

การแยกแร่เหล็กออกจากเถ้าลอยและเถ้าก้นเตาโดยใช้แม่เหล็กนีโอไดเมียม REMOVAL OF IRON IMPURITIES FROM FLY AND BOTTOM ASH BY NEODYMIUM MAGNET

นายกฤษณะ แปงหลวง¹ นายภูมินทร์ เพชรวงษ์¹ นางสาวฟองจันทร์ จิราสิต² นายวิริยะ ทองสุก¹
และนายสิวโรตม์ ศิริลักษณ์^{1*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

²สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

Mr. Kritshna Pangluang¹, Mr. Poomin Petwong¹, Miss Fongjan Jirasit², Mr. Viriyah Thongsook¹
and Mr. Siwarote Siriluck^{1*}

¹Mining Engineering Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huaykaew, Muang, Chiangmai, 50300, Thailand

²Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna
128 Huaykaew, Muang, Chiangmai, 50300, Thailand

*ผู้รับผิดชอบบทความ: siwarote@hotmail.com เบอร์โทรศัพท์ 0-5392-1444 ต่อ 1236

บทคัดย่อ

เถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะจากการวิเคราะห์โดย XRF พบว่ามี %Fe ประมาณ 10% การแยกมลทินเหล็กออกจากเถ้าลอยและเถ้าก้นเตาโดยใช้แม่เหล็กถาวรชนิดนีโอไดเมียมในกระบวนการแบบเปียก พบว่า ลดมลทินเหล็กในตัวอย่างเถ้าลอยและเถ้าก้นเตาเหลือ 6.02% Fe ที่ความเข้มข้นแม่เหล็ก 3573 เกาส์ และ 5.23% Fe ที่ความเข้มข้นแม่เหล็ก 3705 เกาส์ ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์การเก็บกู้เหล็กจากตัวอย่างพบว่า เก็บได้ 90% และ 79% ในตัวอย่างเถ้าลอยและเถ้าก้นเตา ตามลำดับ

คำสำคัญ เถ้าถ่านหิน เถ้าลอย เถ้าก้นเตา แร่เหล็ก แม่เหล็ก

Abstract

In this research, fly and bottom ash samples from Mae Moh power plant, Lampang, Thailand were reported by XRF. The %Fe element in samples was nearly 10%. The neodymium permanent magnet was used to remove iron impurities in wet process. The results showed reduction in fly and bottom ash to 6.02%Fe at magnetic flux density (B) = 3573 G and 5.23%Fe at B = 3705 G, respectively. The maximum %Fe recoveries were 90% and 79% in fly ash and bottom ash, respectively.

Keywords: Coal ash, Fly ash, Bottom ash, Ferrous, Magnet

1. บทนำและความเป็นมาของปัญหา

ส่วนของเถ้าลอยลิกไนต์ที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ มักจะถูกนำไปฝังกลบ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดปัญหาด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม [1] อีกทั้งการฝังกลบก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น [2]

ปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ ปริมาณเหล็กในเถ้าลอยและเถ้าก้นเตามีสัดส่วนสูงขึ้นในแหล่งที่ขุดขึ้นมาใช้ในปัจจุบัน ส่งผลให้ปูนซีเมนต์ที่นำไปเป็นส่วนผสม ทำให้เกิดมีสีแดงของสนิมเหล็กเมื่อผ่านกระบวนการออกซิไดซ์จากธรรมชาติ

การกำจัดแร่เหล็กออกจากเถ้าลอยและเถ้าก้นเตาจะเป็นการช่วยแก้ปัญหาข้างต้น เพราะจะทำให้ เถ้าลอยและเถ้าก้นเตามีความต้องการในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ต่อไป และคุณภาพของวัสดุผสมปูนซีเมนต์จะไม่มีสีแดง ซึ่งเป็นสิ่งพึงประสงค์ในงาน อีกทั้งเมื่อปริมาณของมลทินเหล็กลดลงจะทำให้ สัดส่วนของซิลิกา แคลเซียมออกไซด์ และอลูมินาเพิ่มขึ้นในตัวอย่างอีกด้วย [3]

กระบวนการแยกแร่ด้วยแม่เหล็กถาวรชนิดนีโอไดเมียมในขนาดห้องปฏิบัติการ จึงถูกนำมาใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพ

ของเถ้าลอยและเถ้าก้นเตา เพื่อให้ได้เถ้าที่มีคุณสมบัติที่สามารถนำไปใช้สมทำอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ได้

2. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 เหล็ก (Iron)

เหล็กมีความสำคัญมากในการใช้งานในปัจจุบันที่หลากหลาย แต่ทว่าการเกิดสนิมเหล็ก(เหล็กออกไซด์)ก็สามารถเกิดได้เองตามธรรมชาติ เมื่อเหล็กรวมตัวกับออกซิเจนในอากาศขึ้น คุณสมบัติของเหล็กที่พบ คือ มีลักษณะสมบัติดูดแม่เหล็กอีกด้วย [4]

2.2 แร่เหล็กแมกนีไทต์ (Magnetite)

รูปผลึกแบบไอโซเมตริก แบบออกตะฮีดรอนเหมือนสปิเนล ปกติเป็นเม็ดเกาะแน่นเนื้อละเอียด หรือหยาบสีดำแบบเหล็ก สีมงละเอียดสีดำ วาวแบบโลหะ เนื้อเปราะ ร่วน รอยแตกไม่เรียบ ความแข็ง 6 ถ.พ. 5.18 แม่เหล็กดูดติดดีมาก และตัวแร่เป็นแม่เหล็กด้วย มี $Fe=72.4\%$ และ $O=27.6\%$ อาจมีแมกนีเซียมและแมงกานีสปนเล็กน้อยมีสมบัติเป็นแม่เหล็ก สามารถทดสอบกับแม่เหล็กได้ทันที [4]

2.3 เถ้าลอยและเถ้าก้นเตา

เถ้าถ่านหินหรือเถ้าลอย (Fly ash หรือ Pulverized fuel ash) (รูปที่ 1) เกิดจากการเผาถ่านเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า เถ้าถ่านหิน จะถูกพัดออกมาตามลมร้อน เพื่อออกไปสู่ปล่องควันจากนั้นตัวดักจับ (Electrostatic precipitator) จะทำการรวบรวมเถ้าถ่านหิน เพื่อเก็บไว้ในไซโลต่อไป ในกรณีที่เถ้าถ่านหินหลอมเหลว และบางส่วนจับกัน เป็นก้อน หรือเป็นเม็ดใหญ่ขึ้น ทำให้มีน้ำหนักมาก และตกลงสู่ก้นเตา จึงเรียกว่า เถ้าก้นเตา หรือเถ้าหนัก (Bottom ash) (รูปที่ 2) การผลิตกระแสไฟฟ้า ที่โรงงานไฟฟ้าพลังงานความร้อนที่แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิง กากที่เหลือจากการเผาถ่านหิน ประกอบด้วยเถ้าถ่านหินประมาณ 20% [5]



รูปที่ 1 เถ้าลอย (Fly Ash)



รูปที่ 2 เถ้าก้นเตา (Bottom Ash)

2.4 คุณสมบัติของเถ้าถ่านหิน

ถ่านหินที่บดละเอียดผ่านการเผาไหม้จะสันดาปและหลอมละลายเมื่อเผาที่อุณหภูมิสูง เถ้าถ่านหินขนาดเล็กสามารถลอยตามอากาศร้อนไปได้ เถ้าถ่านหินขนาดเล็กจะผ่านการเผาไหม้ ที่สมบูรณ์กว่า จึงมีทรงกลมและผิวเรียบ เถ้าถ่านหินขนาดใหญ่ จะมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน ผิวขรุขระ และมีรูเล็กๆ ที่ผิว ความถ่วงจำเพาะของเถ้าถ่านหินแม่เมาะ อยู่ที่ 2.0-2.2

2.5 การวิเคราะห์โดยวิธีเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (X ray Fluorescence Spectroscopy)

เอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุและปริมาณธาตุในสารตัวอย่าง โดยอาศัยหลักการที่อิเล็กตรอนในวงโคจรของอะตอม เปลี่ยนระดับชั้นที่มีพลังงานสูงไปยังชั้นที่มีพลังงานต่ำกว่า และคายพลังงานออกมาในรูปของรังสีเอกซ์ที่มีพลังงานจำเพาะ (characteristic X ray) ของแต่ละธาตุ เมื่อได้รับพลังงานเข้าไป [6]

เนื่องจากการทดลองในงานนี้เป็นตัวอย่างของแข็ง และมีขนาดของวัสดุละเอียดเล็กกว่า 250 ไมครอน การเตรียมตัวอย่าง จะทำการ นำแร่ที่ผ่านกระบวนการแยกแม่เหล็กแบบเปียก แล้วนำมาทำการอบให้แห้งด้วยเตาอบไฟฟ้าที่ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส จากนั้นชั่งตัวอย่างด้วยวิธี Riffling sampling ประมาณ 10 กรัม แล้วนำมาบรรจุในภาชนะทรงกระบอกที่ก้นเป็นฟิล์มใสเฉพาะ ซึ่งบริเวณนี้จะเป็นที่ยิงรังสีเอกซ์ โดยพื้นที่ยิงมีบริเวณไม่มาก เมื่อบรรจุตัวอย่างลงไปแล้วจะทำการกดพื้นที่จากอีกด้านด้วยกระบอกอัดพื้นเรียบซึ่งจะทำให้ตัวอย่างแบนราบสมบูรณ์แบบ จากนั้นใช้เครื่อง XRF ที่ได้ทำเทียบมาตรฐานแล้วดำเนินการ ตรวจสอบ ปริมาณธาตุในตัวอย่าง

2.6 แม่เหล็กแรงสูงนีโอไดเมียม

แม่เหล็กนีโอไดเมียมรู้จักกันในชื่อ Rare earth magnet เกิดขึ้นจากธาตุนีโอไดเมียม (Neodymium) ซึ่งเป็นธาตุที่หายาก ธาตุนี้พบได้ในสินแร่ ตรีทุล ฟอสเฟต ซึ่งสกัดออกมาแล้ว ได้ปริมาณของธาตุนีโอไดเมียมไม่มากนัก นีโอไดเมียมจึงจัดเป็นธาตุหายาก ด้านวิศวกรรม ธาตุนีโอไดเมียมถูกนำมาผลิตแม่เหล็กแรงสูงแบบถาวร (รูปที่ 3) [7]



รูปที่ 3 แม่เหล็กนีโอไดเมียม (Neodymium)

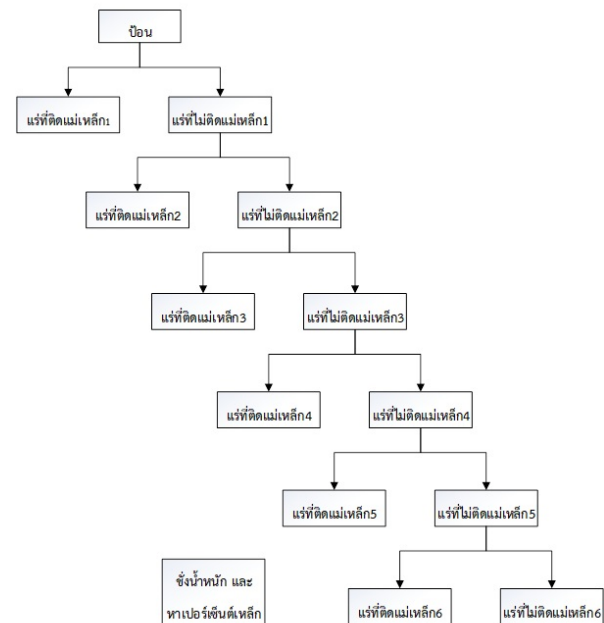
3. วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการแต่งเถาลอย และเถากันเตา โดยใช้แม่เหล็กถาวรนีโอไดเมียม (Neodymium) ในขนาดห้องปฏิบัติการนี้ใช้ เถากันเตาและเถาลอย ที่มีค่าอยู่ช่วงขนาดคือ -250 Mesh +Pan[8] โดยใช้ค่าความเข้มข้นแม่เหล็กจากแม่เหล็กถาวรจำนวน 6 ค่า ในหน่วย เกาส์ (Gauss) คือ 654.35, 1108.08, 1530.07, 2444.35, 3598.70 และ 3705.6 เกาส์ ตามลำดับ

3.1 ขั้นตอนการแต่งแร่เหล็กออกจากตัวอย่าง

นำตัวอย่างมาทำการชักตัวอย่างด้วย Riffle sampling technique [9] และนำไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของธาตุด้วย X-ray fluorescence (XRF) จากนั้นทำการเคลือบแม่เหล็กถาวรด้วยวัสดุพลาสติกประเภท Polyethylene ซึ่งความหนาของชั้นมากจะทำให้ตัวอย่างมีระยะห่าง (gap) มากจากพื้นผิวของแม่เหล็ก จากนั้น ทำการวัดค่าความเข้มข้นแม่เหล็กแต่ละอัน ให้ได้ 6 ระดับความเข้มข้นแม่เหล็ก โดยค่าต่ำสุดถึงสูงสุดที่ใช้ในการทดลองนี้คือ 654.35 - 3705.6 เกาส์

นำเถาลอยลิกไนต์ ประมาณ 250 กรัม มาผสมน้ำประมาณ 1 ลิตร จากนั้นใช้เครื่องกวน ให้เข้ากันระหว่างน้ำกับเถาลอยลิกไนต์ และนำแม่เหล็กที่มีค่าความเข้มข้นแม่เหล็กที่ต่ำที่สุดมาดูดเอาเหล็กออก จนกระทั่งเหล็กในตัวอย่างไม่ติดแม่เหล็ก จากนั้นจึงเปลี่ยนเอาแม่เหล็กที่มีความเข้มข้นแม่เหล็กมากขึ้นมาดูดแม่เหล็กออก ทำซ้ำไปเรื่อย ๆ ครบทั้ง 6 ระดับความเข้มข้น จนกระทั่งเถาลอยตัวอย่างถูกแม่เหล็กความเข้มข้นสูง ที่ความเข้มข้นแม่เหล็กที่ 3705.6 เกาส์ จนมลทินเหล็กไม่ติดแม่เหล็ก จึงหยุดทำการทดลอง ดังแสดงในแผนผังการทดลองดังรูปที่ 4

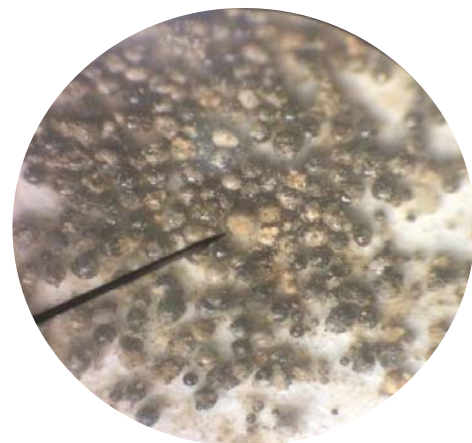


รูปที่ 4 แผนผังแสดงการแยกแร่เหล็กออกจากตัวอย่างเถาลอย ด้วยแม่เหล็กถาวร

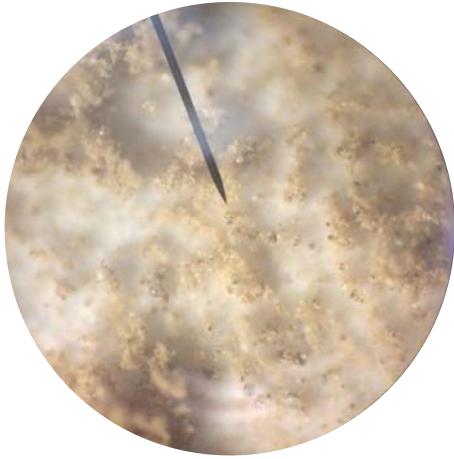
จากนั้นทำความสะอาดภาชนะและเครื่องมือ จากนั้นเปลี่ยนตัวอย่างเถาลอยเป็นเถากันเตา แล้วทำการทดลองในรูปแบบเดิมซ้ำ

3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ติดแม่เหล็กและตัวอย่างที่ไม่ติดแม่เหล็ก

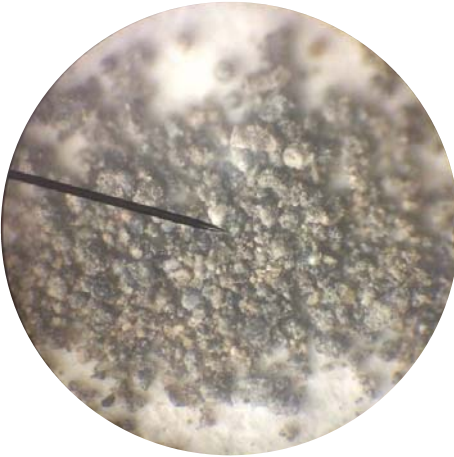
นำแร่ส่วนที่ติดแม่เหล็ก และส่วนที่ไม่ติดแม่เหล็ก ไปกรองโดยใช้ กระดาษกรองร่วมกับ เครื่องดูดสุญญากาศ แล้วนำไปอบภายในตู้อบแร่ที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำแร่แห้งแล้วไปชั่งน้ำหนัก และทำการบันทึกผลตัวอย่างที่ไม่ติดแม่เหล็ก ส่งวิเคราะห์โดยเครื่อง XRF และวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพโดยกล้องจุลทรรศน์ ดังแสดงในรูปที่ 6 และ 8



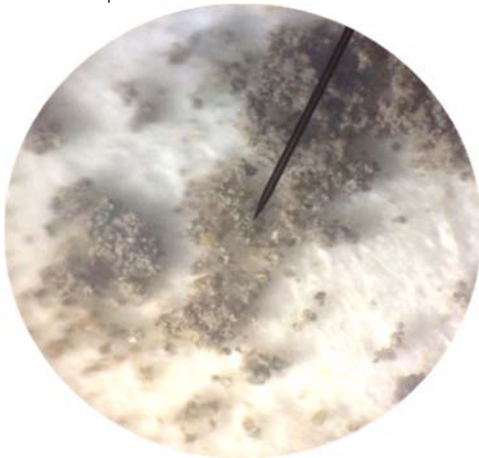
รูปที่ 5 เถาลอยก่อนการทำการทดลอง ภาพจากกล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 100X



รูปที่ 6 เถ้าลอยที่แยกได้ หลังจากการใช้แม่เหล็กนีโอไดเมียม ที่ความเข้มข้นสนามแม่เหล็กที่ 3705.6 เกาส์ในการดูด ที่กำลังขยาย 40X



รูปที่ 7 เถ้าก้นเตา ก่อนการทำการทดลอง ภาพจากกล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 100X



รูปที่ 8 เถ้าก้นเตาที่แยกได้ หลังการใช้แม่เหล็กนีโอไดเมียม ที่ความเข้มข้นสนามแม่เหล็กที่ 3705.6 เกาส์ ในการดูดที่ กำลังขยาย 40X

4. ผลการวิจัยและอภิปราย

4.1 ผลการวิเคราะห์ธาตุของเถ้าลอย และเถ้าก้นเตา ก่อนการแต่งแร่

ผลการวิเคราะห์ธาตุด้วยเครื่อง XRF ของตัวอย่าง องค์ประกอบของเถ้าลอย และเถ้าก้นเตา ซึ่งจะใช้เพื่อเป็น แร่ ป้อนในการแต่งแร่ด้วยวิธีการแต่งโดยใช้แม่เหล็กถาวร ดังแสดงในตารางที่ 1 จากข้อมูลพบว่า เป็นเถ้าชนิดที่มีอุณหภูมิสูง แต่มีแคลเซียมสูง และมีเหล็กในปริมาณใกล้เคียงเท่ากับ 10%

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ธาตุก่อนทำการทดลองของเถ้าลอยและเถ้าก้นเตา

ธาตุ	Fly ash, %	Bottom ash, %
Ca	20.03	15.13
Fe	9.11	8.40
Si	5.28	5.61
Al	2.32	2.26

4.2 การแยกเหล็กออกจาก เถ้าลอยและเถ้าก้นเตาในสนามแม่เหล็กที่มีขนาดแตกต่างกัน

การทดลองการแยกเหล็กในตัวอย่างเถ้าลอย ด้วยแม่เหล็กถาวร ซึ่งใช้ความเข้มข้นสนามแม่เหล็กที่ต่างกัน 6 ระดับ จะได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 2

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง %Fe กับความเข้มข้นแม่เหล็กในตัวอย่างเถ้าลอย ดังรูปที่ 9 พบว่า เมื่อใช้สนามแม่เหล็กขนาดมากขึ้น จะสามารถดูดตัวอย่างที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบได้ แม้จะมีเหล็กเป็นส่วนประกอบเพียง 11.219 %

ตัวอย่างของส่วนที่ไม่ติดแม่เหล็กที่มี %Fe น้อยที่สุดพบว่า มีค่าลดลงจาก 9.11% เหลือเพียง 5.323%

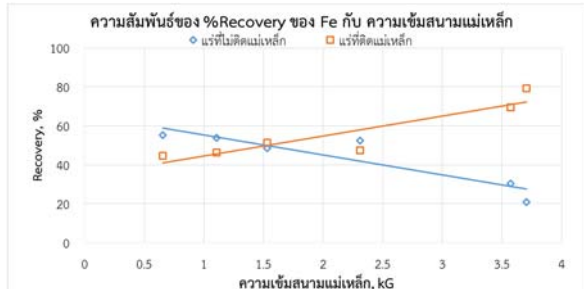
การเก็บกู้เหล็กออกจากตัวอย่างเถ้าลอยที่มากที่สุดพบว่า สามารถเก็บได้ถึง 79.150 % ดังรูปที่10 แต่จะทำให้ น้ำหนักของเถ้าลอยหรือส่วนที่ไม่ติดแม่เหล็ก มีค่าน้อยลงด้วย จากตารางที่ 2 เถ้าลอยที่จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการผสมคอนกรีตจะมีเพียงเล็กน้อย ในส่วนนี้ต้องมีการศึกษาต่อไปถึง สัดส่วนของเหล็กที่ยอมรับได้ในคอนกรีต เพื่อให้ได้น้ำหนักเถ้าลอยที่ใช้ได้อย่างเหมาะสมต่อไป

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ %Fe และ %การเก็บกู้เหล็ก ของตัวอย่างถ้ำลอย ในส่วนไม่ติดแม่เหล็ก และส่วนที่ติดแม่เหล็ก

แม่เหล็ก (G)	ไม่ติดแม่เหล็ก		ติดแม่เหล็ก	
	%Fe	%Recovery	%Fe	%Recovery
654.53	6.240	55.303	21.189	44.697
1108.08	6.370	53.768	18.264	46.232
1530.07	6.440	48.523	14.975	51.477
2308.05	7.330	52.606	12.488	47.394
3573.90	5.428	30.368	12.949	69.632
3705.60	5.323	20.850	11.219	79.150



รูปที่ 9 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ %Fe กับ ความเข้มข้นแม่เหล็กของตัวอย่างของแม่เหล็ก คือ ถ้ำลอยลึกไนต์



รูปที่ 10 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ %Recovery ของ Fe กับ ความเข้มข้นแม่เหล็กของตัวอย่างของแม่เหล็ก คือ ถ้ำลอยลึกไนต์

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง %Fe กับความเข้มข้นแม่เหล็กในตัวอย่างถ้ำลอย ดังรูปที่ 11 พบว่า เมื่อใช้สนามแม่เหล็กขนาดมากขึ้น จะสามารถดูดตัวอย่างที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบได้ แม้จะมีเหล็กเป็นส่วนประกอบเพียง 8.711 %

ตัวอย่างของส่วนที่ไม่ติดแม่เหล็ก %Fe น้อยที่สุด พบว่ามีผลผลิตจาก 8.40% เหลือเพียง 6.02%

การเก็บกู้เหล็กออกจากตัวอย่างถ้ำลอยที่มากที่สุดพบว่าจะสามารถเก็บได้ถึง 90.142 % ดังรูปที่ 12 แต่จะทำให้ น้ำหนักของถ้ำลอย หรือส่วนที่ไม่ติดแม่เหล็ก มีค่าน้อยลงด้วย จากตารางที่ 3 ถ้ำลอยที่จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการผสม

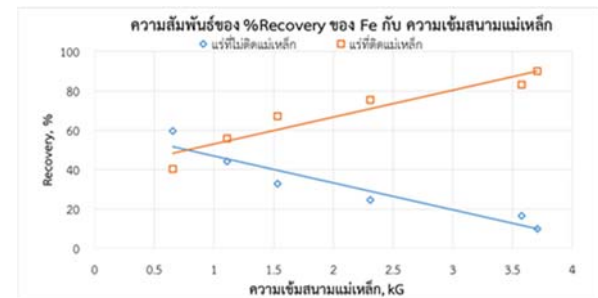
คอนกรีตจะได้เพียงเล็กน้อย ในส่วนนี้ต้องมีการศึกษาต่อไปถึงสัดส่วนของเหล็กที่ยอมรับได้ในคอนกรีต เพื่อที่จะให้ได้น้ำหนักถ้ำลอยที่ใช้อย่างเหมาะสมต่อไป

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ %Fe และ %การเก็บกู้เหล็ก ของตัวอย่างถ้ำลอย ในส่วนไม่ติดแม่เหล็ก และส่วนที่ติดแม่เหล็ก

แม่เหล็ก (G)	ไม่ติดแม่เหล็ก		ติดแม่เหล็ก	
	%Fe	%Recovery	%Fe	%Recovery
654.53	7.460	59.582	10.150	40.418
1108.08	7.090	44.093	9.723	55.907
1530.07	7.330	32.935	8.971	67.065
2308.05	6.290	24.573	9.356	75.427
3573.90	6.020	16.721	9.061	83.279
3705.60	6.080	9.858	8.711	90.142



รูปที่ 11 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ %Fe กับความเข้มข้นแม่เหล็กของแม่เหล็ก คือ ถ้ำลอยลึกไนต์



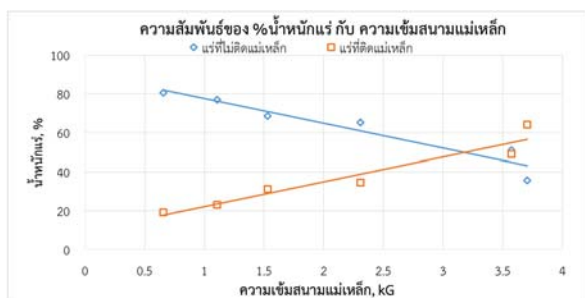
รูปที่ 12 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ %Recovery ของ Fe กับ ความเข้มข้นแม่เหล็กของแม่เหล็ก คือ ถ้ำลอยลึกไนต์

ผลการแต่งถ้ำลอยและถ้ำลอย ดังแสดงตารางที่ 4 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %น้ำหนักแม่เหล็กกับความเข้มข้นแม่เหล็ก ของถ้ำลอยและถ้ำลอย ดังแสดงในรูปที่ 13-14

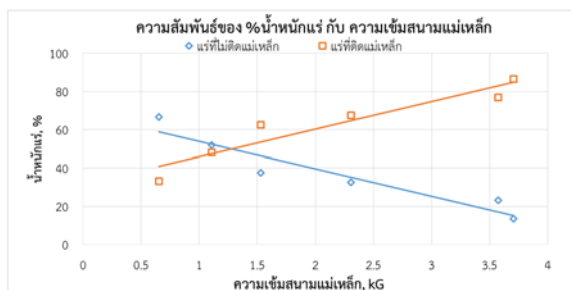
เมื่อใช้ความเข้มข้นแม่เหล็กที่มากขึ้น จะพบว่า น้ำหนักของถ้ำลอย และน้ำหนักของถ้ำลอย จะน้อยลงจนกระทั่งพบว่า ที่ความเข้มข้นแม่เหล็ก 3705.60 G จะเหลือผลิตภัณฑ์ถ้ำลอยและถ้ำลอย เพียง 35.7 %Wt และ 13.55 %Wt ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ผลของสัดส่วนเปอร์เซ็นต์น้ำหนัก(%Wt) จากการแต่งเถ้าก้นเตาและเถ้าลอยด้วยแม่เหล็กนีโอไดเมียม

ชนิดของเถ้า แม่เหล็ก	เถ้าลอย (%)		เถ้าก้นเตา (%)	
	ไม่ติดแม่เหล็ก	ติดแม่เหล็ก	ไม่ติดแม่เหล็ก	ติดแม่เหล็ก
654.35 (G)	80.78	19.22	66.73	33.27
1108.08 (G)	76.93	23.07	51.96	48.04
1530.07 (G)	68.67	31.33	37.54	62.46
2308.05 (G)	65.41	34.59	32.64	67.36
3573.90 (G)	50.99	49.01	23.21	76.79
3705.60 (G)	35.70	64.30	13.55	86.45



รูปที่ 13 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ %น้ำหนักแร่ กับ ความเข้มข้นแม่เหล็กของเถ้าลอย



รูปที่ 14 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของ %น้ำหนักแร่ กับ ความเข้มข้นแม่เหล็กของเถ้าก้นเตา

เมื่อพิจารณาด้านเศรษฐศาสตร์เกี่ยวกับราคาของเถ้าลอยและเถ้าก้นเตา เพื่อใช้ในงานผสมคอนกรีต ตลอดจนถึงมาตรฐานของคอนกรีตแต่ละชนิดที่ยินยอมให้ %Fe มีในส่วนผสม สามารถใช้เป็นตัวบอกได้ว่า ควรจะใช้ปริมาณความเข้มข้นแม่เหล็กที่สัมพันธ์กับการได้มาของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม อีกข้อคือ การนำส่วนที่แต่งแร่เหล็กออกที่มีปริมาณ %Fe น้อยมาก อาจนำเป็นส่วนที่เก็บกักไว้เพื่อการผสม (Blending) กับเถ้าถ่านหินซึ่งมี %Fe สูง เพื่อเป็นการควบคุมเกรดของผลิตภัณฑ์ก่อนส่งเข้ากระบวนการผสมคอนกรีต เพื่อประโยชน์ด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรแร่และการควบคุมคุณภาพอีกด้วย

5. สรุปผลการทดลอง

การทดลองการแยกเหล็กด้วยแม่เหล็กถาวรนีโอไดเมียมจากตัวอย่างเถ้าลอยและเถ้าก้นเตา ขนาดที่ -250 Mesh +Pan ที่ระดับความเข้มข้นแม่เหล็ก 6 ระดับ พบว่าความเข้มข้นแม่เหล็กที่มากขึ้น มีผลต่อการเพิ่มปริมาณหัวแร่เหล็กที่เก็บได้ และสามารถเก็บหัวแร่เหล็กที่ปริมาณของ %Fe น้อยลงในตัวอย่างได้ผล

การแยกเหล็กออกจากเถ้าลอยและเถ้าก้นเตา เป็นทางเลือกที่มีประโยชน์อย่างหนึ่งเพราะไม่ต้องใช้กระแสไฟฟ้าเพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก หรือควรพิจารณาใช้เพื่อเป็นวิธีกำจัดเหล็กในเถ้าก่อนใช้แม่เหล็กไฟฟ้าแยก หรือใช้วิธีอื่นต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา อาจารย์ และญาติพี่น้องทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนด้านต่างๆ ในการดำเนินโครงการ และให้กำลังใจจนโครงการนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีตามที่มุ่งหวังไว้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ. (2017). การใช้เถ้าลอยในงานคอนกรีต. [online] Available at: http://www.pcd.go.th/info_serv/pol_suc_ash.html [Accessed 27 Jul. 2017].
- [2] Wang S, Wu H. Environmental- benign utilisation of fly ash as low- cost adsorbents. Journal of hazardous materials. 2006 Aug 25;136(3):482-501.
- [3] การไฟฟ้าผลิตแห่งประเทศไทย. การนำเถ้าลอยลิกไนต์ไปใช้ประโยชน์. [Online]. Available from: <http://maemoh.egat.com/index.php/89-sarat/89-sarat1> [Accessed 27 July 2017].
- [4] Elementalmatterinfo. Elementalmatterinfo. [Online]. Available from: <http://www.elementalmatter.info/iron-properties.htm> [Accessed 27 July 2017]
- [5] บริษัท ทอรัส พอซโซลานซ์. เถ้าลอย / ผลิตภัณฑ์มวลผสม. [Online]. Available from: <http://www.tauruspozzolan.com/product-flyash.php> [Accessed 27 July 2017].
- [6] บทความสมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย. การวิเคราะห์โดยวิธีเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์. [Online]. Available from: <http://www.nst.or.th/article/article494/article49418.htm> [Accessed 27 July 2017].



- [7] ศิวโรดม ศิริลักษณ์. แม่เหล็กนีโอไดเมียมกับวิศวกรรม
การแต่งแร่. เชียงใหม่ : สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ; 2554.
- [8] R. Bhima Rao, P. Chattopadhyay and G.N. Banerjee.
Removal of iron from fly ash for ceramic and
refractory applications. : Council of Scientific and
Industrial Research. Bhubaneswar:India; 1999.
- [9] นิคม โชติกานท์. แต่งแร่ MINERAL PROCESSING.
เชียงใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่;
2540.