

บทที่ 5

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ลักษณะสมบัติของน้ำเสียซีโอดีและตะกอนโลหะหนักที่ได้จากน้ำเสียซีโอดี

1. ลักษณะสมบัติของน้ำเสียซีโอดี

ผลการวิเคราะห์สมบัติของน้ำเสียซีโอดีซึ่งเก็บตัวอย่างจากห้องทดลองของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังแสดงในตารางที่ 5.1 จะเห็นว่ามีความเข้มข้นน้อยกว่า 1 ค่าสภาพความนำไฟฟ้ามีค่าประมาณ 44.6 มิลลิซีเมนส์/เซ็นติเมตร ความเข้มข้นของโครเมียม, โปรท และเหล็กมีค่าประมาณ 672, 2,562 และ 1,083 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ส่วนโลหะหนักอื่นๆ เช่น ตะกั่ว, อาร์เซนิก และแคดเมียมมีค่าต่ำมาก เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของขนิษฐา (2539), นฤมิต (2538), พวงรัตน์ (2537) และ Youn (1990) พบว่าในการศึกษานี้มีความเข้มข้นของโครเมียมใกล้เคียงกับผลการศึกษาของนฤมิต (2538) แต่ค่าความเข้มข้นของโปรทและเหล็กในการศึกษานี้มีค่าสูงกว่ามาก

2. ลักษณะสมบัติของตะกอนโลหะหนักจากน้ำเสียซีโอดี

2.1 องค์ประกอบของตะกอนโลหะหนัก

ตะกอนโลหะหนักที่นำมาใช้ในการทดลองนี้เตรียมมาจากน้ำเสียซีโอดีโดยการตกตะกอนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งมีความเข้มข้น 50 % โดยน้ำหนัก จากผลการเตรียมตะกอนโลหะหนักพบว่าน้ำเสียซีโอดี 1 ลิตร ทำให้เกิดตะกอนโลหะหนักมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งประมาณ 176 กรัม ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในตะกอนโลหะหนักที่นำไปตรวจวิเคราะห์ประกอบด้วยโครเมียม, โปรท และเหล็กมีค่าประมาณ 3.91, 9.93 และ 4.59 มิลลิกรัม/กรัมของตะกอน ตามลำดับ ส่วนโลหะหนักอื่นๆ เช่น ตะกั่ว, อาร์เซนิก และแคดเมียมถูกตรวจพบในปริมาณต่ำมากดังแสดงในตารางที่ 5.2 เมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของโครเมียมและเหล็กพบว่ามีความใกล้เคียงกับผลการศึกษาของนฤมิต (2538) แต่ค่าความเข้มข้นของโปรทในการศึกษานี้มีค่าสูงกว่ามาก

2.2 การทดสอบการชะละลายตะกอนโลหะหนัก

การทดสอบการชะละลายสำหรับการศึกษานี้ทำตามเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบการชะละลายของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ผลการวิเคราะห์สมบัติของน้ำสกัดที่ได้จากการทดสอบการชะละลายแสดงในตารางที่ 5.3 พบว่ามีค่าพีเอชประมาณ 8.15 ค่าสภาพความนำไฟฟ้า 60.30 มิลลิซีเมนส์/เซนติเมตร ค่าความเป็นด่าง 235.30 มิลลิกรัม/ลิตร ของ CaCO_3 ค่าความเข้มข้นของโครเมียม, ปรอต และเหล็กประมาณ 6.54, 13.82, และ 9.62 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ส่วนโลหะหนักอื่นๆ เช่น ตะกั่ว, อาร์ซีนิก, และแคดเมียมถูกตรวจพบในปริมาณต่ำมาก เมื่อนำไปความเข้มข้นของโครเมียมและปรอทไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานสารมีพิษของกรมโรงงานอุตสาหกรรมแล้วพบว่ามีค่าสูงกว่าที่มาตรฐานกำหนด จึงจัดว่าตะกอนโลหะหนักที่ได้จากน้ำเสืชีโอคิเป็นสารมีพิษจำเป็นต้องนำไปทำลายฤทธิ์โดยการทำให้เป็นก้อนก่อนนำไปทำการฝังกลบ

ตารางที่ 5.1 แสดงลักษณะสมบัติของน้ำเสืชีโอคิที่ตรวจพบในการศึกษานี้และเปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่ผ่านมา

ลักษณะสมบัติ	ค่าที่วัดได้				
	ในการศึกษานี้	ขนิษฐา (2539)	นฤมิต (2538)	พวงรัตน์ (2537)	Youn (1990)
ค่าพีเอช	< 1	< 1	< 0	< 0	< 1
ค่าสภาพความนำไฟฟ้า (mS/cm)	44.6	153.4	38.2	-	-
โครเมียม (มก./ล.)	672	288.45	492	700	355
ปรอท (มก./ล.)	2,562	1341.2	703	1804	927
เหล็ก (มก./ล.)	1,083	153.18	540	670	-
ตะกั่ว (มก./ล.)	N.D.	-	2.7	-	0.9
อาร์ซีนิก (มก./ล.)	N.D.	-	N.D.	-	-
แคดเมียม (มก./ล.)	N.D.	-	N.D.	-	-

หมายเหตุ N.D. = มีค่าน้อยมากจนไม่สามารถวัดค่าได้แน่นอน

ตารางที่ 5.2 แสดงชนิดของโลหะหนักในตะกอนโลหะหนักที่ตรวจพบในการศึกษานี้และเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ผ่านมา

ชนิดของโลหะหนัก	ความเข้มข้น (มก./ก. ของตะกอน)		
	ในการศึกษานี้	นฤมิตร (2538)	Youn (1990)
โครเมียม	3.91	4.15	2.55
ปรอท	9.93	4.31	6.60
เหล็ก	4.59	5.00	-
ตะกั่ว	N.D.	N.D.	-
อาร์ซีนิก	N.D.	N.D.	-
แคดเมียม	N.D.	0.35	-

หมายเหตุ N.D. = มีค่าน้อยมากจนไม่สามารถวัดค่าได้แน่นอน

3. ลักษณะสมบัติของตะกอนโลหะหนักจากศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรมแสมคำ

3.1 องค์ประกอบของตะกอนโลหะหนัก

ตะกอนที่ได้จากศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรมแสมคำมี 2 ประเภทคือ

ก. ตะกอนโลหะหนักไฮดรอกไซด์ เมื่อนำไปย่อยด้วยกรดไนตริกแล้วนำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของโลหะหนักซึ่งประกอบด้วย โครเมียม, ปรอท, เหล็ก, ตะกั่ว และนิเกิล มีค่าประมาณ 3.27, 0.27, 0.44, 0.15 และ 1.25 มิลลิกรัม/กรัมของตะกอน ตามลำดับ ส่วนอาร์ซีนิกและแคดเมียมถูกตรวจพบในปริมาณต่ำมากดังแสดงในตารางที่ 5.4

ข. กากหลอดฟลูออเรสเซนซ์ ลักษณะของกากหลอดฟลูออเรสเซนซ์มีอยู่ 2 ลักษณะคือ เศษแก้วและผงโลหะหนักสีขาวขุ่นซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 5,873 และ 580 กรัมตามลำดับ เมื่อนำไปย่อยด้วยกรดไนตริกแล้วนำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของโลหะหนักในทั้งสองลักษณะพบว่าเศษแก้วมีโลหะหนักซึ่งประกอบด้วยปรอทและเหล็กมีค่าประมาณ 7.50 และ 5.20 มิลลิกรัม/กรัมของตะกอนตามลำดับ และในผงโลหะหนักมีโลหะหนักซึ่งประกอบด้วยปรอทและเหล็กมีค่าประมาณ 11.40 และ 7.40 มิลลิกรัม/กรัมของตะกอนตามลำดับ ส่วนโลหะหนักอื่นๆ เช่น โครเมียม, นิเกิล, ตะกั่วและแคดเมียมถูกตรวจพบในปริมาณต่ำมากดังแสดงในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะสมบัติของน้ำสกัดจากการทดสอบการชะละลาย

ลักษณะสมบัติ	ค่าที่วัดได้		
	ในการศึกษานี้	นฤมิตร (2538)	เกณฑ์มาตรฐาน *
ค่าพีเอช	8.15	7.64	
ค่าสภาพความนำไฟฟ้า (mS/cm)	60.30	63.20	
ค่าความเป็นด่าง (มก./ล. ของ CaCO ₃)	235.30	53.5	
โครเมียม (มก./ล.)	6.54	7.33	< 5
ปรอท (มก./ล.)	13.82	7.22	< 0.2
เหล็ก (มก./ล.)	9.62	0.70	-
ตะกั่ว (มก./ล.)	N.D.	N.D.	< 5
อาร์ซีนิก (มก./ล.)	N.D.	N.D.	< 5
แคดเมียม (มก./ล.)	N.D.	0.85	< 1

หมายเหตุ N.D. = มีค่าน้อยมากจนไม่สามารถวัดค่าได้แน่นอน

* เกณฑ์มาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ตารางที่ 5.4 แสดงชนิดของโลหะหนักที่พบในตะกอนไฮดรอกไซด์, กากหลอมฟลูออเรสเซนต์, และตะกอนโลหะหนักจากโรงงานเคลือบแก้ว

ชนิดของโลหะหนัก	ความเข้มข้น (มก./ล.)		
	ตะกอนไฮดรอกไซด์	กากหลอมฟลูออเรสเซนต์	ตะกอนร่งเคลือบแก้ว
โครเมียม	3.27	N.D.	1.15
ปรอท	0.27	7.85	1.14
เหล็ก	0.44	5.40	14.62
ตะกั่ว	0.15	N.D.	N.D.
อาร์ซีนิก	N.D.	N.D.	N.D.
แคดเมียม	N.D.	N.D.	N.D.
ทองแดง	N.D.	N.D.	35.00
นิกเกิล	1.25	N.D.	217.94

หมายเหตุ N.D. = มีค่าน้อยมากจนไม่สามารถวัดค่าได้แน่นอน

การทดสอบการชะละลายตะกอนโลหะหนักจากศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรมแสมดำ ตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรมแสดงในตารางที่ 5.5

ก. ตะกอนโลหะหนักไฮดรอกไซด์ มีค่าพีเอชประมาณ 11.87 ค่าสภาพความนำไฟฟ้า 7.68 มิลลิซีเมนส์/เซ็นติเมตร ค่าความเป็นด่าง 18,495 มิลลิกรัม/ลิตร ของ CaCO_3 มีค่าความเข้มข้นของโครเมียม, เหล็ก, ตะกั่ว, ทองแดง และนิเกิลประมาณ 0.11, 0.24, 0.10, 0.83 และ 0.19 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ จากความเข้มข้นของโลหะหนักเหล่านี้พบว่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานสารพิษของกรมโรงงานอุตสาหกรรม จึงไม่ต้องการไปทำลายฤทธิ์โดยการทำให้เป็นก้อนก่อน แต่ในการศึกษานี้จะนำตะกอนโลหะหนักนี้ไปทำให้เป็นก้อนเพื่อศึกษาต่อไป

ข. กากหลอดฟลูออเรสเซนซ์ มีค่าพีเอชประมาณ 9.49 ค่าสภาพความนำไฟฟ้า 0.08 มิลลิซีเมนส์/เซ็นติเมตร ค่าความเป็นด่าง 118 มิลลิกรัม/ลิตร ของ CaCO_3 มีค่าความเข้มข้นของปรอทและเหล็กประมาณ 0.77 และ 0.26 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ พบว่าความเข้มข้นของปรอทมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานสารพิษของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นต้องนำกากหลอดฟลูออเรสเซนซ์ไปทำลายฤทธิ์โดยการทำให้เป็นก้อนต่อไป

4. ลักษณะสมบัติของตะกอนโลหะหนักจากโรงงานเคลือบแผ่น

4.1 องค์ประกอบของตะกอนโลหะหนัก

เมื่อนำตะกอนโลหะหนักที่ได้จากโรงงานเคลือบแผ่นไปย่อยด้วยกรดแล้วนำมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักซึ่งประกอบด้วย โครเมียม, ปรอท, เหล็ก, ทองแดง และนิเกิล มีค่าประมาณ 1.15, 1.14, 14.62, 35.00, และ 217.94 มิลลิกรัม/กรัมของตะกอนดังแสดงในตารางที่ 5.4

4.2 การทดสอบการชะละลายของตะกอนโลหะหนักที่ได้จากโรงงานเคลือบแผ่น

ผลการวิเคราะห์สมบัติของน้ำสกัดที่ได้จากการทดสอบการชะละลายแสดงในตารางที่ 5.5 พบว่ามีค่าพีเอช ประมาณ 7.97 ค่าสภาพความนำไฟฟ้า 1.11 มิลลิซีเมนส์/เซ็นติเมตร ค่าความเป็นด่าง 2,635 มิลลิกรัม/ลิตร ของ CaCO_3 ค่าความเข้มข้นของโครเมียม, ปรอท, เหล็ก, ทองแดง และนิเกิลมีค่าประมาณ 2.54, 0.33, 8.62, 1.35 และ 2.25 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนตะกั่ว, อาร์ซีนิก และแคดเมียมถูกตรวจพบในปริมาณต่ำมาก พบว่าค่าความเข้มข้นของปรอทมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานสารพิษของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นต้องนำตะกอนโลหะหนักไปทำการทำลายฤทธิ์โดยการทำให้เป็นก้อนต่อไป

ตารางที่ 5.5 แสดงลักษณะสมบัติของน้ำสกัดตะกอนโลหะหนักไฮดรอกไซด์, กากหลอดฟลูออเรสเซนต์, และตะกอนโลหะหนักจากโรงงานเคลือบแผ่น

ลักษณะสมบัติ	ค่าที่วัดได้			
	ตะกอนไฮดรอกไซด์	กากหลอดฟลูออเรสเซนต์	ตะกอนโรงงานเคลือบแผ่น	เกณฑ์มาตรฐาน
ค่าพีเอช	11.87	9.49	7.97	-
ค่าสภาพความนำไฟฟ้า (mS/cm)	7.68	0.08	1.11	-
ค่าความเป็นด่าง (มก./ล. ของ CaCO ₃)	18,495	118	2,635	-
ความเข้มข้นของโลหะหนัก (มก./ล.)				
- โครเมียม	0.11	N.D.	2.54	< 5
- ปรัอท	N.D.	0.77	0.33	< 0.20
- เหล็ก	0.24	0.26	8.62	-
- ตะกั่ว	0.10	N.D.	N.D.	< 5
- อารซีนิก	N.D.	N.D.	N.D.	< 5
- แคดเมียม	N.D.	N.D.	N.D.	< 1
- ทองแดง	0.83	N.D.	1.35	-
- นิกเกิล	0.19	N.D.	2.25	-

หมายเหตุ N.D. = มีค่าน้อยมากจนไม่สามารถวัดค่าได้แน่นอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษาอัตราส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์ต่อการบำบัดตะกอนโลหะหนักโดยการทำให้เป็นก้อน

การทดลองนี้ได้ทำการศึกษาการทำลายฤทธิ์ของตะกอนโลหะหนักโดยการทำให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าลอยลิกไนต์ โดยการศึกษาผลของอัตราส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์ลงในตะกอนโลหะหนักก่อนการนำไปผสมกับปูนซีเมนต์และเถ้าลอยลิกไนต์โดยแปรค่าอัตราส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์เป็นจำนวนเท่าของปริมาณทางทฤษฎีระหว่าง 0 - 4.50 เท่า ใช้อัตราส่วนของปูนซีเมนต์ต่อเถ้าลอยลิกไนต์เท่ากับ 1.00 ใช้อัตราส่วนผสมของน้ำต่อตัวประสานเท่ากับ 0.50 ใช้อัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานเท่ากับ 0.25 และใช้เวลาในการบ่มตัวอย่างที่ผ่านการทำให้เป็นก้อน 7 วัน หลังจากที่ยบจนครบกำหนดแล้วนำตัวอย่างนี้ไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทดสอบการชะละลาย จากนั้นนำผลการทดลองไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของเสียที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนและมาตรฐานสารมีพิษของกรมโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อนำไปเลือกอัตราส่วนผสมของโซเดียมซัลไฟด์ที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นตัวแทนในการทดลองต่อไป สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1.สมบัติทางกายภาพของตะกอนโลหะหนักที่ผ่านการทำให้เป็นก้อน

1.1 ความหนาแน่น

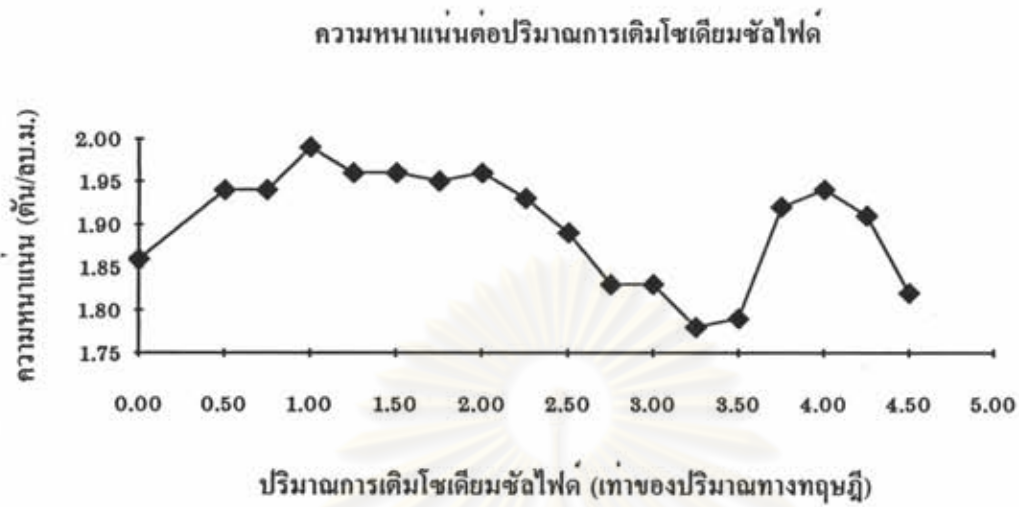
ความหนาแน่นของตะกอนโลหะหนักที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแล้วนำไปบ่มเป็นเวลา 7 วัน มีค่าอยู่ระหว่าง 1.82 - 1.99 ตัน/ลูกบาศก์เมตร การเปลี่ยนแปลงปริมาณการเติมโซเดียมซัลไฟด์ตั้งแต่ 0 - 4.50 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีไม่ได้แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นแต่อย่างใด ดังแสดงในตารางที่ 5.6 และรูปที่ 5.1 แต่เมื่อเทียบกับส่วนผสมของปูนซีเมนต์และเถ้าลอยลิกไนต์ซึ่งมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1.82 ตัน/ลูกบาศก์เมตร พบว่าสัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์โดยส่วนใหญ่มีค่าความหนาแน่นสูงกว่าก้อนซีเมนต์เพสต์ดังกล่าว นอกจากนี้พบว่าค่าความหนาแน่นของทุกสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์มีค่าความหนาแน่นสูงกว่ามาตรฐานขั้นต่ำของเกณฑ์มาตรฐานของของเสียที่ผ่านการทำให้เป็นก้อน กล่าวคือมีค่าสูงกว่า 1.04 ตัน/ลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 5.6 แสดงสมบัติทางกายภาพของคอน โลหะหนักที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนใน การทดลองที่ 1

ปริมาณโซเดียมซัลไฟด์ (จำนวนเท่าของปริมาณทางทฤษฎี)	ค่าความหนาแน่น (ตัน/ลูกบาศก์เมตร)	ค่ากำลังรับแรงอัด (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)
0	1.86	187
0.50	1.94	162
0.75	1.94	173
1.00	1.99	184
1.25	1.96	150
1.50	1.96	150
1.75	1.95	145
2.00	1.96	150
2.25	1.93	148
2.50	1.89	140
2.75	1.83	123
3.00	1.83	127
3.25	1.78	122
3.50	1.79	125
3.75	1.92	103
4.00	1.94	107
4.25	1.91	106
4.50	1.82	99

1.2 กำลังรับแรงอัด

กำลังรับแรงอัดของตะกอน โลหะหนักที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนมีค่าอยู่ระหว่าง 99 -187 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตรที่เวลาในการบ่ม 7 วัน จากตารางที่ 5.6 และรูปที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่าการเติมสาร โซเดียมซัลไฟด์ลงไป ในตะกอน โลหะหนักมากขึ้นทำให้กำลังรับแรงอัดของ ก้อน โลหะหนักที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนลดลง นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับกำลังรับแรงอัดของ ก้อนซีเมนต์พิเศษที่มีส่วนผสมเฉพาะปูนซีเมนต์และเถ้าลอยลิกไนต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 229 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตรที่เวลาในการบ่ม 7 วัน พบว่าเมื่อมีการผสมตะกอน โลหะหนักลงไป ใน ตัวประสานจะทำให้กำลังรับแรงอัดของก้อนซีเมนต์พิเศษลดลงเพราะตะกอน โลหะหนักจะไปขัด ขวางการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ และการนำผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของทุก สักส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของของเสียที่ผ่านการทำให้เป็น



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับปริมาณการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับปริมาณการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์

ก่อน พบว่าทุกสัดส่วนมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่ามาตรฐานขั้นต่ำกว่าคือมีค่าสูงกว่า 14 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

2. การทดสอบการชะละลาย

การทดสอบการชะละลายก่อนโลหะหนักที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนในทุกสัดส่วน การเติมสาร โซเดียมซัลไฟด์ ทำตามมาตรฐานการทดสอบการชะละลายของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ผลการวิเคราะห์สมบัติของน้ำสกัดแสดงในตารางที่ 5.7

2.1 ค่าพีเอช

จากตารางที่ 5.7 แสดงให้เห็นว่าหลังจากที่นำน้ำสกัดซึ่งมีค่าพีเอชประมาณ 5.80 - 6.30 เดิมลงไปนึ่งก้อนซีเมนต์ที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแล้วค่าพีเอชเพิ่มสูงขึ้นทันทีซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 11.58 -12.26 แสดงให้เห็นว่าสารประกอบไฮดรอกไซด์นี้ทำปฏิกิริยากับน้ำสกัดทันทีจนทำให้ค่าพีเอชสูงขึ้นดังกล่าว และเมื่อนำน้ำสกัดที่ผ่านการทดสอบการชะละลายมาวัดค่าพีเอชใหม่อีกครั้งพบว่าค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 12.39 - 12.81 แสดงว่าการเขย่ามีผลทำให้สารประกอบไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับน้ำสกัดได้มากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 5.3

2.2 ค่าสภาพความนำไฟฟ้า

จากผลการทดลองซึ่งแสดงในตารางที่ 5.7 พบว่าค่าสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำสกัดก่อนผ่านการทดสอบการชะละลายมีค่าอยู่ระหว่าง 4.98 - 9.26 มิลลิซีเมนส์/เซนติเมตร นอกจากนี้ยังสามารถสังเกตได้ว่าค่าสภาพความนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มการเติมสาร โซเดียมซัลไฟด์มากขึ้น และจากรูปที่ 5.4 แสดงให้เห็นว่าน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายมีค่าอยู่ระหว่าง 19.27- 22.43 มิลลิซีเมนส์/เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำสกัดก่อนผ่านการชะละลายพบว่าน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายมีค่าสูงกว่าแสดงว่าการเขย่าในการทดสอบการชะละลายทำให้ปริมาณสารละลายในน้ำสกัดมากขึ้น

ตารางที่ 5.7 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำสกัดที่ได้จากการทดสอบการชะละลาย

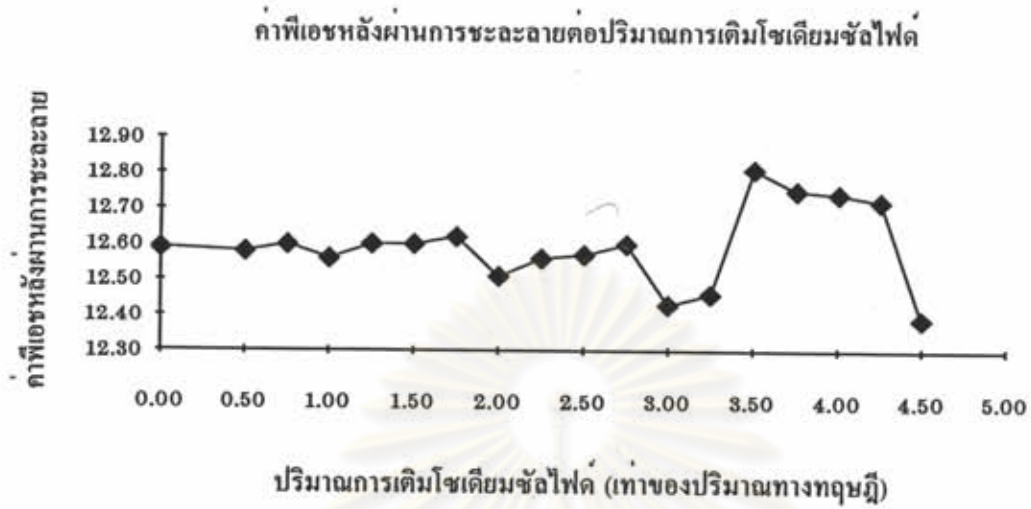
ปริมาณโซเดียมซัลไฟด์ (จำนวนเท่าของปริมาณทางทฤษฎี)	ค่าพีเอช		ค่าสภาพความนำไฟฟ้า		ค่าความเป็นด่าง (มก./ล.ของหินปูน)	โครเมียม (มก./ล.)	ปรอท (มก./ล.)	เหล็ก (มก./ล.)
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง				
0.00	12.00	12.59	7.35	20.10	5,367	0.20	0.67	0.61
0.50	12.09	12.58	7.48	20.73	5,973	0.65	0.53	0.67
0.75	12.16	12.60	8.48	21.17	6,306	0.50	0.70	0.71
1.00	12.17	12.56	9.26	19.77	4,366	0.51	0.25	0.57
1.25	12.19	12.60	7.13	21.53	5,124	0.35	0.26	0.46
1.50	12.10	12.60	6.20	20.57	5,307	0.43	0.21	0.42
1.75	12.08	12.62	6.90	20.48	6,066	0.40	0.17	0.40
2.00	12.09	12.51	7.09	19.27	6,327	0.32	0.15	0.27
2.25	12.12	12.56	8.22	21.66	6,745	0.16	0.18	0.08
2.50	12.12	12.57	8.29	22.43	6,641	0.14	0.11	0.29
2.75	11.77	12.60	5.91	20.63	3,715	0.09	0.03	0.16
3.00	11.58	12.43	6.34	20.63	2,217	0.05	0.02	0.16
3.25	11.63	12.46	5.11	21.40	2,154	0.06	0.01	0.10

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

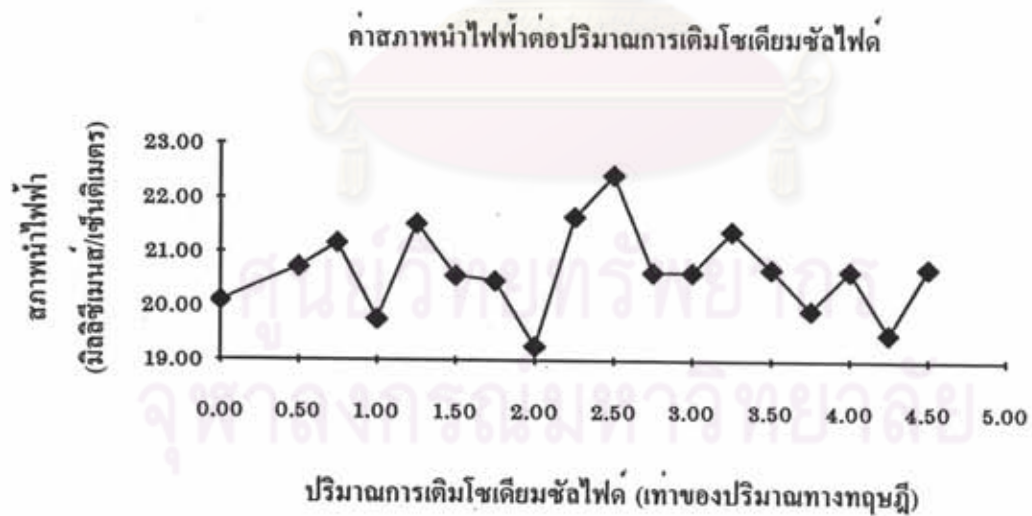
ตารางที่ 5.7 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำสกัดที่ได้จากการทดสอบการชะละลาย (ต่อ)

ปริมาณโซเดียมซัลไฟด์ (จำนวนเท่าของปริมาณทางทฤษฎี)	ค่าพีเอช		ค่าสภาพความนำไฟฟ้า		ค่าความเป็นด่าง (มก./ล.ของหินปูน)	โครเมียม (มก./ล.)	ปรอท (มก./ล.)	เหล็ก (มก./ล.)
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง				
3.50	12.20	12.81	5.50	20.70	3,840	0.03	0.02	0.05
3.75	12.22	12.75	6.13	19.95	5,026	0.06	0.01	0.05
4.00	12.25	12.74	5.30	20.67	5,172	0.07	0.01	0.06
4.25	12.26	12.72	4.98	19.51	4,927	0.03	0.01	0.04
4.50	11.78	12.39	5.72	20.73	3,059	0.04	0.01	0.07

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับปริมาณการเติมสาร โซเดียมซัลไฟด์



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพนำไฟฟ้าของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับปริมาณการเติมสาร โซเดียมซัลไฟด์

2.3 ค่าความเป็นด่าง

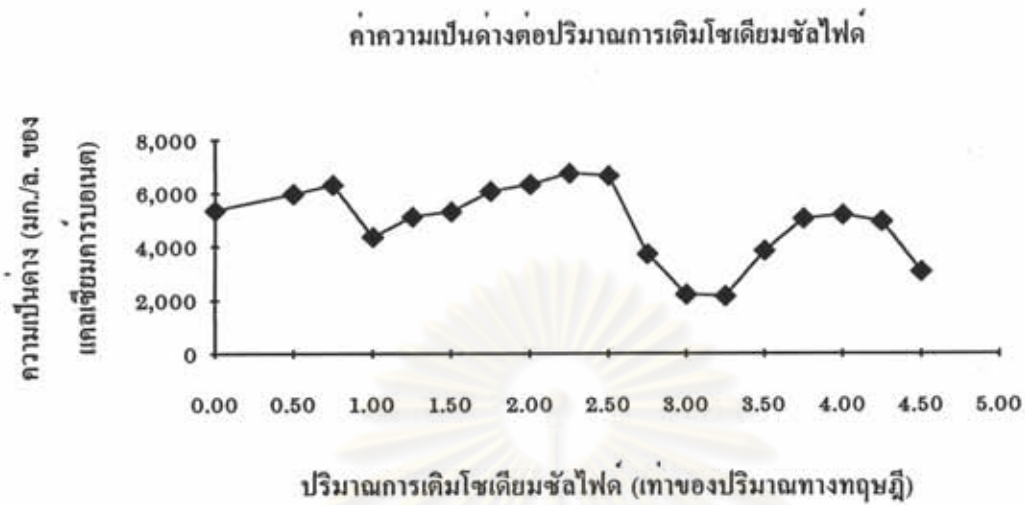
จากผลการทดลองในตารางที่ 5.7 และรูปที่ 5.5 พบว่าค่าความเป็นด่างของน้ำสกัด หลังผ่านการทดสอบการชะละลายมีค่าแปรผันมากคือมีค่าอยู่ระหว่าง 2,154 - 6,745 มิลลิกรัม/ลิตร ของ CaCO_3

2.4 ค่าความเข้มข้นของโครเมียม

จากผลการทดลองซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 5.7 พบว่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดมีค่าระหว่าง 0.65 - 0.03 มิลลิกรัม/ลิตรจากรูปที่ 5.6 แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณการเติมสาร โซเดียมซัลไฟด์ลงไปในตะกอนโลหะหนักมากขึ้นทำให้ค่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดลดลง ยกเว้นแต่ค่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดของตัวอย่างที่ไม่ได้เติมโซเดียมซัลไฟด์พบว่ามีความต่ำกว่าตัวอย่างที่เติมโซเดียมซัลไฟด์ 0.50 เท่า อาจเป็นเพราะว่าโซเดียมซัลไฟด์ไปขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาของโครเมียมและปูนซีเมนต์จึงทำให้มีโครเมียมหลุดออกมาในน้ำสกัดได้ นอกจากนี้เมื่อนำค่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดไปเปรียบเทียบกับค่าเกณฑ์มาตรฐานสารมีพิษของกรมโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าทุกตัวอย่างมีค่าความเข้มข้นของโครเมียมไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดซึ่งกำหนดไว้ที่ 5 มิลลิกรัม/ลิตร

2.5 ค่าความเข้มข้นของปรอท

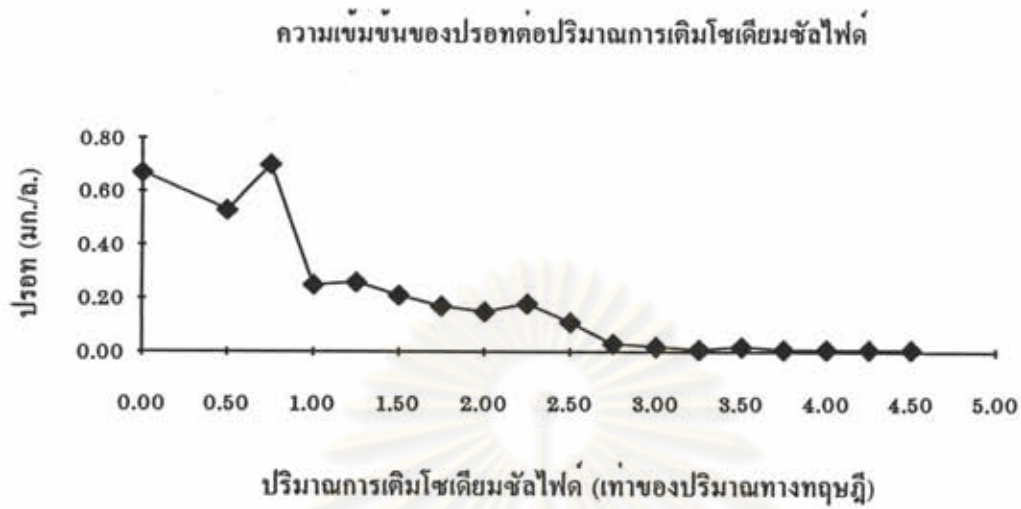
จากผลการทดลองซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 5.7 พบว่าความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดมีค่าระหว่าง 0.67 - 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร จากรูปที่ 5.7 แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณการเติมสาร โซเดียมซัลไฟด์ลงไปในตะกอนโลหะหนักนั้นทำให้ความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดลดลงเช่นเดียวกับในกรณีของโครเมียม ซึ่งจากรูปที่ 5.7 พบว่าการเติมโซเดียมซัลไฟด์ตั้งแต่ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีเป็นต้นไปทำให้ความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานสารมีพิษซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.20 มิลลิกรัม/ลิตร



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นด่างของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับปริมาณการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์



รูปที่ 5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับปริมาณการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์



รูปที่ 5.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับปริมาณการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์



รูปที่ 5.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับปริมาณการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์

2.6 ค่าความเข้มข้นของเหล็ก

จากผลการทดลองซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 5.7 พบว่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำสกัดมีค่าระหว่าง 0.71 - 0.04 มิลลิกรัม/ลิตร จากรูปที่ 5.8 แสดงให้เห็นว่าการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์ลงไป ในตะกอนโลหะหนักมากขึ้นทำให้ความเข้มข้นของเหล็กในน้ำสกัดลดลงเช่นเดียวกับในกรณีที่เกิดขึ้นกับปรอทและโครเมียม

3. การพิจารณาเลือกสัดส่วนการเติมสาร โซเดียมซัลไฟด์ที่เหมาะสม

การพิจารณาเลือกสัดส่วนการเติมสาร โซเดียมซัลไฟด์ที่เหมาะสมนั้นจะพิจารณาจากเกณฑ์มาตรฐานของเสียที่ผ่านการทำให้เป็นก้อน เพื่อนำมากำหนดสมบัติทางกายภาพของตะกอนโลหะหนักที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแล้ว เกณฑ์มาตรฐานนี้กล่าวไว้ว่า ตะกอนที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนนั้นต้องมีความสามารถในการรับแรงอัดได้ไม่น้อยกว่า 14 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร, มีความหนาแน่นไม่ต่ำกว่า 1.04 ตัน/ลูกบาศก์เมตร และค่าความซึมได้ของน้ำต้องต่ำกว่า 1×10^{-6} เซนติเมตร/วินาที นอกจากนี้ได้ใช้เกณฑ์มาตรฐานสารมีพิษของกรมโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อใช้ตรวจสอบความเข้มข้นของโลหะหนักซึ่งได้แก่ โครเมียมและเหล็กในน้ำสกัดที่ผ่านการทดสอบการชะละลาย ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้ว่าความเข้มข้นของโครเมียมต้องสูงกว่า 5 มิลลิกรัม/ลิตร ความเข้มข้นของปรอทต้องสูงกว่า 0.20 มิลลิกรัม/ลิตร ถ้าหากตัวใดตัวหนึ่งมีค่าความเข้มข้นสูงดังที่กำหนดจึงถือเป็นสารมีพิษ

จากการพิจารณาสมบัติทางกายภาพพบว่าการเพิ่มสัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ในทุกสัดส่วน ทำให้ค่าความหนาแน่นและค่ากำลังรับแรงอัดของตะกอนโลหะหนักที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของเสียที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนกำหนดไว้

เมื่อพิจารณาถึงผลการวิเคราะห์น้ำสกัดที่ผ่านการทดสอบการชะละลายพบว่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมดทุกสัดส่วน ส่วนความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเติมโซเดียมซัลไฟด์ตั้งแต่ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี และจากรูปที่ 5.6 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเติมสารโซเดียมซัลไฟด์ตั้งแต่ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี ทำให้ความเข้มข้นของโครเมียมอยู่ในระดับต่ำและมีค่าค่อนข้างคงที่ เช่นเดียวกับความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดเมื่อเติมสารโซเดียมซัลไฟด์ตั้งแต่ 2.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี ที่ทำให้ความเข้มข้นของปรอทอยู่ในระดับต่ำและมีค่าค่อนข้างคงที่

ดังนั้นจากข้อสังเกตข้างต้นจึงพิจารณาเลือกสัดส่วนการเติมสาร โซเดียมซัลไฟด์ที่ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี และเพื่อศึกษาเพิ่มเติมในกรณีที่มีค่าความเข้มข้นของโครเมียมและปรอทในระดับต่ำ จึงได้เลือกสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์ที่ 3.00 เท่าของปริมาณทาง

ทฤษฎีด้วยเพื่อนำสัดส่วนทั้งสองไปเป็นตัวแทนในการทดลองต่อไป นอกจากนี้เมื่อนำค่าสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์ทั้งสองสัดส่วนไปทดสอบหาค่าความเข้มข้นของน้ำพบว่ามีความเท่ากับ 2.40×10^{-7} และ 2.20×10^{-7} เซ็นติเมตร/วินาทีตามลำดับ



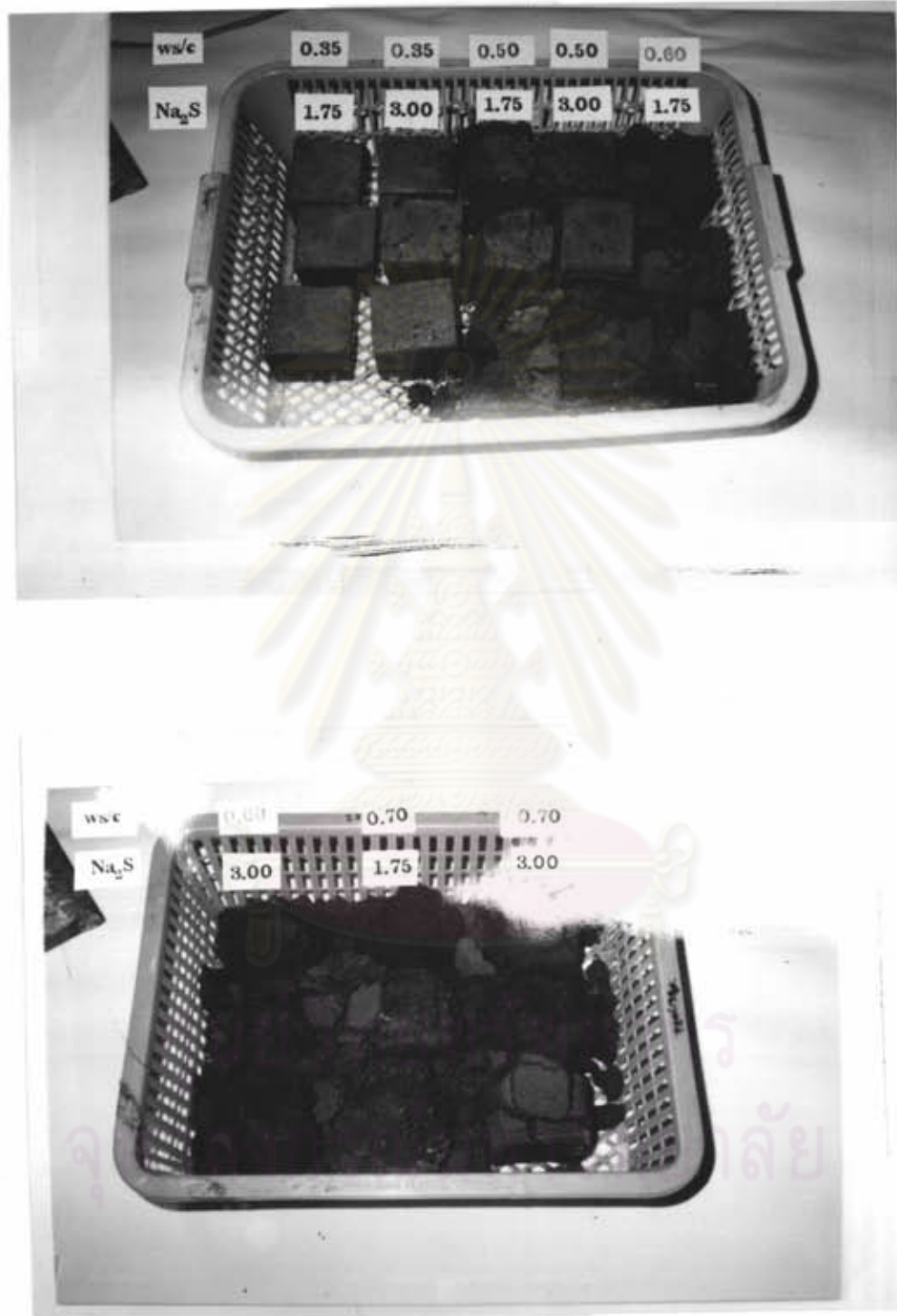
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษาอัตราส่วนผสมของกากตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานที่เหมาะสมในการทำให้เป็นก้อน

การทดลองนี้ได้ทำการศึกษาอัตราส่วนผสมของกากตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสาน โดยนำผลที่ได้จากการทดลองที่ 1 คือปริมาณการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 1.75 และ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี โดยใช้อัตราส่วนของแฉะลอยลิกไนต์คอปุนซีเมนต์เท่ากับ 1.00, ใช้อัตราส่วนผสมของน้ำต่อตัวประสานเท่ากับ 0.50, และใช้เวลาในการบ่ม 7 วัน การทดลองนี้แปรค่าอัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานเป็นดังนี้ 0.25, 0.35, 0.50, 0.60, และ 0.70 หลังจากที่ยบตัวอย่างจนครบกำหนดแล้วนำตัวอย่างไปทดสอบสมบัติทางกายภาพและวิเคราะห์น้ำสกัดที่ได้จากการทดสอบการชะละลาย แล้วนำผลการทดลองทั้งสองไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของเสียที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนและมาตรฐานสิ่งมีพิษของกรมโรงงานอุตสาหกรรมเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

1. สมบัติทางกายภาพของตะกอนโลหะหนักที่ผ่านการทำให้เป็นก้อน

รูปที่ 5.9 แสดงตัวอย่างตะกอนโลหะหนักที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนที่อัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานเท่ากับ 0.35, 0.50, 0.60 และ 0.70 เมื่อผ่านการบ่มแล้ว 3 วัน จะเห็นว่าตะกอนโลหะหนักไม่สามารถจับตัวเป็นก้อนได้ ดังนั้นทำให้ไม่สามารถวัดความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดได้ เมื่อผลการทดลองเป็นดังนี้ทำให้ตะกอนโลหะหนักที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนดังกล่าวไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของเสียที่ผ่านการทำให้เป็นก้อน ทั้งนี้สันนิษฐานจากผลการทดลองนี้ได้ว่าเนื่องจากในขณะที่เริ่มต้นปูนซีเมนต์เป็นตัวประสานเพียงชนิดเดียว ส่วนแฉะลอยลิกไนต์เป็นของเสียที่มีลักษณะเฉื่อยคือไม่สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำและปูนซีเมนต์ในตอนเริ่มต้น แฉะลอยลิกไนต์จะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในปฏิกิริยาปอซโซลานให้กลายเป็นโครงสร้างของซีเมนต์เฟสค์เมื่อเวลาในการบ่ม 7 วันเป็นต้นไป ยกตัวอย่างเช่นอัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานเท่ากับ 0.35 โดยใช้ปริมาณของตะกอนโลหะหนักรวมกับตัวประสาน 655 กรัมต่อการทำตัวอย่าง 3 ก้อน ซึ่งจากอัตราส่วนการผสมดังกล่าวจะมีปริมาณตะกอนโลหะหนักเท่ากับ 170 กรัมและมีปริมาณปูนซีเมนต์และแฉะลอยลิกไนต์อย่างละ 240 กรัม ดังนั้นจะมีอัตราส่วนของของเสียทั้งหมดต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.70



รูปที่ 5.9 ภาพแสดงตัวอย่างตะกอนโลหะหนักที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแล้วที่อัตราส่วนผสมของ ตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานเท่ากับ 0.35 - 0.70 ที่สัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ เท่ากับ 1.75 และ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี

2. การทดสอบการชะละลาย

ผลการวิเคราะห์สมบัติของน้ำสกัดจากการทดสอบการชะละลายสำหรับอัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานเท่ากับ 0.25, 0.35, 0.50, 0.60 และ 0.70 แสดงไว้ในตารางที่ 5.8 และ 5.9 ดังสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

2.1 ค่าพีเอช

ค่าพีเอชของน้ำสกัดก่อนผ่านการทดสอบการชะละลายมีค่าอยู่ระหว่าง 12.03 - 12.16 สำหรับสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีดังแสดงในตารางที่ 5.8 และสำหรับสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีค่าพีเอชของน้ำสกัดก่อนผ่านการชะละลายอยู่ระหว่าง 11.58 - 12.06 ดังแสดงในตารางที่ 5.9 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพีเอชของน้ำสกัดมีค่าสูงขึ้นหลังผ่านการชะละลาย โดยที่ที่สัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีค่าพีเอชของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายอยู่ระหว่าง 12.26 - 12.62 และที่สัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีค่าพีเอชของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายอยู่ระหว่าง 12.26 - 12.43 จากรูปที่ 5.10 พบว่าค่าพีเอชของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อมีอัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานมากขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาไฮเดรชันมีปริมาณต่ำลง เพราะปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมต่ำลง และนอกจากนี้แคลเซียมไฮดรอกไซด์บางส่วนถูกนำไปทำปฏิกิริยาปอซโซลานอีกด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.8 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำสกัดจากการทดสอบการชะละลายของสัดส่วนการเติมสาร โซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีเมื่ออัตราส่วน การผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานต่างกัน

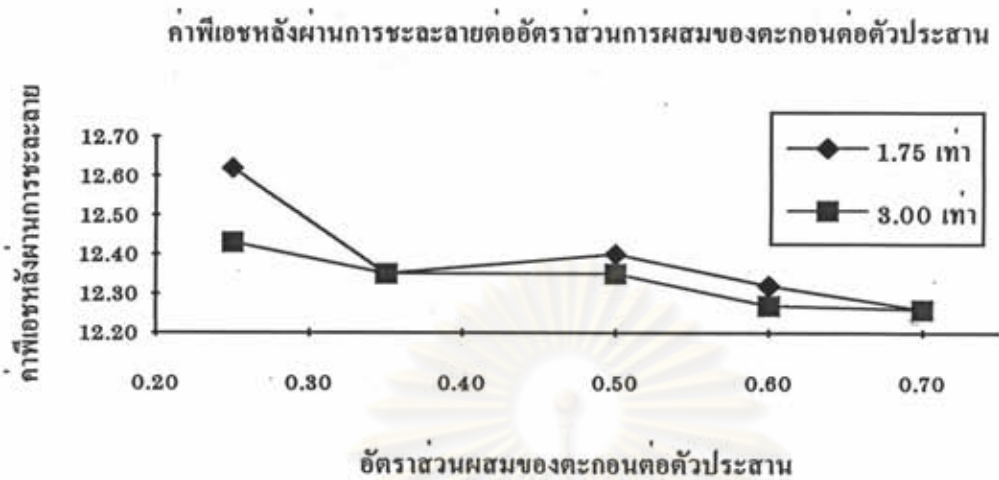
อัตราส่วนการผสมของตะกอน โลหะหนักต่อวัสดุเชื่อมประสาน	ค่าพีเอช		ค่าสภาพความนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนส์/เซ็นติเมตร)		ค่าความเป็นด่าง (มก./ล.ของหินปูน)	โครเมียม (มก./ล.)	ปรอท (มก./ล.)	เหล็ก (มก./ล.)
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง				
0.25	12.08	12.62	6.90	20.48	6,065	0.40	0.17	0.40
0.35	12.10	12.35	6.79	20.60	4,706	0.51	0.30	0.10
0.50	12.16	12.40	7.03	20.83	4,052	0.36	0.36	0.12
0.60	12.08	12.32	7.04	20.80	4,079	0.26	0.31	0.13
0.70	12.03	12.26	7.05	21.00	4,209	0.45	0.31	0.12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

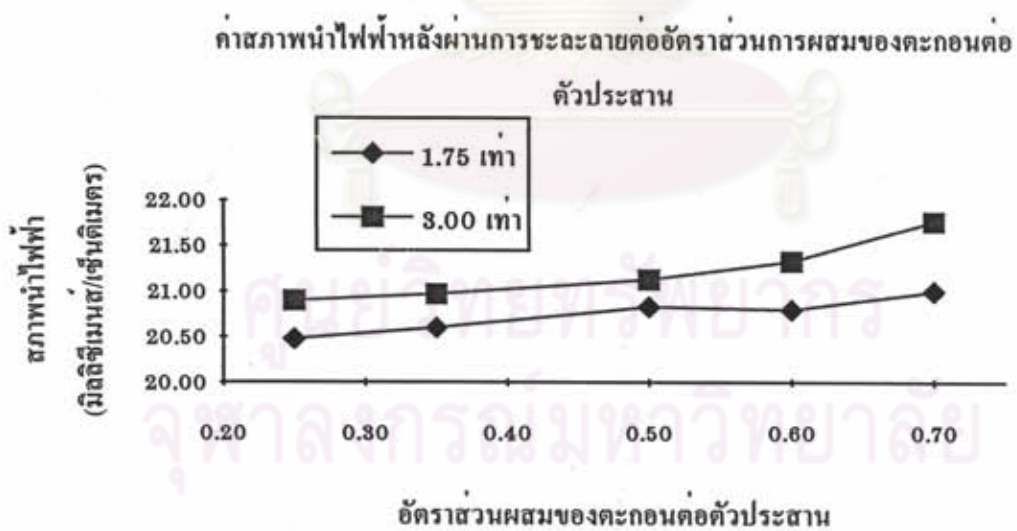
ตารางที่ 5.9 แสดงผลการวิเคราะห์หน้าสัปดาห์จากการทดสอบการชะละลายของสัดส่วนการเติมสาร โซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีเมื่ออัตราส่วน การผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานต่างกัน

อัตราส่วนการผสมของตะกอนโลหะหนักต่อวัสดุเชื่อมประสาน	ค่าพีเอช		ค่าสภาพความนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนส์/เซ็นติเมตร)		ค่าความเป็นด่าง (มก./ล.ของหินปูน)	โครเมียม (มก./ล.)	ปรอท (มก./ล.)	เหล็ก (มก./ล.)
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง				
0.25	11.58	12.43	6.34	20.90	5,569	0.06	0.01	0.10
0.35	11.98	12.35	6.51	20.97	4,288	0.11	0.02	0.11
0.50	12.06	12.35	6.56	21.13	3,477	0.13	0.03	0.11
0.60	12.03	12.27	6.61	21.33	4,262	0.23	0.03	0.11
0.70	12.03	12.26	6.70	21.77	3,503	0.64	0.03	0.19

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับอัตราส่วนผสมของตะกอน โลหะหนักคอตัวประสาน



รูปที่ 5.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพนำไฟฟ้าของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับอัตราส่วนผสมของตะกอน โลหะหนักคอตัวประสาน

2.2 ค่าสภาพความนำไฟฟ้า

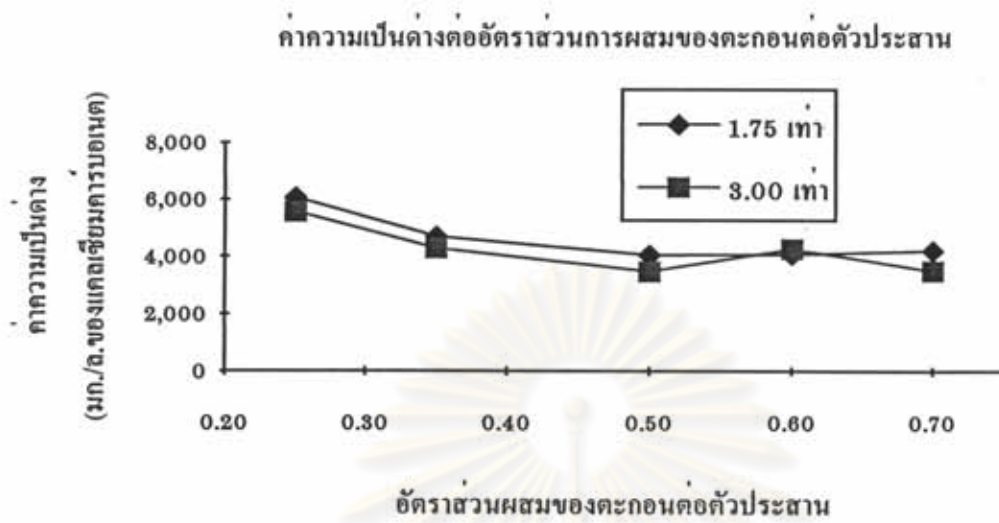
จากตารางที่ 5.8 และ 5.9 แสดงให้เห็นว่าค่าสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำสกัดก่อนผ่านการทดสอบการชะละลายของสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์ทั้งสองสัดส่วนมีค่าใกล้เคียงกัน แต่สัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ที่ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย และเมื่อดูค่าสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายพบว่ามีค่าสูงขึ้นทั้งสองสัดส่วนของการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์ จากรูปที่ 5.11 พบว่าค่าสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่ออัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากเมื่อมีปริมาณตะกอนโลหะหนักเพิ่มขึ้นทำให้มีโลหะหนักเช่น โครเมียมหลุดออกมามากขึ้นสามารถสังเกตได้จากรูปที่ 5.13

2.3 ค่าความเป็นด่าง

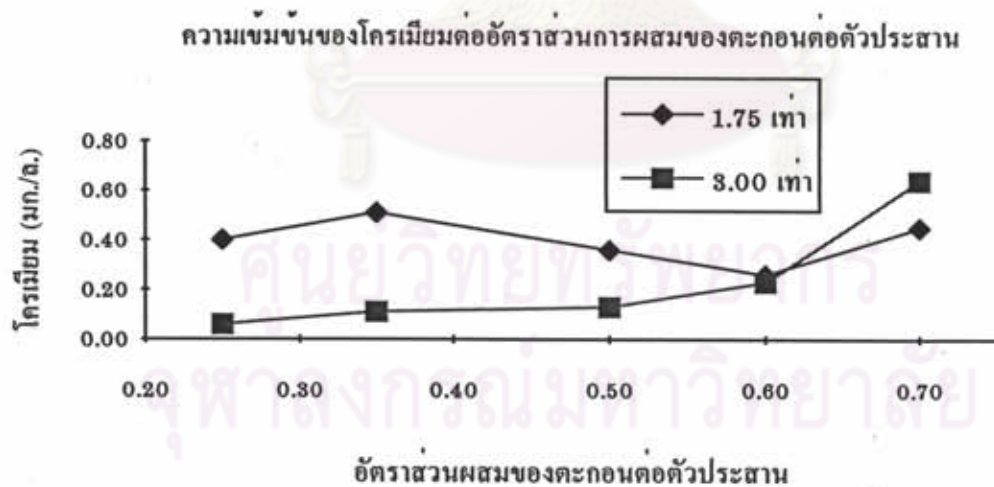
จากตารางที่ 5.8 และ 5.9 แสดงให้เห็นว่าค่าความเป็นด่างของน้ำสกัดหลังผ่านการชะละลายของสัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ที่ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีค่าระหว่าง 4,052 - 6,065 มิลลิกรัม/ลิตร ของ CaCO_3 และค่าความเป็นด่างของน้ำสกัดหลังผ่านการชะละลายของสัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ที่ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีค่าระหว่าง 3,477 - 5569 มิลลิกรัม/ลิตร ของ CaCO_3 จากรูปที่ 5.12 พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานให้มากขึ้นทำให้ค่าความเป็นด่างของน้ำสกัดลดลง ทั้งนี้สามารถสันนิษฐานได้ว่าเกิดจากการที่มีปริมาณปูนซีเมนต์ลดลงเมื่อมีปริมาณตะกอนโลหะหนักมากขึ้น ดังนั้นทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันลดลงซึ่งทำให้เกิดแคลเซียมไฮดรอกไซด์เกิดน้อยลงด้วย

2.4 ค่าความเข้มข้นของโครเมียม

จากตารางที่ 5.8 แสดงให้เห็นว่าค่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดของสัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ที่ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีค่าระหว่าง 0.26 - 0.51 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดของสัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ที่ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีค่าระหว่าง 0.06 - 0.64 มิลลิกรัม/ลิตรดังแสดงในตารางที่ 5.9 จากรูปที่ 12 พบว่าค่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดของสัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีโดยส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าในน้ำสกัดของสัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี ยกเว้นที่อัตราส่วนผสมตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานเท่ากับ 0.70 ค่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดของสัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ 3.00



รูปที่ 5.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นด่างของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับอัตราส่วนผสมของตะกอน โลหะหนักต่อตัวประสาน



รูปที่ 5.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับอัตราส่วนผสมของตะกอน โลหะหนักต่อตัวประสาน

เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีค่าสูงกว่าสัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี ดังแสดงในรูปที่ 5.13 นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดของทุกตัวอย่างแล้วพบว่าไม่มีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานสารมีพิษของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

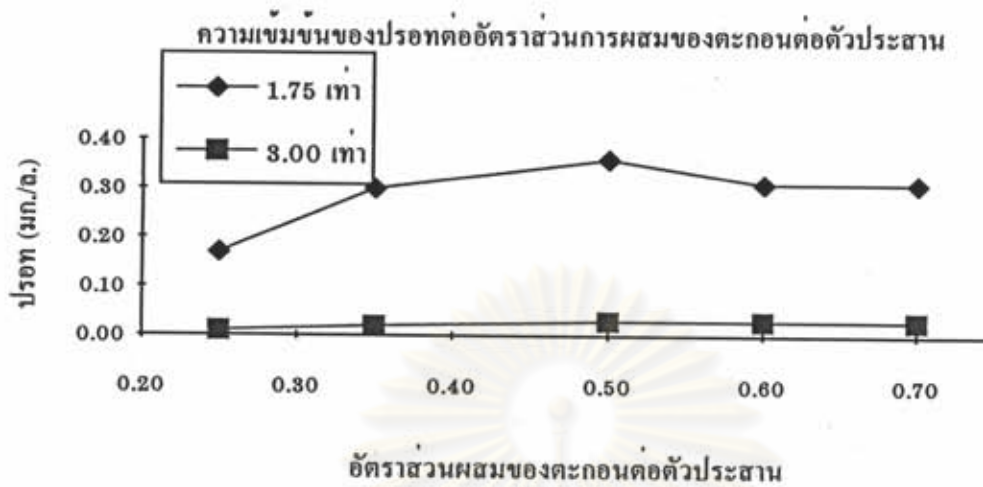
2.5 ค่าความเข้มข้นของปรอท

จากตารางที่ 5.8 พบว่าค่าความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดของสัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ที่ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีค่าอยู่ระหว่าง 0.17 - 0.36 มิลลิกรัม/ลิตร และจากตารางที่ 5.9 ความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดของสัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ที่ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีค่าอยู่ระหว่าง 0.01 - 0.03 มิลลิกรัม/ลิตร จากรูปที่ 5.14 พบว่าค่าความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดของสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์ที่ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานสารมีพิษเพียงอัตราส่วนเดียวคือที่อัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานเท่ากับ 0.25 ส่วนสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์ที่ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีค่าความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานสารมีพิษทุกตัวอย่าง

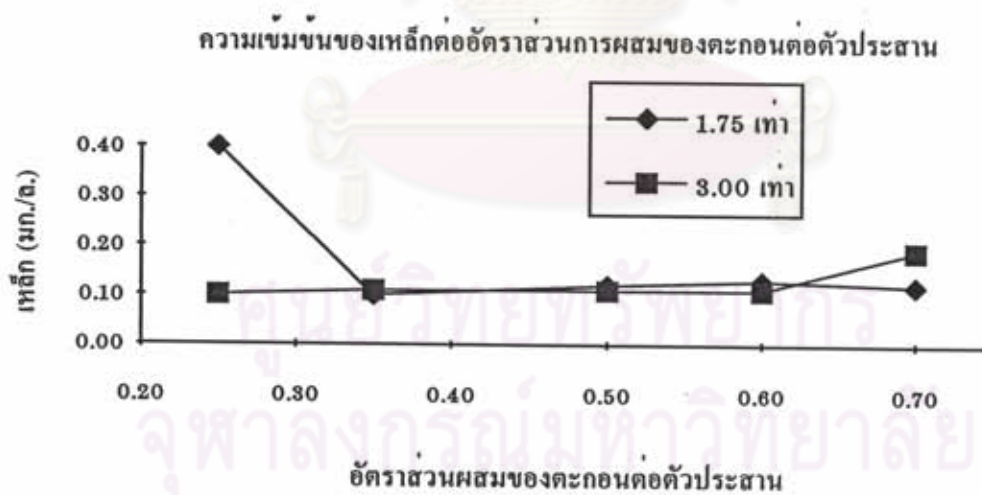
2.6 ค่าความเข้มข้นของเหล็ก

จากตารางที่ 5.8 พบว่าค่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำสกัดของสัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ที่ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีค่าอยู่ระหว่าง 0.10 - 0.40 มิลลิกรัม/ลิตร และจากตารางที่ 5.9 ความเข้มข้นของเหล็กในน้ำสกัดของสัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ที่ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีค่าอยู่ระหว่าง 0.10 - 0.19 มิลลิกรัม/ลิตร จากรูปที่ 5.15 พบว่าค่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำสกัดของทั้งสองสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์มีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าค่อนข้างคงที่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับอัตราส่วนผสมของตะกอน โลหะหนักต่อตัวประสาน



รูปที่ 5.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับอัตราส่วนผสมของตะกอน โลหะหนักต่อตัวประสาน

3. ประสิทธิภาพในการทำละลายของตะกอนโลหะหนัก

การหาประสิทธิภาพในการทำละลายของตะกอนโลหะหนักสำหรับการทดลองนี้ใช้ค่าความสามารถในการถูกชะละลาย (leachability) ซึ่งมีนิยามว่าอัตราส่วนของปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกชะละลายในน้ำสกัดต่อปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักทั้งหมดในตัวอย่าง ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/กรัม โดยการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการถูกชะละลายของตะกอนโลหะหนักก่อนและหลังการทำละลายด้วยตัวประสานคือ ปูนซีเมนต์และเถ้าลอยลิกไนต์ ผลการคำนวณหาประสิทธิภาพในการทำละลายของตะกอนโลหะหนักที่อัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานทุกสัดส่วนแสดงในตารางที่ 5.10 และ 5.11

3.1 ประสิทธิภาพในการทำละลายโครเมียม

ค่าความสามารถในการถูกชะละลายของโครเมียมในตะกอนโลหะหนักก่อนผ่านการทำให้เป็นก้อนมีค่าเท่ากับ 3.91 มิลลิกรัม/กรัมของตะกอน ผลการทดลองพบว่าสำหรับสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี เมื่ออัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานมากขึ้นแต่ค่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดมีค่าไม่ต่างกันเท่าใดนัก กล่าวคือมีค่าอยู่ระหว่าง 0.26 - 0.51 มิลลิกรัม/ลิตร จึงทำให้ประสิทธิภาพในการทำละลายโครเมียมของสัดส่วนนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 58.68 - 86.08 % สำหรับสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีพบว่าประสิทธิภาพในการทำละลายโครเมียมในน้ำสกัดมีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานเพิ่มขึ้น กล่าวคือมีค่าอยู่ระหว่าง 69.06 - 94.49 % ซึ่งทั้งหมดแสดงอยู่ในตารางที่ 5.10 เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำละลายโครเมียมนี้กับผลการศึกษาของนฤมิตร (2538) พบว่าที่อัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานเดียวกันเมื่อมีการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์แล้วทำให้ประสิทธิภาพในการทำละลายโครเมียมดีกว่า

3.2 ประสิทธิภาพในการทำละลายปรอท

ค่าความสามารถในการถูกชะละลายของปรอทในตะกอนโลหะหนักก่อนผ่านการทำให้เป็นก้อนมีค่าเท่ากับ 9.93 มิลลิกรัม/กรัมของตะกอน จากผลการทดลองพบว่าสำหรับสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีนั้นเมื่ออัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานเป็น 0.35, 0.50, 0.60 และ 0.70 ความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.30 - 0.36 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อคิดเป็นประสิทธิภาพการทำละลายปรอท

มีค่าเท่ากับ 84.82 - 92.95% และพบว่ามีความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดนี้เกินเกณฑ์มาตรฐานสารมีพิษของกรมโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีพบว่าประสิทธิภาพในการทำลายฤทธิ์ปรอทมีค่าสูงมากโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 99.13 - 99.49 % ซึ่งทั้งหมดแสดงอยู่ในตารางที่ 5.11 เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำลายฤทธิ์ปรอทนี้กับผลการศึกษาของนฤมิต (2538) พบว่าที่อัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานเดียวกันเมื่อมีการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์แล้วทำให้ประสิทธิภาพในการทำลายฤทธิ์ปรอทดีกว่า



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 แสดงความสามารถในการถูกชะละลายและประสิทธิภาพในการทำละลายโครเมียมที่อัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานต่างๆ

อัตราส่วนผสมของ ตะกอนโลหะหนักต่อ วัสดุเชื่อมประสาน	ความเข้มข้นของ โครเมียมที่สัดส่วนการ เติมโซเดียมซัลไฟด์ 1.75 เท่า (มก./ล.)	ประสิทธิภาพในการ ทำละลาย (%)	ความเข้มข้นของ โครเมียมที่สัดส่วนการ เติมโซเดียมซัลไฟด์ 3.00 เท่า (มก./ล.)	ประสิทธิภาพในการ ทำละลาย (%)	ความเข้มข้นของ โครเมียมในการศึกษา ของนฤมิตร (2538) (มก./ล.)	ประสิทธิภาพในการ ทำละลาย (%)
0.25	0.40	60.01	0.06	94.00	1.10	*
0.35	0.51	58.68	0.11	91.09	1.83	*
0.50	0.36	77.98	0.13	94.49	1.92	*
0.60	0.26	86.08	0.23	87.58	2.70	*
0.70	0.45	78.31	0.64	69.06	3.85	*

หมายเหตุ

ความเข้มข้นของโครเมียมก่อนผ่านการทำให้เป็นก้อนในการศึกษานี้เท่ากับ 6.54 มิลลิกรัม/ลิตร

ความเข้มข้นของโครเมียมก่อนผ่านการทำให้เป็นก้อนในการศึกษาของนฤมิตร (2538) เท่ากับ 7.33 มิลลิกรัม/ลิตร

* = เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดของตะกอนโลหะหนักก่อนผ่านการทำให้เป็นก้อนแล้วพบว่าถึงแม้ค่าความเข้มข้นของโครเมียมลดลง แต่เป็นไปในลักษณะการเจือจางทำให้ความเข้มข้นลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบให้มีปริมาณของตะกอนโลหะหนักเท่ากันแล้ว จะทำให้ความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดของตะกอนโลหะหนักที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนมีค่าความเข้มข้นสูงกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.11 แสดงความสามารถในการถูกชะละลายและประสิทธิภาพในการทำลายฤทธิ์ปรอทที่อัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานต่างๆ

อัตราส่วนผสมของ ตะกอนโลหะหนักต่อ วัสดุเชื่อมประสาน	ความเข้มข้นของปรอท ที่สัดส่วนการเติม โซเดียมซัลไฟด์ 1.75 เท่า (มก./ล.)	ประสิทธิภาพในการ ทำลายฤทธิ์ (%)	ความเข้มข้นของปรอท ที่สัดส่วนการเติม โซเดียมซัลไฟด์ 3.00 เท่า (มก./ล.)	ประสิทธิภาพในการ ทำลายฤทธิ์ (%)	ความเข้มข้นของปรอท ในการศึกษาของนฤมิตร (2538) (มก./ล.)	ประสิทธิภาพในการ ทำลายฤทธิ์ (%)
0.25	0.17	91.40	0.01	99.49	1.18	*
0.35	0.30	84.82	0.02	99.24	1.54	*
0.50	0.36	86.24	0.03	99.13	1.42	22.88
0.60	0.31	92.10	0.03	99.24	1.65	21.96
0.70	0.31	92.95	0.03	99.32	1.66	29.45

หมายเหตุ

ความเข้มข้นของปรอทก่อนผ่านการทำให้เป็นก้อนในการศึกษานี้เท่ากับ 13.82 มิลลิกรัม/ลิตร

ความเข้มข้นของปรอทก่อนผ่านการทำให้เป็นก้อนในการศึกษาของนฤมิตร (2538) เท่ากับ 7.22 มิลลิกรัม/ลิตร

* = เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดของตะกอนโลหะหนักก่อนผ่านการทำให้เป็นก้อนแล้วพบว่าถึงแม้ค่าความเข้มข้นของปรอทลดลง แต่เป็นไปในลักษณะการเจือจางทำให้ความเข้มข้นลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบให้มีปริมาณของตะกอนโลหะหนักเท่ากันแล้ว จะทำให้ความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดของก้อนโลหะหนักที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนมีค่าความเข้มข้นสูงกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. การประมาณค่าใช้จ่ายของตัวประสานและสารโซเดียมซัลไฟด์ที่ใช้ในการทำเป็น ก้อน

การประมาณค่าใช้จ่ายของตัวประสานสำหรับการวิจัยนี้จะใช้ราคาปัจจุบันของตัวประสานเดือนมกราคม 2540 สำหรับถ่านล้อยลิกไนต์ปัจจุบันอยู่ในระหว่างการวิจัยเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งยังไม่มียุทธศาสตร์ที่จะนำไปจัดจำหน่าย อย่างไรก็ตามในการวิจัยนี้จะกำหนดราคาขั้นต่ำของถ่านล้อยลิกไนต์ไว้ในราคาตันละ 50 บาท เนื่องจากถ่านล้อยลิกไนต์มีแนวโน้มที่จะเป็นที่ต้องการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้มากในอนาคต ดังนั้นรายละเอียดของราคาของตัวประสานและสารโซเดียมซัลไฟด์แสดงไว้ในตารางที่ 5.12 จากตารางจะแสดงการเปรียบเทียบผลของการประมาณค่าใช้จ่ายของการศึกษานี้และการศึกษาของ นฤมิตร (2538) และ Youn (1990) ด้วย ในการศึกษาพบว่าถ้าใช้สัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี จะทำให้มีค่าใช้จ่าย 5.00 บาทต่อกิโลกรัมของตะกอนโลหะหนัก (5,000 บาทต่อตันของตะกอนโลหะหนัก) และถ้าใช้สัดส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี จะทำให้มีค่าใช้จ่าย 5.79 บาทต่อกิโลกรัมของตะกอนโลหะหนัก (5,790 บาทต่อตันของตะกอนโลหะหนัก) เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการศึกษานี้กับการศึกษาที่ผ่านมา (นฤมิตร (2538), Youn (1990)) พบว่าในการศึกษานี้มีค่าใช้จ่ายแพงกว่าประมาณ 1.10 บาทต่อกิโลกรัมของตะกอนโลหะหนัก (1,100 บาทต่อตันของตะกอนโลหะหนัก) แต่ความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดมีค่าเกินมาตรฐานสารมีพิษของกรมโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี และแพงกว่าประมาณ 1.89 บาทต่อกิโลกรัมของตะกอนโลหะหนัก (1,890 บาทต่อตันของตะกอนโลหะหนัก) สำหรับสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.12 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายสำหรับตัวประสานและที่ใช้ในการทำให้เป็นก้อนและเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ผ่านมา (ที่สัดส่วน 1.75 เท่า)

วัสดุที่ใช้	ราคา* (บาท/กก.)	ในการศึกษานี้*		นฤมิตร (2538)				YOUN (1990)			
		OPC - FA		OPC		OPC - FA		OPC - SAND		LIME - LHA	
		น้ำหนัก (กก.)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	น้ำหนัก (กก.)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	น้ำหนัก (กก.)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	น้ำหนัก (กก.)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	น้ำหนัก (กก.)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
ปูนซีเมนต์	1.90	2	3.80	4	6.80	2	3.40	2	3.40		
ปูนขาว	2.25									1.33	2.66
เถ้าลอย	0.05	2	0.10			2	0.20				
เถ้าแกลบ	1.70									0.67	1.00
ทราย	0.15							4	0.40	4	0.40
โซเดียมอลูมิเนต	25									0.03	0.75
โซเดียมซัลไฟด์ (1.75 เท่า)	50	0.022	1.10								
รวม			5.00		6.80		3.60		3.80		4.81

* = คัดค่าใช้จ่ายในเดือนมกราคม 2540

OPC = ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนต่อตะกอนโลหะหนัก = 4 : 1

OPC - SAND = ปูนซีเมนต์ผสมทราย (1 : 2) ในอัตราส่วนต่อตะกอนโลหะหนัก = 4 : 1

OPC - FA = ปูนซีเมนต์ผสมเถ้าลอยอีกใน (1 : 1) ในอัตราส่วนต่อตะกอนโลหะหนัก = 4 : 1

LIME - LHA = ปูนขาวผสมเถ้าแกลบ (2 : 1) ในอัตราส่วนต่อตะกอนโลหะหนัก = 4 : 1

5. การพิจารณาเลือกอัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักซัลไฟด์ต่อตัวประสานที่เหมาะสม

การพิจารณาเลือกอัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักซัลไฟด์ต่อตัวประสานที่เหมาะสมนั้นพิจารณาจากเกณฑ์มาตรฐานของเสียที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนซึ่งใช้กำหนดสมบัติทางกายภาพของตะกอนโลหะหนักที่ผ่านการทำให้เป็นก้อน และใช้เกณฑ์มาตรฐานสารมีพิษของกรมโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อใช้ตรวจสอบความเข้มข้นของโครเมียมและปรอทในน้ำสกัดที่ผ่านการทดสอบการชะละลาย ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในการทดลองที่ 1

จากการพิจารณาสมบัติทางกายภาพพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานเป็น 0.35, 0.50, 0.60 และ 0.70 แล้วทำให้ก้อนตะกอนโลหะหนักไม่สามารถจับตัวกันเป็นก้อนได้ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.9 ดังนั้นทำให้ก้อนตะกอนโลหะหนักดังกล่าวไม่ผ่านมาตรฐานของเสียที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบน้ำสกัดที่ผ่านการทดสอบการชะละลายพบว่าความเข้มข้นของโครเมียมและปรอทในน้ำสกัดมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานสารมีพิษของกรมโรงงานอุตสาหกรรมในทุกอัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสาน

ดังนั้นจากข้อสังเกตดังกล่าวข้างต้นจึงพิจารณาเลือกอัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานเท่ากับ 0.25 และใช้สัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 1.75 และ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี เพื่อเป็นตัวแทนในการทดลองต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาการบ่มตัวต่อการทำให้เป็นก้อน

การทดลองนี้ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาในการบ่มตัวของตะกอนโลหะหนักที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแล้ว โดยใช้ผลการศึกษาในการทดลองที่ 1 คือการใช้สัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 1.75 และ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี และผลการทดลองที่ 2 คือการใช้อัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานเท่ากับ 0.25 โดยที่ใช้อัตราส่วนผสมของเถ้าลอยลิกไนต์ต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 1.00 และใช้อัตราส่วนผสมของน้ำต่อตัวประสานเท่ากับ 0.50 แล้วนำมาทำการแปรค่าระยะเวลาการบ่มที่ 3, 7, 14 และ 28 วัน แล้วนำตัวอย่างที่ได้ไปทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพและวิเคราะห์สมบัติในน้ำสกัดที่ผ่านการทดสอบการชะละลาย สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. สมบัติทางกายภาพของตะกอนโลหะหนักที่ผ่านการทำให้เป็นก้อน

1.1 ค่าความหนาแน่น

จากตารางที่ 5.13 - 5.14 และรูปที่ 5.16 พบว่าทั้งในสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 1.75 และ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีแนวโน้มที่ค่าที่จะลดลงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการบ่มตัวอย่าง และเมื่อเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นในทั้งสองสัดส่วนที่ระยะเวลาการบ่มเท่ากันพบว่ามีความใกล้เคียงกัน โดยที่ที่สัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 1.86 - 1.95 ตัน/ลูกบาศก์เมตร และที่สัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 1.83 - 1.89 ตัน/ลูกบาศก์เมตร เมื่อนำตัวอย่างทั้งหมดไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานสิ่งปฏิกูลที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนของกรมโรงงานอุตสาหกรรมแล้วพบว่าตัวอย่างทั้งหมดมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด

1.2 ค่ากำลังรับแรงอัด

จากตารางที่ 5.13 - 5.14 และรูปที่ 5.17 พบว่าทั้งในสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์ที่ 1.75 และ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการบ่ม จากรูปที่ 5.17 พบว่าที่ระยะเวลาการบ่มที่ 3 และ 7 วันค่ากำลังรับแรงอัดของสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีค่าสูงกว่าค่ากำลังรับแรงอัดของสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี แต่เมื่อระยะเวลาในการบ่มเป็น 14 และ

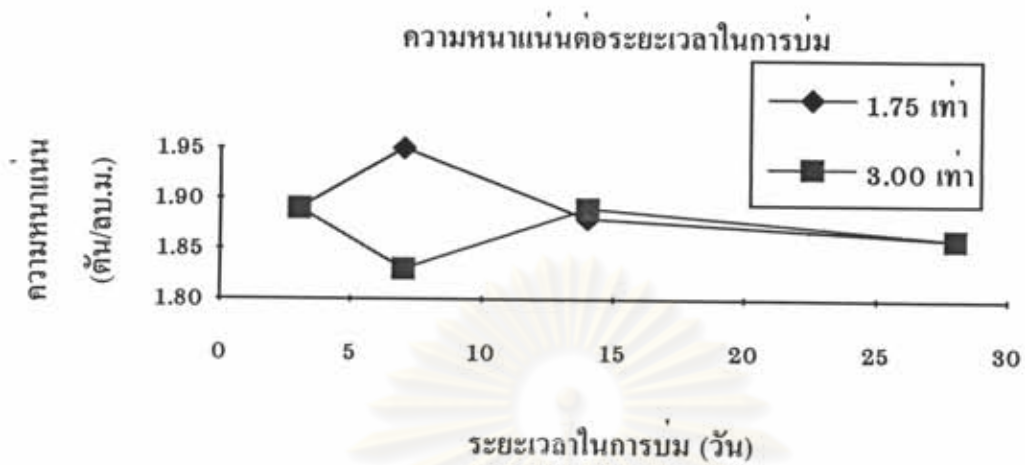
28 วันปรากฏว่าค่ากำลังรับแรงอัดของสัคส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีมีค่าสูงกว่าค่ากำลังรับแรงอัดของสัคส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี นอกจากนี้เมื่อนำตัวอย่างทั้งหมดไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานสิ่งปฏิกูลที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนของกรมโรงงานอุตสาหกรรมแล้วพบว่าตัวอย่างทั้งหมดมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด

ตารางที่ 5.13 แสดงผลการทดสอบทางกายภาพของตัวอย่างที่มีสัคส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ เท่ากับ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีเมื่อระยะเวลาในการบ่มต่างกัน

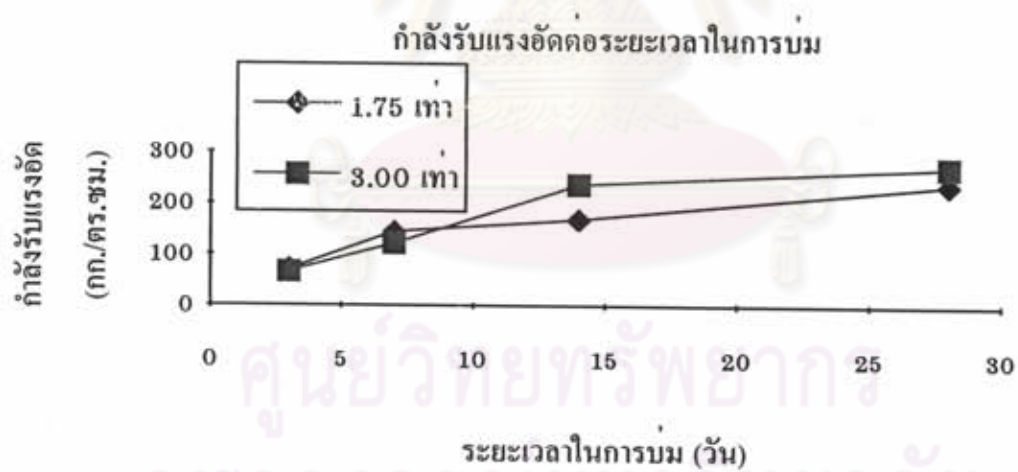
ระยะเวลาในการบ่ม (วัน)	ค่าความหนาแน่น (ตัน/ลบ.ม.)	ค่ากำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.)
3	1.89	71
7	1.95	145
14	1.88	169
28	1.86	238

ตารางที่ 5.14 แสดงผลการทดสอบทางกายภาพของตัวอย่างที่มีสัคส่วนการเติมโซเดียมซัลไฟด์ เท่ากับ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีเมื่อระยะเวลาในการบ่มต่างกัน

ระยะเวลาในการบ่ม (วัน)	ค่าความหนาแน่น (ตัน/ลบ.ม.)	ค่ากำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.)
3	1.89	66
7	1.83	122
14	1.89	237
28	1.86	272



รูปที่ 5.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับระยะเวลาในการบ่ม



รูปที่ 5.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัดกับระยะเวลาในการบ่ม

2. การทดสอบการชะละลาย

ผลการทดสอบการชะละลายแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 5.15 และ 5.16 และรูปที่ 5.18 - 5.23 สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

2.1 ค่าพีเอช

จากตารางที่ 5.15 และ 5.16 แสดงค่าพีเอชของน้ำสกัดก่อนผ่านการทดสอบการชะละลาย พบว่าในสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์ทั้งสองสัดส่วนนั้นมีแนวโน้มที่ค่าพีเอชของน้ำสกัดก่อนผ่านการทดสอบการชะละลายมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการบ่มนานขึ้น เช่นเดียวกับค่าพีเอชของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายดังแสดงในรูปที่ 5.18 สามารถสันนิษฐานได้ว่าเกิดจากการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานของเถ้าลอยลิกไนต์ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์หลังระยะเวลาการบ่มมากกว่า 7 วันไปแล้ว ซึ่งเป็นไปไ้ว่าถ้าปล่อยไว้นานจะทำให้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ล้นน้อยลงได้ ดังนั้นเมื่อมีแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในน้ำสกัดลดลง จึงทำให้ค่าพีเอชลดต่ำลงเมื่อระยะเวลาในการบ่มนานขึ้น

2.2 ค่าสภาพความนำไฟฟ้า

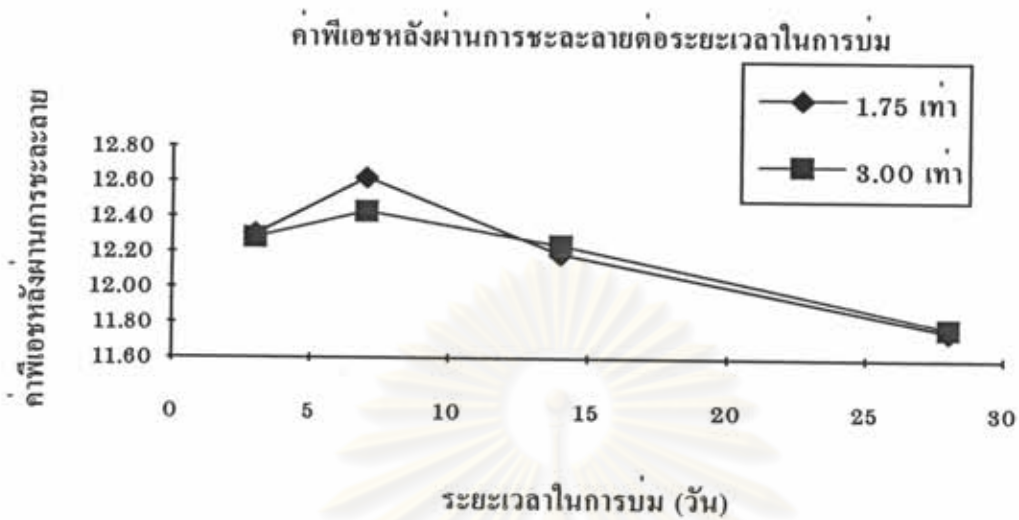
จากตารางที่ 5.15 และ 5.16 แสดงให้เห็นว่าค่าสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำสกัดก่อนและหลังผ่านการทดสอบการชะละลาย พบว่าในสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์ทั้งสองสัดส่วนนั้นมีแนวโน้มที่ค่าสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำสกัดก่อนผ่านการทดสอบการชะละลาย เช่นเดียวกับค่าสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายดังแสดงในรูปที่ 5.19 การที่เป็นเช่นนี้อาจสันนิษฐานได้ว่าเกิดจากการที่เถ้าลอยลิกไนต์ทำปฏิกิริยาปอซโซลานกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ทำให้ได้ไตรแคลเซียมซิลิเกต (C_3S) และ ไดแคลเซียมซิลิเกต (C_2S) ซึ่งยากแก่การถูกชะละลายมาก จึงทำให้ค่าสภาพความนำไฟฟ้าลดลงเมื่อระยะเวลาในการบ่มนานขึ้น

ตารางที่ 5.15 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำสกัดจากการทดสอบการชะละลายของสัดส่วนการเติมสาร โซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีเมื่อระยะเวลาในการบ่มต่างกัน

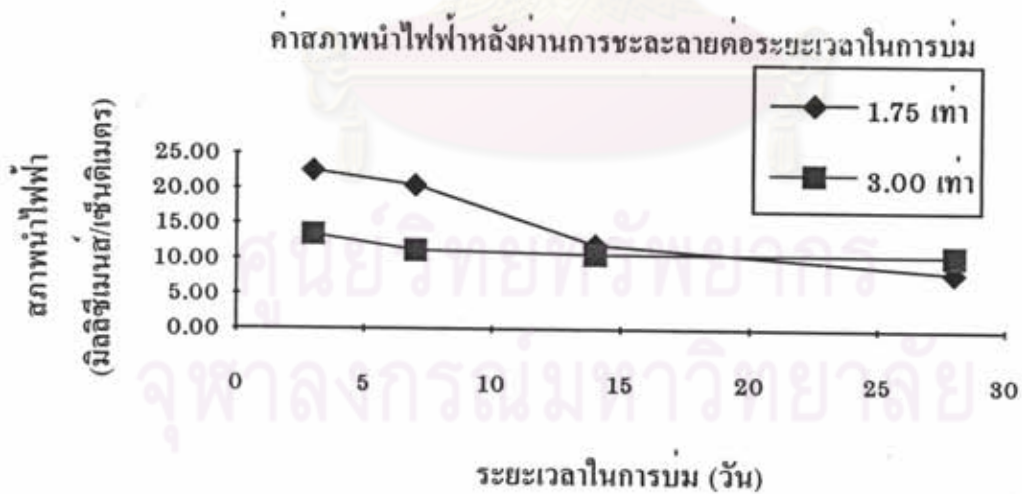
ระยะเวลาในการบ่ม (วัน)	ค่าพีเอช		ค่าสภาพความนำไฟฟ้า		ค่าความเป็นด่าง (มก./ล.ของหินปูน)	โครเมียม มก./ล.	ปรอท มก./ล.	เหล็ก มก./ล.
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง				
3	12.18	12.30	5.33	22.53	3,287	0.25	0.19	0.20
7	12.08	12.62	6.90	20.48	6,065	0.40	0.17	0.40
14	12.04	12.19	3.06	12.03	3,705	0.10	0.02	0.39
28	11.58	11.76	2.13	8.24	3,051	0.11	0.01	0.54

ตารางที่ 5.16 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำสกัดจากการทดสอบการชะละลายของสัดส่วนการเติมสาร โซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีเมื่อระยะเวลาในการบ่มต่างกัน

ระยะเวลาในการบ่ม (วัน)	ค่าพีเอช		ค่าสภาพความนำไฟฟ้า		ค่าความเป็นด่าง (มก./ล.ของหินปูน)	โครเมียม (มก./ล.)	ปรอท (มก./ล.)	เหล็ก (มก./ล.)
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง				
3	11.97	12.28	6.64	13.43	3,228	0.17	0.03	0.41
7	11.58	12.43	6.34	11.21	5,569	0.06	0.01	0.10
14	12.02	12.24	3.08	10.69	3,451	0.09	0.01	0.40
28	11.64	11.78	2.53	10.65	2,891	0.07	0.01	0.50



รูปที่ 5.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับระยะเวลาในการบ่ม



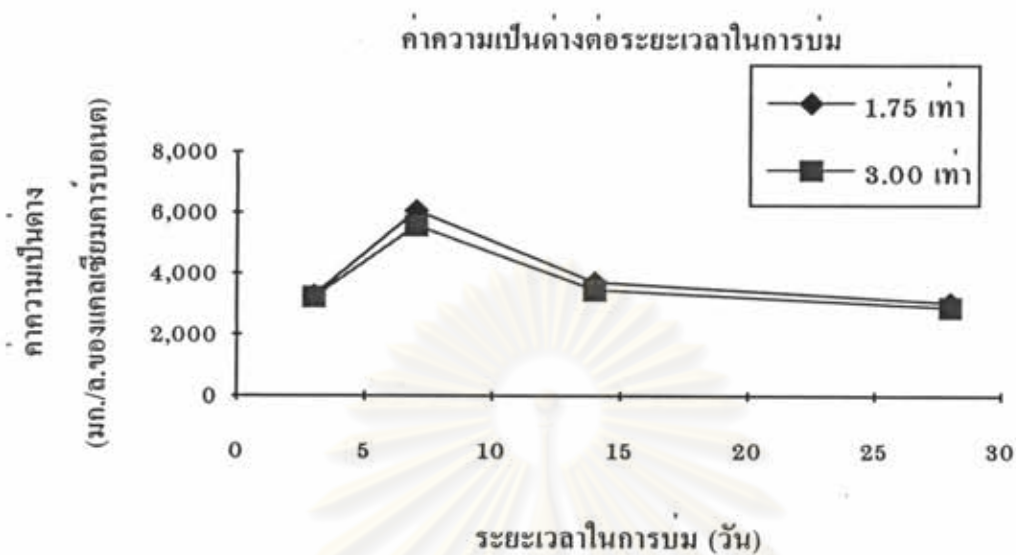
รูปที่ 5.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพนำไฟฟ้าของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับระยะเวลาในการบ่ม

2.3 ค่าความเป็นด่าง

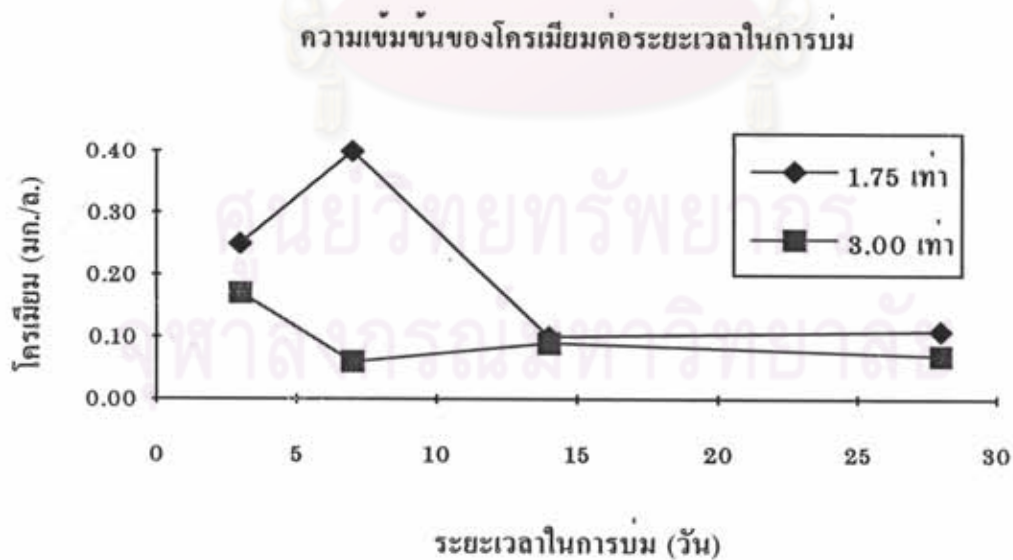
จากรูปที่ 5.20 แสดงให้เห็นถึงค่าความเป็นด่างของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลาย พบว่าค่าความเป็นด่างของน้ำสกัดในสัดส่วนการเติมสาร โซเดียมซัลไฟด์ที่ 1.75 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีสูงกว่าค่าความเป็นด่างของน้ำสกัดในสัดส่วนการเติมสาร โซเดียมซัลไฟด์ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีเล็กน้อย เมื่อสังเกตแนวโน้มที่เป็นในรูปที่ 19 พบว่าค่าความเป็นด่างในน้ำสกัดมีค่าไม่สูงนักเมื่อระยะเวลาในการบ่มเป็น 3 วัน แต่เมื่อระยะเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้นเป็น 7 วันค่าความเป็นด่างสูงขึ้นและเริ่มลดลงเมื่อระยะเวลาในการบ่มนานกว่า 7 วัน ที่เป็นเช่นนี้สามารถสันนิษฐานได้ว่าอาจเกิดจากเมื่อระยะเวลาในการบ่มเป็น 3 วัน ปฏิกริยาไฮดรอกไซด์ยังเกิดได้ไม่เต็มที่ ทำให้มีแคลเซียมไฮดรอกไซด์เกิดขึ้นไม่มาก แต่เมื่อระยะเวลาในการบ่มนานขึ้นเป็น 7 วัน เกิดปฏิกริยาไฮดรอกไซด์มากขึ้นจึงมีแคลเซียมไฮดรอกไซด์เกิดมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันเริ่มเกิดปฏิกริยาปอซโซลานเกิดขึ้น และเมื่อระยะเวลาในการบ่มมากกว่า 7 วัน แล้ว บทบาทของปฏิกริยาปอซโซลานซึ่งทำปฏิกริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีมากขึ้น จึงทำให้ค่าความเป็นด่างลดลงอีกดังแสดงในรูปที่ 5.20

2.4 ความเข้มข้นของโครเมียม

ความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดที่ระยะเวลาในการบ่มตัวอย่างที่ 3, 7, 14 และ 28 วันมีค่าเท่ากับ 0.25, 0.35, 0.10 และ 0.11 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับสำหรับสัดส่วนการเติมสาร โซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 1.75 ดังแสดงในตารางที่ 5.15 และความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดที่ระยะเวลาในการบ่มตัวอย่างที่เติมสาร โซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 3.00 ที่ ระยะเวลาในการบ่มเดียวกันมีค่าเท่ากับ 0.17, 0.06, 0.09 และ 0.07 มิลลิกรัม/ลิตรดังแสดงในตารางที่ 5.16 นอกจากนี้จากรูปที่ 5.21 ยังพบว่ามีความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการบ่มนานขึ้น และเมื่อนำความเข้มข้นของโครเมียมในทุกๆ ตัวอย่างแล้วพบว่าไม่เกินมาตรฐานสารมีพิษของกรมโรงงานอุตสาหกรรม



รูปที่ 5.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นด่างของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับระยะเวลาในการบ่ม



รูปที่ 5.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับระยะเวลาในการบ่ม

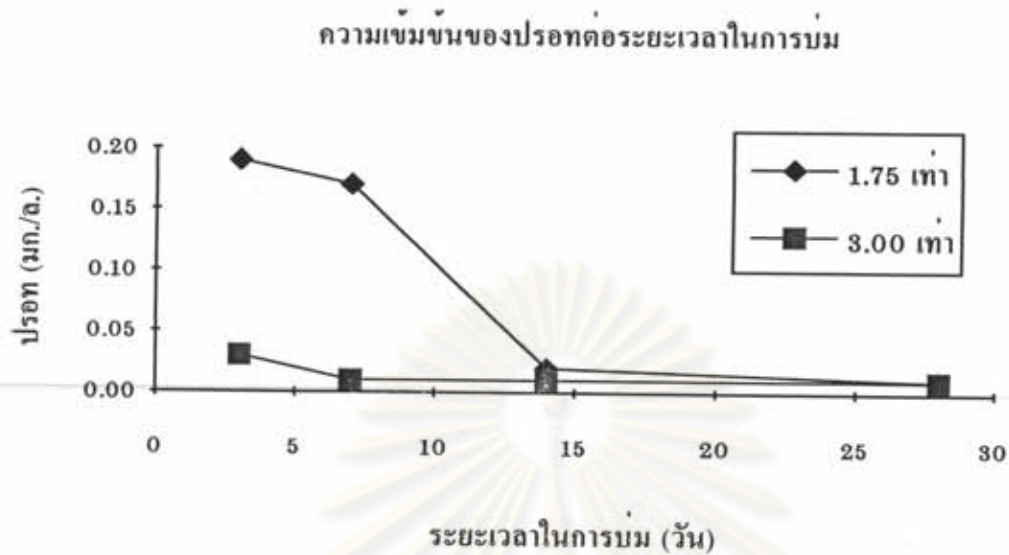
2.5 ความเข้มข้นของปรอท

ความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดที่ระยะเวลาในการบ่มตัวอย่างที่ 3, 7, 14 และ 28 วันมีค่าเท่ากับ 0.19, 0.17, 0.02 และ 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับสำหรับสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 1.75 ดังแสดงในตารางที่ 5.15 และความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดที่ระยะเวลาในการบ่มตัวอย่างที่เติมสารโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 3.00 ที่ระยะเวลาในการบ่มเดียวกันมีค่าเท่ากับ 0.03, 0.01, 0.01 และ 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.16 นอกจากนี้จากรูปที่ 5.22 ยังพบว่ามีค่าความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการบ่มนานขึ้น สามารถสันนิษฐานได้ว่าเกิดจากการที่ปูนซีเมนต์และเถ้าลอยลิกไนต์ทำปฏิกิริยาไฮเดรชันและปอกโซลันได้ดีขึ้นเมื่อระยะเวลาในการบ่มนานขึ้น ทำให้โครงสร้างของก้อนซีเมนต์แข็งแรงขึ้นและมีช่องว่างภายในโครงสร้างลดลง ทำให้ปรอทซึ่งเกาะอยู่ภายในโครงสร้างซีเมนต์ถูกชะละลายลดลง นอกจากนี้เมื่อนำความเข้มข้นของปรอทในทุกๆตัวอย่างแล้วพบว่ามีความไม่เกินมาตรฐานสารมีพิษของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

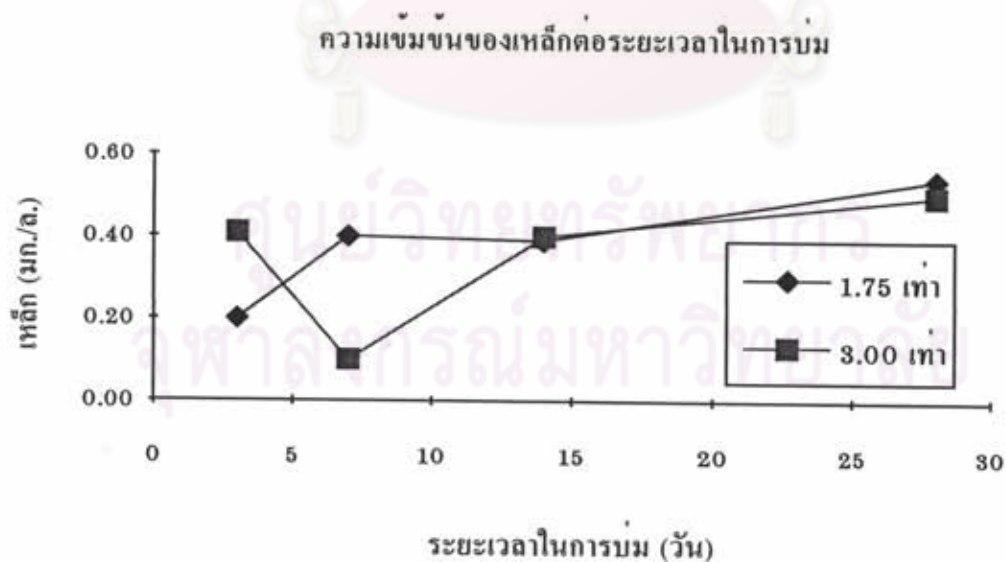
2.6 ความเข้มข้นของเหล็ก

ความเข้มข้นของเหล็กในน้ำสกัดที่ระยะเวลาในการบ่มตัวอย่างที่ 3, 7, 14 และ 28 วันมีค่าเท่ากับ 0.20, 0.40, 0.39 และ 0.54 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับสำหรับสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 1.75 ดังแสดงในตารางที่ 5.15 และความเข้มข้นของเหล็กในน้ำสกัดที่ระยะเวลาในการบ่มตัวอย่างที่เติมสารโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 3.00 ที่ระยะเวลาในการบ่มเดียวกันมีค่าเท่ากับ 0.41, 0.10, 0.40 และ 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.16 นอกจากนี้จากรูปที่ 5.23 ยังพบว่ามีค่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำสกัดมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการบ่มนานขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับระยะเวลาในการบ่ม



รูปที่ 5.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับระยะเวลาในการบ่ม

การศึกษาค่าที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 และ 2 มาใช้กับตะกอนโลหะหนักชนิดอื่น ๆ

การศึกษานี้ได้นำผลการทดลองที่ 1 และ 2 คือสัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 0.00, 1.75 และ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีและอัตราส่วนผสมของตะกอนโลหะหนักต่อตัวประสานเท่ากับ 0.25 นำมาใช้กับตะกอนโลหะหนักที่ได้จากโรงงานเคลือบแผ่น, โรงกำจัดกากอุตสาหกรรมแสมดำซึ่งมีตะกอนอยู่ 2 ชนิดคือ ตะกอนโลหะหนักไฮดรอกไซด์และกากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทุกตัวอย่างใช้อัตราส่วนผสมของเถ้าลอยลิกไนต์ต่อปูนซีเมนต์เท่า 1.00 ใช้อัตราส่วนผสมของน้ำต่อตัวประสานเท่ากับ 0.50 และใช้เวลาในการบ่มตัวอย่างเท่ากับ 7 วัน เมื่อบ่มตัวอย่างจนครบกำหนดแล้วจึงนำไปทดสอบหาสมบัติทางกายภาพแล้วนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของเสียที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแล้ว และหลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์หาสมบัติของน้ำสกัดที่ผ่านการทดสอบการชะละลายซึ่งนำผลไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานสารมีพิษของกรมโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้ผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบของตะกอนโลหะหนักที่ได้จากน้ำเสียซีโอดี ดังสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. สมบัติทางกายภาพของตะกอนโลหะหนักที่ผ่านการทำให้เป็นก้อน

1.1 ค่าความหนาแน่น

ผลการทดสอบหาค่าความหนาแน่นของตะกอนโลหะหนักชนิดต่างๆที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแสดงในตารางที่ 5.17 ซึ่งความหนาแน่นของตะกอนโลหะหนักจากโรงงานเคลือบแผ่นที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแล้วมีค่า 1.76 - 1.83 ตัน/ลูกบาศก์เมตร ความหนาแน่นของตะกอนโลหะหนักไฮดรอกไซด์ที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแล้วมีค่า 1.72 - 1.75 ตัน/ลูกบาศก์เมตร และความหนาแน่นของกากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแล้วมีค่า 1.90 - 1.93 ตัน/ลูกบาศก์เมตร จากรูปที่ 5.24 แสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นของกากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแล้วมีค่าสูงที่สุด นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของเสียที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนพบว่ามีความสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

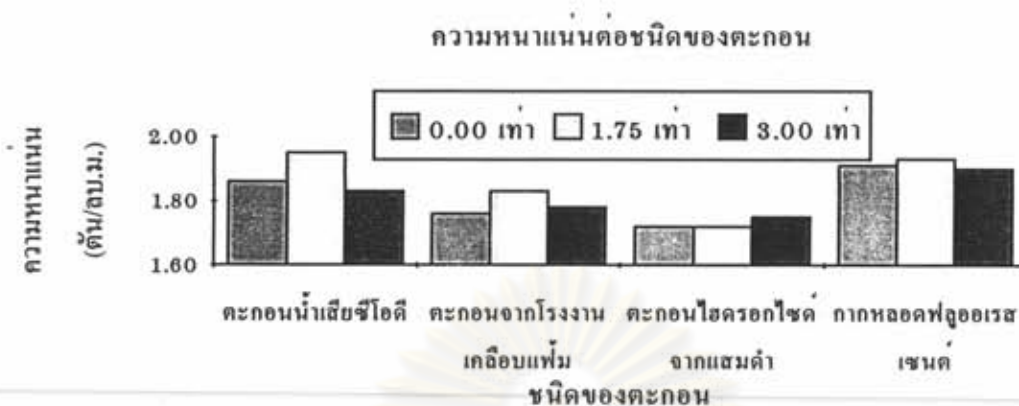
1.2 ค่ากำลังรับแรงอัด

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของตะกอนโลหะหนักชนิดต่างๆ ที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแสดงในตารางที่ 5.17 ค่ากำลังรับแรงอัดของตะกอนโลหะหนักจากโรงงานเคลือบแผ่น

ที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแล้วมีค่า 74 - 108 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ค่ากำลังรับแรงอัดของ ตะกอนโลหะหนักไฮดรอกไซด์ที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแล้วมีค่า 96 - 118 กิโลกรัม/ตาราง เซนติเมตร ค่ากำลังรับแรงอัดของกากหลอมฟลูออเรสเซนซ์ที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนแล้วมีค่า 134 - 175 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร จากรูปที่ 5.25 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเติมโซเดียมซัลไฟด์มากขึ้น (โดยเฉพาะที่สัดส่วนการเติมสารโซเดียมซัลไฟด์เท่ากับ 3.00 เท่าของปริมาณทางทฤษฎี) จะทำ ให้ค่ากำลังรับแรงอัดลดลง และเมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังรับแรงอัดกับเกณฑ์มาตรฐานของเสียที่ ผ่านการทำให้เป็นก้อนพบว่าทุกตัวอย่างมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

ตารางที่ 5.17 แสดงผลการทดสอบทางกายภาพของตะกอนโลหะหนักชนิดต่างๆที่ผ่านการทำให้ เป็นก้อน

ชนิดของโลหะหนัก	ค่าความหนาแน่น (ตัน/ลบ.ม.)	ค่ากำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.)	ค่าความซึมได้ของน้ำ (ซม./วินาที)
1. ตะกอนโลหะหนักจากน้ำเสีย ซีไอดี			
- ไม่ได้เติมสารโซเดียมซัลไฟด์	1.86	187	4.33×10^{-7}
- สัดส่วนการเติม = 1.75 เท่า	1.95	145	2.40×10^{-7}
- สัดส่วนการเติม = 3.00 เท่า	1.83	127	2.20×10^{-7}
2. ตะกอนโลหะหนักจาก โรงงานเคลือบแผ่น			
- ไม่ได้เติมสารโซเดียมซัลไฟด์	1.76	103	4.28×10^{-8}
- สัดส่วนการเติม = 1.75 เท่า	1.83	108	4.78×10^{-8}
- สัดส่วนการเติม = 3.00 เท่า	1.78	74	2.72×10^{-8}
3. ตะกอนโลหะหนักไฮดรอกไซด์			
- ไม่ได้เติมสารโซเดียมซัลไฟด์	1.72	118	6.91×10^{-9}
- สัดส่วนการเติม = 1.75 เท่า	1.72	104	5.98×10^{-9}
- สัดส่วนการเติม = 3.00 เท่า	1.75	96	6.28×10^{-9}
4. กากหลอมฟลูออเรสเซนซ์			
- ไม่ได้เติมสารโซเดียมซัลไฟด์	1.91	152	7.21×10^{-8}
- สัดส่วนการเติม = 1.75 เท่า	1.93	175	7.06×10^{-8}
- สัดส่วนการเติม = 3.00 เท่า	1.90	134	4.90×10^{-8}



รูปที่ 5.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับชนิดของตะกอนโลหะหนัก



รูปที่ 5.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับชนิดของตะกอนโลหะหนัก

1.3 ค่าความซึมได้ของน้ำ

ผลการทดลองความซึมได้ของน้ำแสดงในตารางที่ 5.17 ซึ่งพบว่าความซึมได้ของน้ำในทุกตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกันมากและมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของเสียที่ผ่านการทำให้เป็นก้อน (1×10^{-6} เซ็นติเมตร/วินาที)

2. ผลการวิเคราะห์น้ำสกัดที่ผ่านการทดสอบการชะละลาย

2.1 ค่าพีเอช

ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชของน้ำสกัดทั้งก่อนและหลังผ่านการทดสอบการชะละลายแสดงในตารางที่ 5.18 และรูปที่ 5.26 พบว่าค่าพีเอชของน้ำสกัดทั้งก่อนผ่านการทดสอบชะละลายมีค่าอยู่ระหว่าง 10.67 - 11.54 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน และสำหรับค่าพีเอชของน้ำสกัดทั้งหลังผ่านการทดสอบชะละลายมีค่าอยู่ระหว่าง 11.59 - 11.78 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันเช่นเดียวกัน และเมื่อเปรียบเทียบค่าพีเอชของน้ำสกัดทั้งก่อนและหลังผ่านการทดสอบการชะละลายที่ได้จากตะกอนโลหะหนักทั้งสามชนิดนี้มีค่าต่ำกว่าค่าพีเอชของน้ำสกัดที่ได้จากตะกอนน้ำเสียซีโอดี นอกจากนี้การเพิ่มสัดส่วนการเติมสาร โซเดียมซัลไฟด์ลงในตะกอนโลหะหนักไม่แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของน้ำสกัดอย่างเด่นชัด

2.2 ค่าสภาพความนำไฟฟ้า

ผลการวิเคราะห์ค่าสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำสกัดทั้งก่อนและหลังผ่านการทดสอบการชะละลายแสดงในตารางที่ 5.18 พบว่าค่าสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำสกัดก่อนผ่านการทดสอบการชะละลายมีค่าอยู่ระหว่าง 0.98 - 1.20 มิลลิซีเมนส์/เซ็นติเมตร และค่าสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายมีค่าอยู่ระหว่าง 4.24 - 5.48 มิลลิซีเมนส์/เซ็นติเมตร เมื่อเปรียบเทียบค่าสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำสกัดทั้งก่อนและหลังผ่านการทดสอบการชะละลายที่ได้จากตะกอนโลหะหนักทั้งสามชนิดนี้มีค่าต่ำกว่าค่าสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำสกัดที่ได้จากตะกอนน้ำเสียซีโอดีมาก นอกจากนี้จากรูปที่ 5.27 พบว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนการเติมสาร โซเดียมซัลไฟด์ลงไปในตะกอนโลหะหนักแล้ว ทำให้ค่าสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายลดลงเล็กน้อย

ตารางที่ 5.18 แสดงผลการทดสอบน้ำสกัดที่ผ่านการทดสอบการชะละลายของตะกอนโลหะหนักชนิดต่างๆที่ผ่านการทำให้เป็นก้อน

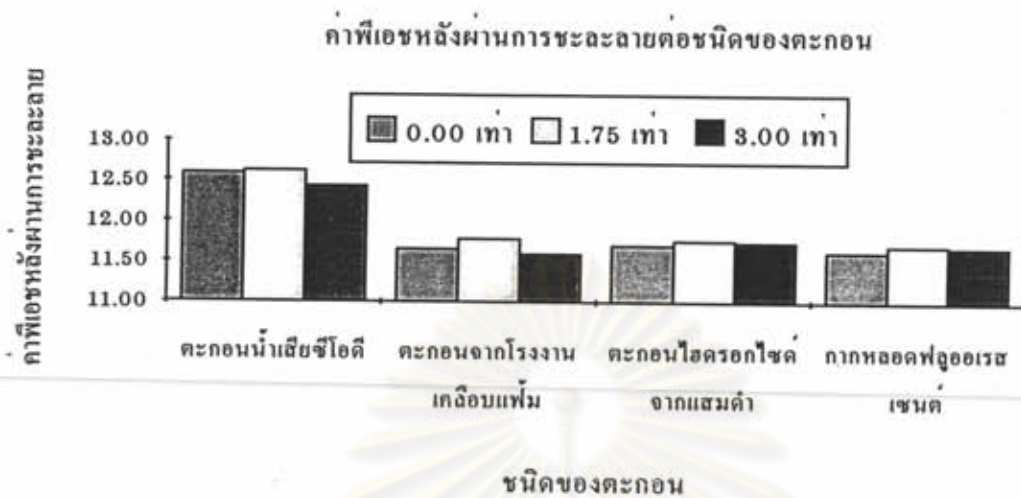
ชนิดของตะกอนโลหะหนัก	ค่าพีเอช		ค่าสภาพความนำไฟฟ้า (mS/cm)		ค่าความเป็นด่าง (มก./ล.ของหินปูน)	โครเมียม (มก./ล.)	ปรอท (มก./ล.)	เหล็ก (มก./ล.)
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง				
1. ตะกอนโลหะหนักจากน้ำเสีย ซีไอดี								
- ไม่ได้เติมโซเดียมซัลไฟด์	12.00	12.59	7.35	20.10	5,373	0.20	0.59	0.84
- เติมโซเดียมซัลไฟด์ = 1.75 เทา	12.08	12.62	6.90	20.48	6,066	0.40	0.17	0.40
- เติมโซเดียมซัลไฟด์ = 3.00 เทา	11.58	12.43	6.34	20.63	2,217	0.03	0.02	0.16
2. ตะกอนโลหะหนักที่ได้จาก โรงงานเคลือบแผ่น								
- ไม่ได้เติมโซเดียมซัลไฟด์	10.72	11.65	1.20	5.13	2,765	0.06	0.03	0.56
- เติมโซเดียมซัลไฟด์ = 1.75 เทา	11.54	11.78	1.06	4.97	2,710	0.05	0.01	0.29
- เติมโซเดียมซัลไฟด์ = 3.00 เทา	11.50	11.59	1.00	4.24	2,773	0.05	0.01	0.13
3. ตะกอนโลหะหนักไฮดรอกไซด์								
- ไม่ได้เติมโซเดียมซัลไฟด์	10.67	11.70	1.03	4.98	2,640	0.16	0.01	0.10
- เติมโซเดียมซัลไฟด์ = 1.75 เทา	10.72	11.76	1.09	5.08	2,659	0.06	0.01	0.12
- เติมโซเดียมซัลไฟด์ = 3.00 เทา	10.71	11.74	0.98	4.50	2,518	0.05	0.01	0.09

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

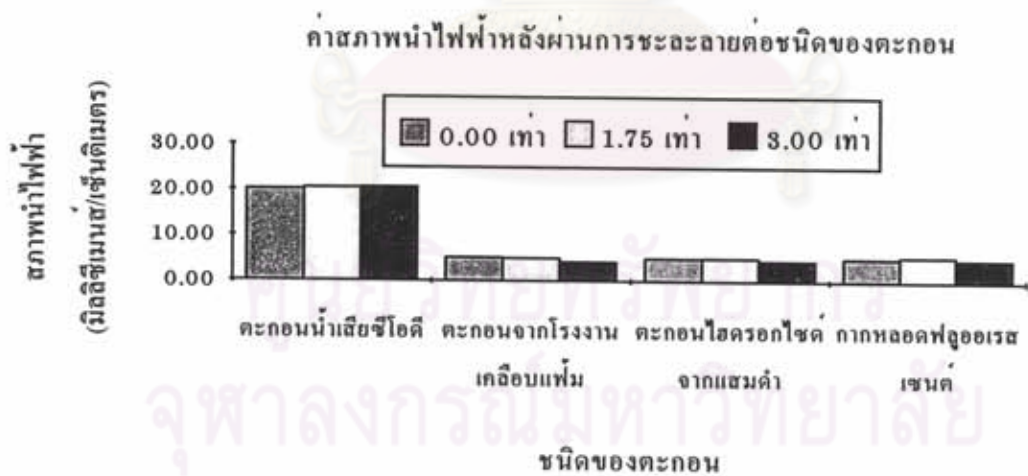
ตารางที่ 5.18 แสดงผลการทดสอบน้ำสกัดที่ผ่านการทดสอบการชะละลายของตะกอนโลหะหนักชนิดต่างๆที่ผ่านการทำให้เป็นก้อน (ต่อ)

ชนิดของตะกอนโลหะหนัก	ค่าพีเอช		ค่าสภาพความนำไฟฟ้า (mS/cm)		ค่าความเป็นด่าง (มก./ล.ของหินปูน)	โครเมียม (มก./ล.)	ปรอท (มก./ล.)	เหล็ก (มก./ล.)
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง				
4. กากหลอมฟลูออเรสเซนต์								
- ไมเคิลเคมโซเดียมซัลไฟด์	10.80	11.62	1.04	5.05	2,663	N.D.	0.40	0.13
- เดิมโซเดียมซัลไฟด์ = 1.75 เท่า	10.94	11.70	1.20	5.48	2,686	N.D.	0.17	0.11
- เดิมโซเดียมซัลไฟด์ = 3.00 เท่า	10.93	11.68	1.15	4.86	2,564	N.D.	0.07	0.14

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับชนิดของตะกอน โลหะหนัก



รูปที่ 5.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพนำไฟฟ้าของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับชนิดของตะกอน โลหะหนัก

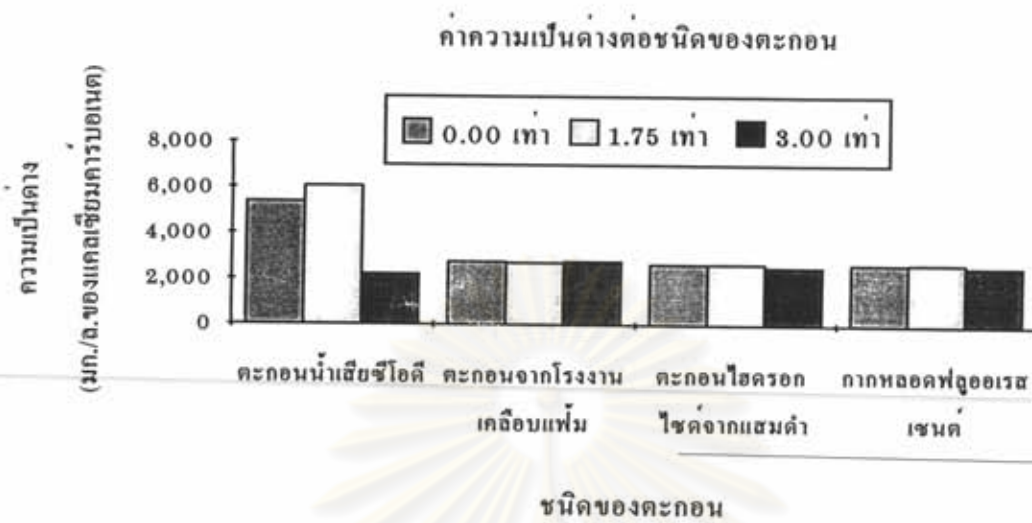
2.3 ค่าความเป็นด่าง

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นด่างของน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลาย แสดงในตารางที่ 5.18 และรูปที่ 5.28 พบว่าค่าความเป็นด่างของน้ำสกัดที่ได้จากตะกอนโลหะหนักทั้งสามชนิดมีค่าอยู่ระหว่าง 2,518 - 2,773 มิลลิกรัม/ลิตรของ CaCO_3 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าความเป็นด่างของน้ำสกัดที่ได้จากตะกอนโลหะหนักจากน้ำเสียซีโอดีที่สัดส่วนการเติม โซเดียมซัลไฟด์เดียวกัน

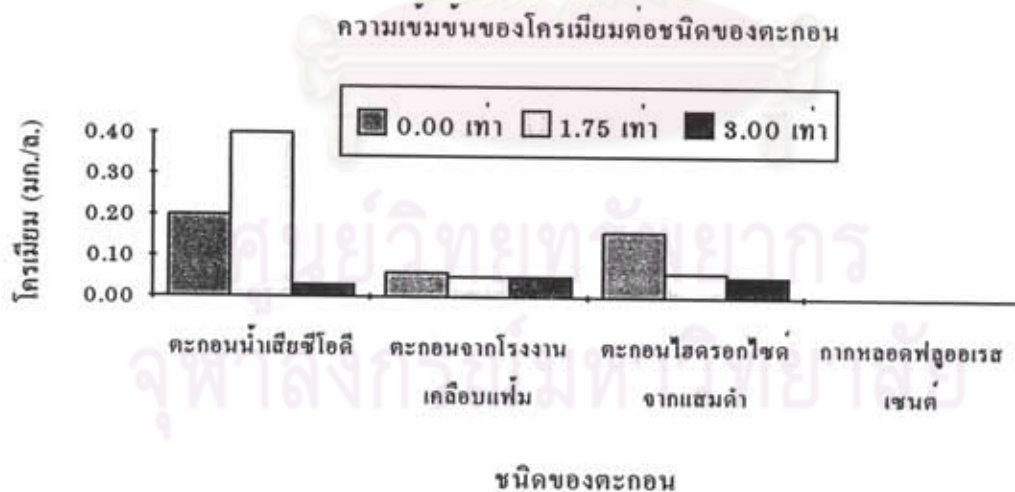
2.4 ค่าความเข้มข้นของโครเมียม

ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายแสดงในตารางที่ 5.18 และรูปที่ 5.30 พบว่าในน้ำสกัดของกากหลอมฟลูออเรสเซนซ์ ไม่พบโครเมียม ส่วนค่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดจากตะกอนโลหะหนักที่ได้จากโรงงานเคลือบแก้วมีค่า 0.05 - 0.06 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดจากตะกอนโลหะหนักไฮดรอกไซด์มีค่า 0.05 - 0.16 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อดูรูปที่ 5.30 พบว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนการเติม โซเดียมซัลไฟด์มากขึ้นทำให้ค่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดลดลง นอกจากนี้พบว่าเมื่อนำค่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดของทุกตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานสารมีพิษของกรมโรงงานอุตสาหกรรมแล้วพบว่ามีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นด่างของน้ำสกัดหลังการทดสอบการชะละลายกับชนิดของตะกอนโลหะหนัก



รูปที่ 5.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำสกัดหลังการทดสอบการชะละลายกับชนิดของตะกอนโลหะหนัก

2.5 ค่าความเข้มข้นของปรอท

ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายแสดงในตารางที่ 5.18 และรูปที่ 5.31 พบว่าส่วนค่าความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดจากตะกอนโลหะหนักที่ได้จากลานตากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานเคลือบแก้วมีค่า 0.01 - 0.03 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดจากตะกอนโลหะหนักไฮดรอกไซด์มีค่า 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดจากกากหลอมฟลูออเรสเซนต์มีค่า 0.07 - 0.40 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งถ้าไม่เติมสารโซเดียมซัลไฟด์ลงไปในกากหลอมฟลูออเรสเซนต์จะทำให้ความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดมีค่าเกินมาตรฐานสารมีพิษของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนค่าความเข้มข้นของปรอทจากตะกอนโลหะหนักชนิดอื่นๆเมื่อเติมโซเดียมซัลไฟด์แล้วทำให้มีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน

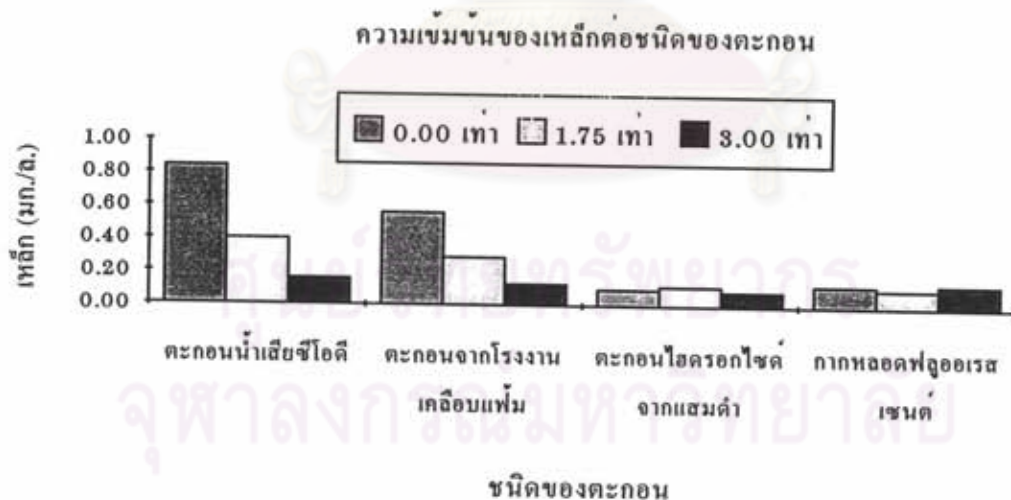
2.6 ค่าความเข้มข้นของเหล็ก

ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายแสดงในตารางที่ 5.18 และรูปที่ 5.32 พบว่าส่วนค่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำสกัดจากตะกอนโลหะหนักที่ได้จากโรงงานเคลือบแก้วมีค่า 0.13 - 0.56 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดจากตะกอนโลหะหนักไฮดรอกไซด์มีค่า 0.09 - 0.12 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดจากกากหลอมฟลูออเรสเซนต์มีค่า 0.11 - 0.14 มิลลิกรัม/ลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของปรอทในน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับชนิดของตะกอน โลหะหนัก



รูปที่ 5.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำสกัดหลังผ่านการทดสอบการชะละลายกับชนิดของตะกอน โลหะหนัก