่าเป็นอัตราส่วนที่ค่อนข้างมาก นอกจากนี้จากการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการของเสียอะลูมินาด้วยวิธีนี้ควรจะมีการหาวิธีการอื่นๆที่จะสามารถช่วยให้สามารถผสมของเสียอะลูมินาลงไปได้มากขึ้นและเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการของเสียด้วยวิธีนี้ทั้งทางกายภาพและทางเคมี

เอกสารอ้างอิง

ชาลิสสา วีสมหมาย. 2554. การนำของเสียซิลิกาไปใช้ประโยชน์ในการผลิตจีโอโพลีเมอร์มอร์ตาร์.

วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประพิศลา เทพสิทธิธา. 2542. การทำเสถียรและการทำให้เป็นก้อนของตะกั่วจากการถลุงแร่เซอร์ไซต์.

วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Anastasiadou, K., Christopoulos, K. and Mousios, E. 2012. Solidification/stabilization of fly and bottom ash from medical waste incineration facility. **Hazardous Materials**. (207-208)165 – 170.

Shi, C. and Jimenez, F, A. 2006. Stabilization/solidification of hazardous and radioactive wastes with alkali-activated cements. **Hazardous Materials**. B137:1656-1663.

Solidification/Stabilization Team. 2011. **Development of Performance Specifications for Solidification/Stabilization**. The Interstate Technology & Regulatory Council, Washington, DC.