บทที่ 6
สรุปผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการทำเสถียรกากตะกรันจากเตาหลอมเหล็กไฟฟ้าทั้ง 2 ประเภท คือ กากตะกรันดำ และ กากตะกรันขาว ซึ่งกากตะกรันดำ คือ กากตะกรันที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการทำจัดสารมลทินในน้ำเหล็ก ส่วนกากตะกรันขาว คือ กากตะกรันที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการปรับแต่งคุณภาพของน้ำเหล็ก โดยการทำให้เป็นก้อนแข็ง โดยใช้วัสดุประสานชนิดต่างๆ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาว ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซิลิเกต และ ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาวผสมโซเดียมซิลิเกต ทั้งนี้เพื่อพิจารณาเลือกใช้วัสดุประสานที่มีประสิทธิภาพในการทำเสถียรและประหยัดค่าใช้จ่าย โดยดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ เป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. การศึกษาหาชนิดของวัสดุประสานที่เหมาะสม ซึ่งเป็นการศึกษาเพื่อพิจารณาหาชนิดของวัสดุประสาน ที่มีประสิทธิภาพในการทำกากตะกรันจากเตาหลอมเหล็กไฟฟ้าทั้ง 2 ประเภท ให้เป็นก้อนแข็งได้ดีกว่าในกลุ่มวัสดุประสานชนิดอื่นๆ สำหรับวัสดุประสานที่เลือกใช้ คือ ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาวในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซิลิเกต 10% ปูนซีเมนต์ผสมโซเดียมซิลิเกต 20% ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาวผสมโซเดียมซิลิเกต 10% และ ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาวผสมโซเดียมซิลิเกต 20%

2. การศึกษาอัตราส่วนผสมวัสดุประสานที่เหมาะสม เป็นขั้นตอนการเลือกวัสดุประสานที่ดีที่สุดในการทำกากตะกรันจากเตาหลอมเหล็กไฟฟ้าทั้ง 2 ประเภทให้เป็นก้อนแข็ง จากขั้นตอนแรก มาทำการแปรเปลี่ยนอัตราส่วนผสม เพื่อให้ได้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด ทั้งทางด้านกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น ปริมาณโลหะหนักในน้ำลกัด รวมถึงการประหยัดค่าใช้จ่าย

3. การศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน (ปูนซีเมนต์) ที่มีต่อสมบัติของก้อนตัวอย่าง ซึ่งได้แก่ กำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และ ปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัด

ซึ่งผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1. กากตะกรันจากเตาหลอมเหล็กไฟฟ้าทั้ง 2 ประเภท จัดเป็นของเสียอันตรายจากแหล่งกำเนิดจำเพาะประเภทหรือจำเพาะชนิด (Specific sources) ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540) แม้ว่าผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักอันตรายในน้ำลกัด

ตามวิธีของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540) จะต่ำกว่าค่าเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมายกำหนดให้เป็นของเสียอันตราย แต่ในอนาคตอาจมีการปรับแก้ค่าเกณฑ์มาตรฐานให้ต่ำลง การศึกษานี้จึงเป็นการศึกษาล่วงหน้าก่อนที่รัฐจะมีมาตรการควบคุมออกมาบังคับใช้

2. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง มีประสิทธิภาพในการทำให้กากตะกรันจากเตาหลอมเหล็กไฟฟ้าเป็นก้อนได้ดีกว่าวัสดุประสานชนิดอื่นที่ใช้ในการศึกษา โดยใช้สัดส่วนผสมทั้งกากตะกรันดำ และกากตะกรันขาว ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ร้อยละ 15 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน และ อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.7 สามารถทำให้ก้อนตัวอย่างมีสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ด้านกำลังรับแรงอัด ตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2531) และสมบัติของน้ำสกัด ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540)

3. การใช้ปูนซีเมนต์ผสมปูนขาวเป็นวัสดุประสานในการทำกากตะกรันจากเตาหลอมเหล็กไฟฟ้าทั้ง 2 ชนิด ให้เป็นก้อนแข็ง ทำให้ก้อนตัวอย่างมีกำลังรับแรงอัดต่ำกว่าการใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน ส่วนความหนาแน่นและปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัดของก้อนตัวอย่างที่ใช้ปูนซีเมนต์และปูนซีเมนต์ผสมปูนขาวเป็นวัสดุประสาน มีค่าใกล้เคียงกัน

4. การผสมโซเดียมซิลิเกตลงไปในวัสดุประสาน มีผลทำให้กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่างลดลง แต่ไม่มีผลอย่างชัดเจนต่อปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัด

5. การแปรเปลี่ยนอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อกำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่าง ในขณะที่ไม่มีผลมากนักต่อปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัด

6. ระยะเวลาปมที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่างสูงขึ้น และมีผลทำให้ปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัดลดลง

7. การแปรเปลี่ยนอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อกำลังรับแรงอัด แต่ไม่มีผลอย่างชัดเจนต่อปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัด

8. การทำกากตะกรันจากเตาหลอมเหล็กไฟฟ้าทั้ง 2 ชนิด ให้เป็นก้อนแข็งโดยใช้ปูนขาวเป็นวัสดุประสาน มีผลทำให้ก้อนตัวอย่างมีกำลังรับแรงอัดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ตาม

ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2531) ที่ 14 กก./ตร.ซม. แต่ที่อัตราส่วนผสมปูนขาวเพียงร้อยละ 10 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน มีประสิทธิภาพในการทำให้แคดเมียม, โครเมียม และ ตะกั่ว คงตัวมากกว่า 85 %, 81 % และ 81 % ตามลำดับ เมื่อเทียบประสิทธิภาพด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการถูกชะละลายของกากตะกรันก่อนการทำให้คงตัว กับค่าความสามารถในการถูกชะละลายของกากตะกรันหลังการทำให้คงตัว และประสิทธิภาพในการทำให้โลหะหนักคงตัวจะเพิ่มขึ้น ตามอัตราส่วนผสมปูนขาวที่เพิ่มขึ้น

9. การทำกากตะกรันดำให้เป็นก้อนแข็งที่อัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 15 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน พบว่า ที่ระยะเวลาบ่ม 7 และ 28 วัน มีประสิทธิภาพในการทำให้ตะกั่วคงตัว เท่ากับ 96.18 % และ 96.18 % ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการทำให้เหล็กคงตัว เท่ากับ 97.77 % และ 97.87 % ตามลำดับ เมื่อเทียบประสิทธิภาพด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการถูกชะละลายของกากตะกรันก่อนการทำให้คงตัว กับค่าความสามารถในการถูกชะละลายของกากตะกรันหลังการทำให้คงตัว

10. การทำกากตะกรันขาวให้เป็นก้อนแข็งที่อัตราส่วนของปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 15 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน พบว่า ที่ระยะเวลาบ่ม 7 และ 28 วัน มีประสิทธิภาพในการทำให้ตะกั่วคงตัว เท่ากับ 97.70 % และ 97.70 % ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการทำให้เหล็กคงตัว เท่ากับ 87.51 % และ 87.88 % ตามลำดับ เมื่อเทียบประสิทธิภาพด้วยวิธีเช่นเดียวกับข้อ 9. ข้างต้น

11. ค่าใช้จ่าย ซึ่งรวมถึงค่าใช้จ่ายในการทำให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์ ค่าขนส่งไปยังหลุมฝังกลบ และ ค่าฝังกลบที่ศูนย์บริการกำจัดกากอุตสาหกรรม จังหวัดราชบุรี ในการกำจัดกากตะกรันจากเตาหลอมเหล็กไฟฟ้าทั้ง 2 ชนิด รวมกัน เท่ากับ 1,230 บาท ต่อ ตันกากตะกรัน หรือเท่ากับ 73.80 บาท ต่อการผลิตเหล็กเส้น 1 ตัน หรือ คิดเป็นร้อยละ 0.75 ของราคาเหล็กเส้น

12. ค่าใช้จ่าย ซึ่งรวมถึงค่าวัสดุและค่าแรงงาน ค่าขนส่งไปยังหลุมฝังกลบ และ ค่าฝังกลบที่ศูนย์บริการกำจัดกากอุตสาหกรรม จ.ราชบุรี ในการทำเสถียรกากตะกรันจากเตาหลอมเหล็กไฟฟ้าด้วยปูนขาวในอัตราส่วนร้อยละ 10 เทียบกับน้ำหนักกากตะกรัน เท่ากับ 1,030 บาทต่อตันของน้ำหนักกากตะกรัน หรือ เท่ากับ 61.80 บาท ต่อการผลิตเหล็กเส้น 1 ตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 0.62 ของราคาเหล็กเส้น