

ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

ศกฟ
๒๖ 60

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 7 ว

ของ

นางสาววราภรณ์ กิจชัยนุกูล
นักวิทยาศาสตร์ 6ว

การนำผู้ทรงคุณวุฒิมาช่วยประโยชน์ในการกำจัดกากตะกอนโครเมียม

กลุ่มงานสิ่งแวดล้อม
กองพิบัติภัยและวิศวกรรม
กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

บทคัดย่อ

ซีโอติ เป็นดัชนีที่สำคัญมากตัวหนึ่งในการบ่งชี้คุณภาพของน้ำเสีย/น้ำทิ้ง ในขณะที่เดียวกัน น้ำทิ้งที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ซีโอติก็มีค่าความเป็นพิษสูงเช่นกัน เนื่องจากน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นจะมีทั้งปรอทและโครเมียมในปริมาณค่อนข้างสูง ดังนั้นน้ำทิ้งจากการวิเคราะห์ซีโอติจึงจำเป็นต้องทำการบำบัดก่อนทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อม ตะกอนของเมอร์คิวริกซัลไฟด์และโครเมียมออกไซด์ที่เกิดจากการตกตะกอนปรอทและโครเมียมด้วยเฟอร์รัสซัลไฟด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามลำดับ เป็นกากของเสียอันตรายจำเป็นต้องทำการบำบัด วิธีการที่นิยมใช้คือ วิธีการหล่อแข็งด้วยสารประสาน ก้อนหล่อแข็งที่ได้ต้องมีความสามารถรับกำลังอัดและค่าการชะละลายอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดจึงสามารถนำไปทิ้งได้

กากตะกอนโครเมียมออกไซด์ที่ใช้ในการศึกษามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 25,682 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตะกอนแห้ง สัดส่วนปูนซีเมนต์ต่อฝุ่นทรายดำต่อปริมาณกากตะกอนเท่ากับ 220 : 880 : 0.14, 220 : 880 : 0.20 และ 220 : 880 : 4.0 นำก้อนหล่อแข็งที่ได้ไปบ่มในสภาวะชื้นที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือบ่มในน้ำและในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่อายุบ่ม 28 วัน เปรียบเทียบสมบัติต่างๆ ของก้อนหล่อแข็งที่ได้จากการบ่มทั้ง 2 วิธี พบว่า ค่าความสามารถรับกำลังอัดของก้อนหล่อแข็งที่สัดส่วนต่างๆ ที่บ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่อายุการบ่ม 28 วัน มีค่าเท่ากับ 132, 105 และ 103 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ก้อนหล่อแข็งที่สัดส่วนต่างๆ ที่บ่มในน้ำที่อายุการบ่ม 28 วันให้ค่าความสามารถรับกำลังอัดต่ำกว่าในทุกๆ สัดส่วน คือ 110, 96 และ 92 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าความสามารถรับกำลังอัดที่ต่ำที่สุดในการทดลองนี้ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กรมโรงงานกำหนดไว้คือ 14 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร ในขณะที่ตรวจวิเคราะห์ไม่พบค่าการชะละลายของโครเมียมของก้อนหล่อแข็งในทุกๆ สัดส่วนที่บ่มในน้ำและในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่อายุการบ่ม 28 วัน

ประโยชน์ที่ได้รับเป็นการนำฝุ่นทรายดำซึ่งเป็นกากของเสียมาใช้ประโยชน์ในการกำจัดโครเมียมในน้ำทิ้งจากการวิเคราะห์ซีโอติด้วยวิธีการหล่อแข็งโดยใช้สัดส่วนปูนซีเมนต์ผสมกับฝุ่นทรายดำที่ 20 : 80 สามารถกำจัดโครเมียมได้สูงสุด 93.05 ไมโครกรัมต่อกรัมส่วนผสมของกากตะกอนโครเมียม เนื่องจากค่าความสามารถรับกำลังอัดและค่าการชะละลายของโครเมียมที่สัดส่วนที่สูงที่สุดที่ใช้ในการทดลองยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปหากต้องการศึกษาหาปริมาณกากตะกอนโครเมียมสูงสุดที่สามารถกำจัดได้ด้วยวิธีการนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
สารบัญ	ii
สารบัญตาราง	iii
สารบัญภาพ	iv
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ปัญหาและที่มาของการศึกษาทดลอง	1
1.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์	6
1.4 ขอบเขตการศึกษา	7
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	7
1.6 ระยะเวลาดำเนินการ	7
บทที่ 2 ทฤษฎี	8
2.1 Chemical Oxygen Demand (COD)	8
2.2 เทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียทางเคมี	10
2.3 ประเภทของการตกตะกอน	13
2.4 กากของเสีย	17
2.5 การหล่อแข็ง	18
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ	21
3.1 ตัวอย่าง	21
3.2 วัสดุ อุปกรณ์	23
3.3 สารเคมี	23
3.4 วิธีดำเนินการ	24
บทที่ 4 ผลการศึกษาทดลอง	26
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	29
กิตติกรรมประกาศ	31
เอกสารอ้างอิง	32

เลขที่ ๑๗ กฟ
๑๖ 60
เลขที่รับ 12023
18/ธ.ค. 2547

พิจารณาเห็นสมควร
จาก
.....

18 ธ.ค. 2547

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 1	คุณลักษณะของน้ำเสียจากการวิเคราะห์ซีไอดี	3
ตารางที่ 2	ค่ามาตรฐานของโลหะหนักในน้ำสกัด	18
ตารางที่ 3	ความเข้มข้นของโครเมียมในกากตะกอนที่ใช้ในการหล่อแข็ง	22
ตารางที่ 4	ปริมาณกากตะกอนโครเมียมที่เติมในส่วนผสมของปูนซีเมนต์ต่อฝุ่นทรายค่าเท่ากับ 20 ต่อ 80	22
ตารางที่ 5	ค่าความสามารถรับกำลังอัดของก้อนหล่อแข็งรูปทรงกระบอกที่บ่มในน้ำ และผู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่อายุการบ่ม 28 วัน	26
ตารางที่ 6	ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอช และปริมาณโครเมียม ในตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการบ่ม ก้อนหล่อแข็งภายหลังจากการบ่มก้อนหล่อแข็งที่อายุ 28 วัน	27
ตารางที่ 7	ค่าการชะละลายโครเมียมจากก้อนหล่อแข็งที่บ่มในน้ำและผู้ควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น ที่สัดส่วนปูนซีเมนต์ต่อทรายค่าต่อปริมาณกากโครเมียมต่างๆ อายุบ่ม 28 วัน	28

สารบัญรูป

	หน้า	
รูปที่ 1	ความสามารถของการละลายของโลหะกับฟีนอล	12
รูปที่ 2	ความสามารถในการละลายของโลหะไฮดรอกไซด์	14
รูปที่ 3	ความสามารถในการละลายของโลหะซัลไฟด์	16
รูปที่ 4	การทำ Quaterning	21
รูปที่ 5	แผนภูมิขั้นตอนการศึกษา	24

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการศึกษาทดลอง

ปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งที่หลายฝ่ายให้ความสนใจอย่างยิ่งในปัจจุบัน เนื่องจากประเทศไทยกำลังประสบกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ทวีความรุนแรงขึ้นทุกขณะ ดังจะเห็นได้จากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ที่เพิ่มมากขึ้นรวมถึงการขยายตัวของเขตเมือง จากสถิติของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ปีพ.ศ. 2542 พบว่า มีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมถึง 128,350 โรงงาน¹⁵¹ ความเจริญเหล่านี้ก่อให้เกิดปัญหามลพิษในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นมลพิษทางน้ำ อากาศ หรือกากของเสีย หากมลพิษเหล่านี้ขาดการควบคุมและการจัดการที่ดีก็จะก่อให้เกิดปัญหาความเสื่อมโทรมของคุณภาพสิ่งแวดล้อม ดังนั้นข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการควบคุมและการจัดการของเสียต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

เมื่อความต้องการข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมสูงขึ้น ทำให้มีห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อมเกิดขึ้นมากมาย ปัจจุบันพบว่ามีห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อมที่ขึ้นทะเบียนไว้กับกรมโรงงานประมาณ 200 ห้องปฏิบัติการ ห้องปฏิบัติการเหล่านี้สามารถวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ ทางด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ บีโอดี สารแขวนลอย พีเอช และซีโอดี เป็นต้น พารามิเตอร์เหล่านี้ถูกกำหนดให้ทำการวิเคราะห์ตามประกาศคุณลักษณะของน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงาน นอกจากนี้ยังเป็นการเฝ้าระวังคุณภาพของแหล่งน้ำผิวดินต่างๆ ได้อีกทางหนึ่งด้วย

ซีโอดีเป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่มีความสำคัญและต้องทำการวิเคราะห์ ในขณะที่เดียวกันก็ก่อให้เกิดมลพิษที่มีระดับความเป็นพิษค่อนข้างสูงภายหลังจากการวิเคราะห์แล้ว เนื่องจากในขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าซีโอดีต้องใช้สารเคมีที่มีโลหะหนักผสมอยู่ ได้แก่ โครเมียม โปรท เหล็ก และเงิน ปัจจุบันยังขาดการควบคุมและจัดการที่ดีกับน้ำทิ้งจากการวิเคราะห์ซีโอดี โดยพบว่าหลังจากที่ห้องปฏิบัติการเหล่านี้ทำการวิเคราะห์ค่าซีโอดีแล้ว จะทิ้งน้ำเสียที่เกิดจากการวิเคราะห์ค่าซีโอดีลงสู่ท่อระบายน้ำทำให้สารโลหะหนักที่มีความเป็นพิษสูงไปเป็นอนุสารสิ่งแวดล้อมและเข้าสู่วงจรของห่วงโซ่อาหาร และกลับเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ในที่สุด ในการวิเคราะห์ค่าซีโอดีแต่ละตัวอย่างก่อให้เกิดน้ำเสียประมาณ 600 มิลลิลิตร ถ้าสมมุติให้แต่ละห้องปฏิบัติการมีตัวอย่างที่ต้องทำการวิเคราะห์ค่าซีโอดี 25 ตัวอย่างต่อสัปดาห์ น้ำเสียจากการวิเคราะห์ค่าซีโอดีที่เกิดขึ้นประมาณ 15 ลิตรต่อสัปดาห์ต่อหนึ่งห้องปฏิบัติการและถ้าภายในเขตกรุงเทพมหานครมีห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อมทั้งหมด 100 ห้องปฏิบัติการก็จะก่อให้เกิดน้ำเสียจากการวิเคราะห์ค่าซีโอดีประมาณ 1,500 ลิตรต่อ

ต้ปค้ำห้ ด้วยเหตุที่น้ำเสีจจากการวิเคราะห์ซีโอดีมีความเป็นพิษค่อนข้างสูงจึงควรทำการรวบรวม และทำการบำบัดน้ำเสีจเหล่านี้ก่อนระบายลงสู่แหล่งน้ำ

วิธีการบำบัดน้ำทิ้งจากการวิเคราะห์ซีโอดีโดยทั่วไปนิยมใช้การตกตะกอนด้วยสารเคมีน้ำ ทิ้งที่ผ่านกระบวนการนี้จะมีคุณลักษณะผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง อย่างไรก็ตามยังคงเหลือตะกอน ที่ได้จากการบวนการดังกล่าวที่มีความเป็นพิษสูง ดังนั้นจึงควรดำเนินการบำบัดตะกอนเหล่านี้ให้ ถูกต้องตามหลักวิชาการก่อนนำไปทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม ในการศึกษานี้ได้นำตะกอนที่ได้จากการ ทดลองของห้องปฏิบัติการกลุ่มงานสิ่งแวดล้อม กรมวิทยาศาสตร์บริการ^[6] โดยการตกตะกอนใน การทดลองนี้ใช้หลักการของความสามารถในการตกตะกอนของโลหะที่ค่าเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างกันทำให้ได้ตะกอนของโลหะแต่ละชนิดแยกออกจากกัน เนื่องจากโลหะเงินเป็นโลหะที่มีคุณค่าจะ ทำการนำกลับไปใช้ใหม่ สำหรับปรอทและโครเมียม ซึ่งมีระดับความเป็นพิษสูงต้องทำการตรึง เพื่อลดการเคลื่อนที่ของสารเหล่านี้สู่สิ่งแวดล้อมก่อนแล้วจึงนำไปดำเนินการฝังกลบตามหลักวิชา การต่อไป

ปัจจุบันเทคโนโลยีที่ใช้ในการลดการเคลื่อนที่ของสารพิษมักนิยมใช้เทคนิคการหล่อแข็ง (Solidification) วิธีการหนึ่งในเทคโนโลยีการหล่อแข็งที่นิยมใช้กันมาก คือ การหล่อแข็งด้วย ซีเมนต์ผสมร่วมกับวัสดุป่อโซลัน สำหรับในประเทศไทยเทคนิคนี้ยังขาดข้อมูลในเรื่องเทคนิค ในการดำเนินการอยู่มาก ดังนั้นในการศึกษาทดลองจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาในรายละเอียด ให้ครอบคลุมถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อก่อนหล่อแข็งและความสามารถในการชะละลายของโลหะ หนักในก้อนหล่อแข็ง อันได้แก่ วิธีการบ่ม, ประเภทของวัสดุที่นำมาผสมร่วมกับซีเมนต์, ประเภท ของของเสีจอันตรายที่จะนำมากำจัด, ประเภทของโลหะหนักและปริมาณที่มีอยู่ในกากของเสีจ เป็นต้น

1.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

J.P. Gould et.al^[13] กล่าวว่า ค่าซีโอดีเป็นค่าหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์น้ำเสีจน้ำทิ้ง ซึ่งเกี่ว ในการวัดความเข้มข้นของโครเมียมเฮกซวาเลนต์ (chromium hexavalent) ที่ลดลง แต่การวิเคราะห์ ซีโอดีมีข้อเสีจคือน้ำเสีจที่เกิดจากการวิเคราะห์มีปริมาณเงิน ที่ใช้เป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยา และมีปริมาณปรอทซึ่งใช้ในการกำจัดคลอรีนในปริมาณมาก ซึ่งโลหะทั้งสองมีราคาค่อนข้างแพง และมีความเป็นพิษสูง โดยทั่วไปของเสีจที่เกิดจากการวิเคราะห์ซีโอดีมีความเข้มข้นของเงินและ ปรอทอยู่ในช่วง1,000-1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร และได้ทำการทดลองเพื่อกำจัดเงินและปรอทในน้ำ เสีจจากการวิเคราะห์ ซีโอดี โดยใช้ขบวนการ Iron cementation โดยทำการทดลองกับตัวอย่างน้ำ เสีจจากการวิเคราะห์ซีโอดี 4 ตัวอย่างพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดของโลหะทั้งสองอยู่ในช่วง

96-99% โดยจะอยู่ในรูปของอะมัลกัม (Amalgams) โดยสามารถนำอะมัลกัมมาแยกเป็นโลหะเงินและปรอทเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ในการวิเคราะห์ซีโอดี

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของน้ำเสียจากการวิเคราะห์ซีโอดี

ลักษณะสมบัติ	1 ^[13]				2 ^[3]		
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
Cr (ppm)	210	250	200	260	675	710	715
Hg(ppm)	1020	1280	1400	1180	1810	1804	1797
Ag(ppm)	1540	1340	915	1920	1150	1152	1148

Dean et.al.^[11] ได้พัฒนาวิธีการกำจัดปรอทจากการวิเคราะห์ซีโอดี โดยนำน้ำเสียที่เกิดจากการวิเคราะห์ทำการปรับพีเอชให้มีค่ามากกว่า 10 และเติมเฟอร์รัสซัลไฟด์ จะได้ตะกอนเกิดขึ้น ตะกอนที่ได้เป็นตะกอนของเมอร์คิวริกซัลไฟด์ หลังจากนั้นนำตะกอนที่ได้ไปเข้ากระบวนการกำจัดปรอทต่อไป

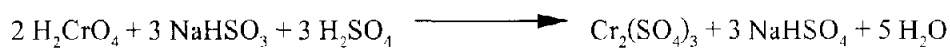
Aslam และ Walker^[10] ทำการศึกษาการกำจัดเงินและปรอทออกจากร้านเสียจากการวิเคราะห์ซีโอดี ทำโดยการตกตะกอนเงินด้วยโซเดียมคลอไรด์โดยใช้ปริมาณ 10 กรัมต่อลิตร และตกตะกอนปรอทด้วยเฟอร์รัสซัลไฟด์โดยใช้ปริมาณ 10 กรัมต่อลิตร เกิดตะกอนของซิลเวอร์คลอไรด์และเมอร์คิวริกซัลไฟด์ตามลำดับ จากนั้นกรองตะกอนและนำตะกอนของซิลเวอร์คลอไรด์มาทำการนำกลับมาใช้ใหม่โดยใช้สังกะสีและกรดซัลฟูริก 4 นอร์มัล ในการรีดิวซ์ซิลเวอร์คลอไรด์ได้เป็นโลหะเงิน จากนั้นนำผงเงินที่ได้มาทำให้เป็นซิลเวอร์ซัลเฟตด้วยกรดซัลฟูริกและนำไปใช้ในการวิเคราะห์ซีโอดีต่อไป ส่วนตะกอนเมอร์คิวริกซัลไฟด์ที่ได้นำมาเติมด้วยกรดเกลือ ความเข้มข้น 1:1 จะได้ตะกอนเมอร์คิวริกคลอไรด์ จากนั้นละลายตะกอนเมอร์คิวริกคลอไรด์และกรองผลึกเมอร์คิวริกคลอไรด์ที่ได้นำมาละลายใน 1:1 ของน้ำและเอธิลแอลกอฮอล์ และ 6 นอร์มัล โซเดียมไฮดรอกไซด์จะได้ตะกอนเมอร์คิวริกออกไซด์นำตะกอนมาเติมกรดซัลฟูริก 6 นอร์มัลจะได้ตะกอนเมอร์คิวริกไดออกไซด์-เฟต ซึ่งมีสมบัติเดียวกับเมอร์คิวริกซัลเฟตที่ใช้ในการวิเคราะห์ซีโอดี และได้ทำการปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์ซีโอดีโดยใช้สารเคมีที่ได้จากการนำกลับมาใช้ใหม่ของเงินและปรอท ในการนำกลับมาใช้ใหม่ของเงินและปรอทสามารถลดค่าใช้จ่ายในการซื้อสารเคมีได้ประมาณ 70%

Okazaki^[16] กล่าวถึงระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในการกำจัดโลหะหนักจากห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของประเทศญี่ปุ่น โดยน้ำเสียที่มีปรอทอยู่จะได้รับการเติมสารเคมี ซึ่งได้แก่ โซเดียมซัลไฟด์ โซดาไฟ กรดซัลฟูริก เฟอร์รัสซัลเฟต โซเดียมไฮโปคลอไรต์ และโพลิเมอร์ น้ำเสีย

จะถูกนำไปยัง precoat filter โดยโลหะหนักจะตกตะกอนอยู่ในรูปตะกอนเฟอร์ไรท์ ส่วนน้ำใสจะนำไปยัง Chelate resin tower เพื่อกำจัดปรอทและโลหะหนักอื่น ๆ ที่ยังหลงเหลืออยู่ในน้ำ ก่อนที่จะระบายลงสู่ท่อระบายน้ำทิ้ง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการนี้สามารถกำจัดปรอทได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ คือต่ำกว่า 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร

Orano ^[17] เสนอวิธีการบำบัดน้ำเสียจากการวิเคราะห์ซีโอดี โดยนำน้ำเสียมาเติมโซเดียมคลอไรด์ 30 มิลลิโมลต่อลิตร เพื่อทำการกำจัดปรอท แยกตะกอนและน้ำออกจากกัน น้ำตะกอนที่ได้ไปผ่านกระบวนการเพื่อนำเงินกลับมาใช้ใหม่ ส่วนน้ำเดิมผงเหล็ก 5.4 มิลลิโมลต่อลิตร ผงเหล็กจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมา ปรอทจะนำอิเล็กตรอนไปใช้ในการรีดิวส์ ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 24 ชั่วโมง จากนั้นกรอง น้ำที่ผ่านการกรองปรับพีเอชให้เป็น 7 ก่อนระบายทิ้ง จากการทดลองพบว่า ปริมาณปรอทที่เหลืออยู่ในน้ำทิ้งเป็น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนตะกอนซิลเวอร์คลอไรด์ที่ได้นำมาแยกเป็นเงินกลับมาใช้ใหม่ได้ในรูปของซิลเวอร์ซัลเฟต ซึ่งวิธีการแตกต่างไปจากวิธีของ Aslam และ Walker

Yuan ^[14] ศึกษาทดลองบำบัดน้ำเสียจากการวิเคราะห์ซีโอดี โดยทำการตกตะกอนและนำตะกอนที่ได้ไปบำบัดโดยใช้หลักการของ Cementation ซึ่งทำจาก Portland cement และ Lime-ricchusk บำบัดโลหะหนักโดยนำน้ำเสียมาปรับพีเอชให้เป็น 2 เพื่อเปลี่ยนจากโครเมียม +6 เป็น +3 เพราะสามารถตกตะกอนในรูปของไฮดรอกไซด์ได้ดี จากนั้นเติม NaHSO₃ อย่างช้า ๆ ใช้เวลาในการผสมสารประมาณ 10 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาตามสมการ



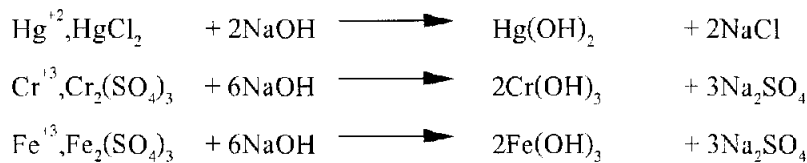
จากนั้นเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนได้พีเอช 8.5 ซึ่งจะเกิดตะกอนดังสมการ



นำตะกอนที่ได้ไปทำ Cementation ผลการทดลองพบว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีปริมาณโลหะหนักน้อยกว่า 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร

Tamura et.al ^[18] ได้ศึกษากระบวนการ Ferrite โดยใช้ FeSO₄·7H₂O ในการบำบัดน้ำเสีย โดยตะกอนจะอยู่ในรูปของ Ferrite น้ำเสียที่นำมาใช้ในการทดลองมาจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ทำโดยเติม FeSO₄·7H₂O ลงในน้ำเสีย ปรับพีเอชให้อยู่ในช่วง 9-11 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อให้เกิดการตกตะกอนได้ดี ปรับอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยการให้น้ำเติมอากาศเพื่อทำให้เกิดการออกซิไดส์ของเหล็กเฟอร์ไรท์ แยกตะกอนออกจากน้ำโดยใช้แม่เหล็ก

พวงรัตน์ แก้วล้อม^[3] ได้ศึกษาเรื่อง “แนวทางการจัดการน้ำเสียซีโอดีใน กรุงเทพมหานคร” น้ำเสียจากการวิเคราะห์ค่าซีโอดี จะมีปริมาณ โปรท โครเมียมและเหล็ก ละลาย อยู่เป็นปริมาณมาก ทำการแยกโลหะเงินออกก่อนโดยใช้โซเดียมคลอไรด์ 2.5 กรัมต่อลิตรแยก โลหะเงินออก โดยการตกผลึกโลหะหนักอื่น ๆ ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์จะได้ตะกอนไฮดรอกไซด์ ดังสมการต่อไปนี้



จากการศึกษาพบว่าสามารถบำบัดน้ำเสียดังกล่าวได้โดยใช้กระบวนการตกผลึกด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ แต่กระบวนการดังกล่าวจะทำให้เกิดตะกอนโลหะหนักที่มีปริมาณโปรท โครเมียม และเหล็ก 18.36, 2.18 และ 1.88 มิลลิกรัมต่อกรัมตามลำดับ โดยประมาณว่าจะมีตะกอน โลหะหนักเกิดขึ้นปีละ 680 กิโลกรัม ตะกอนโลหะหนักดังกล่าวจัดเป็นของเสียอันตรายประเภท หนึ่งซึ่งอยู่ในข่ายสารพิษ จำเป็นต้องนำไปทำลายฤทธิ์ให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมโรงงาน อุตสาหกรรมเสียก่อน จึงสามารถนำไปฝังกลบได้

สุรัตน์ เพชรเกษม^[8] ทำการศึกษาหาวิธีการกำจัดน้ำเสียจากการวิเคราะห์ซีโอดีด้วยวิธีการ ตกตะกอน โดยทำการตกตะกอนเงินด้วยโซเดียมคลอไรด์ เนื่องจากเงินเป็นตะกอนที่มีค่าและ สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และเลือกตกตะกอนโปรทด้วยเฟอร์รัสซัลไฟด์เนื่องจากตะกอนเมอร์คิวริกซัลไฟด์มีความสามารถในการละลายต่ำ คือ 2×10^{-32} และเลือกตกตะกอนโครเมียมและเหล็ก ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เนื่องจากตะกอนโครเมียมและเหล็กตกตะกอนได้ดีในรูปของตะกอน ไฮดรอกไซด์ จากผลการทดลองพบว่า ในการตกตะกอนเงินด้วยโซเดียมคลอไรด์ในน้ำเสีย 1 ลิตร จะต้องใช้โซเดียมคลอไรด์ 4 กรัมที่พีเอช 0, ใช้เฟอร์รัสซัลไฟด์ 3 กรัมที่พีเอช 0.5 เพื่อตกตะกอน โปรท และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ปรับพีเอชให้เป็น 9 เพื่อตกตะกอนโครเมียม น้ำที่ผ่านการบำบัด แล้วจะมีพีเอช 9 เงิน 0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร โปรท 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร และโครเมียมน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

วรารัตน์ กิจชัยบุญกุล^[4] ศึกษาเรื่อง การศึกษาสมบัติทรายดำจากอุตสาหกรรมหล่ออลอม โลหะเพื่อใช้เป็นวัสดุผสมกับปูนซีเมนต์ในการหล่อแข็ง โดยทำการศึกษาถึงสมบัติของฝุ่นทรายดำ ซึ่งเป็นกากของเสียจากอุตสาหกรรมหล่ออลอมโลหะ พบว่าฝุ่นทรายดำจัดเป็นกากของเสียทั่วไป ไม่เข้าข่ายเป็นกากของเสียอันตรายและมีสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลานสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุผสม ร่วมกับปูนซีเมนต์ในการหล่อแข็งได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำฝุ่นทรายดำนี้ไปผสมกับปูนซีเมนต์ที่ อัตราส่วนฝุ่นทรายดำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 80 : 20 ตรงโปรทที่ได้จากการตกตะกอนน้ำทิ้งจากการ

วิเคราะห์ซีไอดีในรูปแบบของเมอร์คิวริคัลไฟด์ โดยปรอทที่สามารถตรึงได้สูงสุดในการทดลองอยู่ที่ 25.29 ไมโครกรัม

อนันท์ ป้อมประสิทธิ์ และวราภรณ์ กิจชัยนุกูล^[9] ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการหล่อแข็งกากของเสียด้วยฝุ่นทรายดำ ซึ่งทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของรูปทรงของก้อนหล่อแข็งระหว่างรูปทรงลูกบาศก์และรูปทรงกระบอก และวิธีการบ่มก้อนหล่อแข็งในน้ำและบ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่มีต่อค่าความสามารถรับกำลังอัด จากการทดลองพบว่าก้อนหล่อแข็งรูปทรงลูกบาศก์ที่บ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ค่าความสามารถรับกำลังอัดได้สูงที่สุด รองลงมาคือก้อนหล่อแข็งรูปทรงลูกบาศก์ที่บ่มในน้ำ ก้อนหล่อแข็งที่ในค่าความสามารถรับกำลังอัดเป็นอันดับสามคือ ก้อนหล่อแข็งรูปทรงกระบอกที่บ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ก้อนหล่อแข็งรูปทรงกระบอกที่บ่มในน้ำให้ค่าความสามารถรับกำลังอัดน้อยที่สุด และสรุปว่าการหล่อแข็งกากของเสียด้วยเทคนิคการหล่อแข็งด้วยปูนซีเมนต์ผสมวัสดุป่อซิโกลานในระดับห้องปฏิบัติการนั้นควรใช้ก้อนหล่อแข็งรูปทรงกระบอกที่บ่มในตู้ควบคุมความชื้น แต่ในระดับโรงงานกำจัดกากควรใช้ก้อนหล่อแข็งรูปทรงลูกบาศก์ที่บ่มในตู้ควบคุมความชื้น ทั้งนี้เพื่อจะได้แน่ใจว่าถึงแม้ก้อนหล่อแข็งรูปทรงกระบอกที่ได้จากการทดลองมีค่าความสามารถรับกำลังอัดที่น้อยกว่าก้อนหล่อแข็งรูปทรงลูกบาศก์ก็ยังสามารถให้ค่าความสามารถรับกำลังอัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดสามารถนำไปฝังกลบได้อย่างปลอดภัย

ในการศึกษาวิจัยนี้เลือกทำการทดลองหล่อแข็งกากตะกอนโครเมียมออกไซด์ที่ได้จากการตกตะกอนโครเมียมในน้ำทิ้งจากการวิเคราะห์ซีไอดีตามวิธีของสุรัตน์ เพชรเกษม จากนั้นทำการหล่อแข็งกากตะกอนโครเมียมปริมาณต่างๆ ด้วยปูนซีเมนต์ผสมฝุ่นทรายดำที่เป็นกากของเสียจากอุตสาหกรรมหล่อหลอมโลหะตามสัดส่วนที่ได้ศึกษาไว้ของวราภรณ์ กิจชัยนุกูล ใช้สภาวะที่เหมาะสมตามผลสรุปของอนันท์ ป้อมประสิทธิ์และวราภรณ์ กิจชัยนุกูล ซึ่งในการทดลองนี้จะนำของผสมไปหล่อเป็นก้อนรูปทรงกระบอกบ่มในน้ำซึ่งจะต้องควบคุมให้มีน้ำแช่ท่วมก้อนหล่อแข็งตลอดช่วงของการบ่ม (ความชื้นคิดเป็นร้อยละ 100 ที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส) และในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 23 ± 2 องศาเซลเซียสและความชื้นร้อยละ 95 ที่อายุการบ่ม 28 วัน ศึกษาเปรียบเทียบค่าความสามารถรับกำลังอัดและค่าการชะละลายของโครเมียมเพื่อยืนยันศักยภาพของการใช้ประโยชน์ฝุ่นทรายดำที่เป็นกากของเสียในการกำจัดกากของเสียอันตราย

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของวิธีการบ่มก้อนหล่อแข็งต่อค่าความสามารถรับกำลังอัดและค่าการชะละลายโครเมียม

1.3.2 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำฝุ่นทรายดำซึ่งเป็นกากของเสียจากอุตสาหกรรมหล่อหลอมโลหะมาใช้เป็นวัสดุผสมร่วมกับซีเมนต์ในการหล่อแข็งเพื่อใช้กำจัดกากตะกอนโครเมียมออกไซด์ที่ได้จากการตกตะกอนน้ำทิ้งจากการวิเคราะห์ซีไอดี

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 ศึกษาเปรียบเทียบผลของวิธีการบ่มก้อนหล่อแข็งที่อายุการบ่ม 28 วัน ต่อค่าความสามารถรับกำลังอัดและค่าการชะละลาย โดยทำการศึกษาค่าความสามารถรับกำลังอัดและค่าการชะละลายโครเมียมของก้อนหล่อแข็งที่บ่มด้วยวิธีการแช่น้ำที่ความชื้นร้อยละ 100 อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส กับวิธีการบ่มในตู้ขึ้นที่ควบคุมความชื้นไว้ที่ร้อยละ 95 อุณหภูมิ 23 ± 2 องศาเซลเซียส

1.4.2 ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำฝุ่นทรายดำซึ่งเป็นกากของเสียจากอุตสาหกรรมหล่อหลอมโลหะผสมร่วมกับซีเมนต์ในการทำกรหล่อแข็งกากตะกอนโครเมียมออกไซด์ที่ได้จากการตกตะกอนน้ำทิ้งจากการวิเคราะห์ซีไอดี โดยทำการหล่อแข็งกากตะกอนโครเมียมออกไซด์ด้วยฝุ่นทรายดำผสมกับปูนซีเมนต์ที่สัดส่วนปูนซีเมนต์ต่อฝุ่นทรายดำต่อปริมาณกากตะกอนเท่ากับ $880 : 220 : 0.14$, $880 : 220 : 0.2$ และ $880 : 220 : 4.0$ โดยน้ำหนัก ทดสอบค่าความสามารถรับกำลังอัดและค่าการชะละลายของก้อนหล่อแข็งที่ได้ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 เป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำฝุ่นทรายดำซึ่งเป็นกากของเสียจากอุตสาหกรรมหล่อหลอมโลหะมาใช้ประโยชน์ด้านการหล่อแข็งในการกำจัดกากของเสียอันตราย

1.5.2 เป็นแนวทางในการบำบัดน้ำทิ้งจากการวิเคราะห์ซีไอดีของห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อม

1.5.3 เป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการจัดทำมาตรฐานในการหล่อแข็งกากอุตสาหกรรมประเภทอื่น ๆ

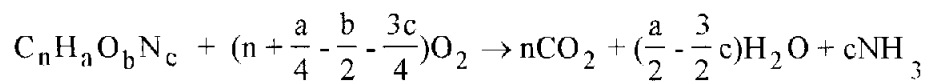
1.6 ระยะเวลาดำเนินการ : ตุลาคม 2542 – มิถุนายน 2543

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 Chemical Oxygen Demand (COD)^[8]

Chemical Oxygen Demand (COD) คือ การวัดค่าความสกปรกของน้ำเสียโดยคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในรูปของ COD อาศัยหลักที่ว่าสารอินทรีย์เกือบทั้งหมด(มียกเว้นบางชนิดเป็นส่วนน้อย) สามารถที่จะถูกออกซิไดซ์โดยตัวเติมออกซิเจนอย่างแรงภายใต้สภาวะที่เป็นกรด สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำทิ้งประมาณ 95-98% จะถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำโดยไม่มีกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีเกิดขึ้น ในขณะที่เดียวกับสารพวกอะมิโนไนโตรเจนจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียไนโตรเจน และสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบก็จะถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรท ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นไปตามสมการ



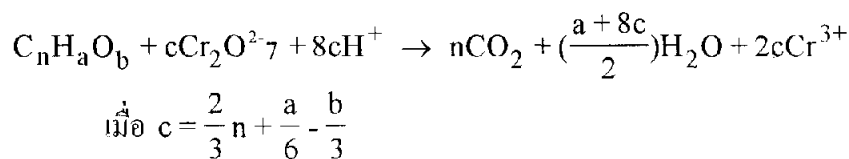
เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา สารละลายก็จะถูกนำมาวิเคราะห์หาปริมาณตัวเติมออกซิเจนที่ใช้ไปเพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการได้

ปกติการวัดความสกปรกของน้ำเสียในรูปของปริมาณความต้องการออกซิเจน (Oxygen Demand) สามารถวัดออกมาได้ทั้งในรูปของ COD หรือ BOD BOD เป็นความต้องการออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 5 วัน ในกรณีนี้สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเช่นกัน ค่า BOD ที่ได้จะบอกถึงความสามารถในการที่สารอินทรีย์ในน้ำทิ้งถูกย่อยสลายได้ดีมากน้อยเพียงใด และบอกถึงความสามารถในการฟอกตัวเอง (Self-purification) ของแหล่งน้ำนั้นด้วย แต่การหาค่า BOD ต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์นานถึง 5 วัน และไม่สามารถวิเคราะห์ได้ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำมีสารที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์เช่น โลหะหนักหรือสารเคมีบางตัว รวมทั้งตัวอย่างน้ำที่มีสารอินทรีย์บางชนิดที่แบคทีเรียไม่สามารถย่อยสลายได้ จึงทำให้การวิเคราะห์ค่า COD มีบทบาทมากขึ้น ค่า COD ที่วิเคราะห์ได้จะมีค่าสูงกว่าค่า BOD ทั้งนี้เนื่องจากได้รวมเอาค่าที่เกิดจากการออกซิไดซ์ของสารอินทรีย์บางตัวที่ไม่สามารถถูกย่อยสลายในทางชีวภาพได้ และค่าที่เกิดจากสารอนินทรีย์บางตัวที่สามารถถูกออกซิไดซ์ด้วยสารเคมีตัวเดียวกันนี้ ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ค่อนข้างแน่นอนกว่าค่า BOD เพราะปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับปริมาณของสารเคมีที่ใช้ ผิดกับค่า BOD ที่ปฏิกิริยาส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับอัตราการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในน้ำทิ้ง ซึ่งการควบคุมทำได้ยากกว่า อย่างไรก็ตามสำหรับตัวอย่างน้ำที่มีคุณลักษณะค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก อาจหาความสัมพันธ์

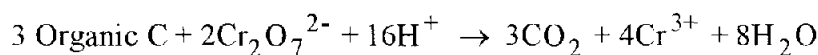
ของค่า BOD กับ COD และใช้ความสัมพันธ์อันนี้ประมาณค่าตัวแปรหนึ่งจากค่าของอีกตัวแปรหนึ่งได้

ตัวเติมออกซิเจน (Oxidizing agents) ที่ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ค่า COD มีอยู่หลายตัว เช่น โพตัสเซียมเปอร์มันกานेट (KMnO_4) เซริคซัลเฟต ($\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$) โพตัสเซียมไอโอเดต (KIO_3) และ โพตัสเซียมไดโครเมต ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) แต่ละตัวมีข้อดีข้อเสียต่างกัน แต่ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ เป็นตัวเติมออกซิเจนที่ดีที่สุด มีความสามารถในการออกซิไดซ์สูง ใช้กับสารอินทรีย์ได้เกือบทุกชนิด และทำให้ปฏิกิริยาดำเนินไปถึงจุดสิ้นสุดได้

การออกซิไดส์สารอินทรีย์ในตัวอย่างน้ำโดยใช้ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ จะเกิดในสภาวะที่เป็นกรดอย่างแรง ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิสูง จึงต้องอาศัยขบวนการกลั่นกลับคืน (Reflux) เพื่อป้องกันการสูญหายไปของสารที่ระเหยได้ที่มีอยู่เดิมในตัวอย่างน้ำหรือที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำปฏิกิริยา ในการวิเคราะห์ต้องเติม Ag_2SO_4 ลงไปเพื่อใช้เป็นตัวเร่งให้สารที่ถูกออกซิไดซ์ได้ยากเช่น Fatty acid straight-chain alcohol & Straight chain acid รวมทั้ง Straight-chain aliphatic compounds ถูกออกซิไดซ์ได้เร็วขึ้น และใช้ HgSO_4 เป็นตัวกำจัดคาร์บอนของพวกคลอไรด์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขบวนการออกซิไดซ์ของสารอินทรีย์โดยใช้ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ เป็นไปตามสมการ



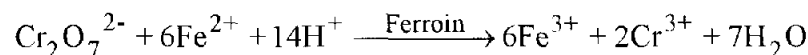
หรือเขียนเป็นสมการง่าย ๆ ดังนี้



ในการวิเคราะห์จะเติมสารละลาย $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ที่ทราบจำนวนแน่นอนที่มากเกินไป หลังจากสิ้นสุดปฏิกิริยาแล้วจะต้องวิเคราะห์หาปริมาณ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ส่วนที่เกินออกมาในการวิเคราะห์หาปริมาณ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ส่วนเกินนี้สามารถกระทำได้ 2 วิธี

วิธีแรก โดยการติเตดกับสารละลายเฟอร์สแอมโมเนียมซัลเฟต

$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ หรือ FAS โดยใช้ Ferroin ($\text{Fe}(\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2)_3$) เป็นอินดิเคเตอร์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในช่วงนี้คือ



โครเมียมอ็อกไซด์ในสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ที่อยู่ในรูปของ Cr^{6+} มีสีเหลืองจะถูกรีดิวซ์ให้เป็น Cr^{3+} ซึ่งมีสีเขียวแทน เมื่อนำมาติเตรตกับเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต โดยใช้ Ferrouin เป็นอินดิเคเตอร์ จนถึงจุดยุติ (End point) เป็นสีน้ำตาลแดง ซึ่งมองเห็นได้ชัดกว่าสีเขียวของเกลือโครมิกที่เกิดขึ้น จากนั้นคำนวณหาปริมาณออกซิเจนที่สมมูลกับสารอินทรีย์ได้

วิธีที่สอง โดยการวัดสี (colorimetric method)

เนื่องจากวิธีการหาปริมาณ $Cr_2O_7^{2-}$ ส่วนที่เกินเพื่อนำมาคำนวณค่า COD โดยการติเตรต มีข้อเสียคือต้องติเตรตหาความเข้มข้น (Standardize) ของเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตทุกครั้งที่ใช้ การติเตรตเสียเวลาและสิ้นเปลืองสารเคมี Guady และ Ramanathan ได้ทดลองใช้ Colorimetric method ในการหาค่า COD โดยทดลอง Reflux สารชนิดต่าง ๆ Standard และ Blank จากนั้นนำมาหาความยาวคลื่น (Wave length) ช่วงที่จะเกิดการดูดกลืน (Absorb) แสงมากที่สุดของสารละลายไดโครเมตที่ถูกรีดิวซ์เป็นบางส่วน โดยใช้ Blank ที่ถูกออกซิไดซ์ เป็นตัวปรับค่า 100% Transmittance จากนั้นก็เปลี่ยนค่าความยาวคลื่นไปเรื่อย ๆ เพื่อหาช่วงที่เหมาะสมมากที่สุด (Optimum wave length) และพบว่าช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสมที่สุดคือ 600 นาโนเมตร ที่ความยาวคลื่นช่วงนี้มีค่าเป็นค่าที่วัดจากโครเมียมในสภาพที่ถูกออกซิไดซ์อย่างสมบูรณ์ (มีสีส้ม) หรือถูกรีดิวซ์อย่างสมบูรณ์ (มีสีเขียว) แต่วัดในสภาพก้ำกึ่งระหว่าง 2 ระยะนี้ และความยาวคลื่นในช่วงนี้เป็นช่วงที่มีการรบกวนระหว่าง Oxidized form และ Reduced form น้อยที่สุด

วิธี Colorimetric นี้จะใช้ได้ผลดีต่อเมื่อตัวอย่างนั้นมีปริมาณคลอไรด์น้อยเพราะคลอไรด์จะเกิดการตกตะกอนกับ Ag_2SO_4 ทำให้เกิดความขุ่นที่จะไปขัดขวางการวัดสีของตัวอย่าง Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 16th edition, ได้กำหนดให้การวัดค่า COD โดยวิธี Closed reflux สามารถใช้วิธีการติเตรตหรือการวัดสีเป็นวิธีมาตรฐาน โดยการวัดสีจะวัดออกมาในรูปของ Dichromate reduction

2.2 เทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียทางเคมี

การบำบัดน้ำเสียมักมีด้วยกันหลายวิธี สามารถเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งในการบำบัดหรือใช้หลายวิธีรวมกันในการบำบัด

2.2.1 การตกตะกอน (Precipitation) ใช้ในการกำจัดฟอสฟอรัสและโลหะหนักในน้ำเสีย โลหะหนักโดยทั่วไปนิยมตกตะกอนในรูปของไฮดรอกไซด์ ด้วยการเติม ปูนขาว หรือ โซดาไฟ ในช่วงพีเอชที่มีค่าความสามารถในการละลายต่ำที่สุด แต่อย่างไรก็ตามสารบางชนิดเป็นได้สองลักษณะคือเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ค่าความสามารถในการละลายจะลดลงเรื่อย ๆ จนถึงจุดที่มีค่า

ความสามารถในการละลายต่ำสุดแต่เมื่อเพิ่มค่าพีเอชไปเรื่อย ๆ ค่าความสามารถในการละลายจะเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 1

2.2.2 การรวมตะกอน (Coagulation) เป็นวิธีการเติมสารเคมีลงไปเพื่อลดประจุที่ผิว ทำให้ตะกอนที่มีขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่รวมตัวกันเป็นตะกอนที่มีขนาดใหญ่และตกตะกอน

2.2.3 การกรอง (Filtration) ใช้ในการกำจัดสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำเสีย เช่นการกรองสารแขวนลอยที่มีอยู่ไม่มากก่อนผ่านเข้าระบบบำบัด หรือใช้ในการแยกตะกอนที่เกิดจากการรวมตัวกันของตะกอนที่มีขนาดเล็กในขั้นตอนการบำบัดทางเคมี หรือการแยกตะกอนในขั้นตอนที่สี่หลังจากผ่านระบบบำบัดทางชีวภาพ

ประสิทธิภาพของการกรองขึ้นอยู่กับ

- ความเข้มข้นและลักษณะของสารแขวนลอย
- คุณลักษณะของตัวกรองและสารที่ช่วยในการกรอง
- วิธีที่ใช้ในการกรอง

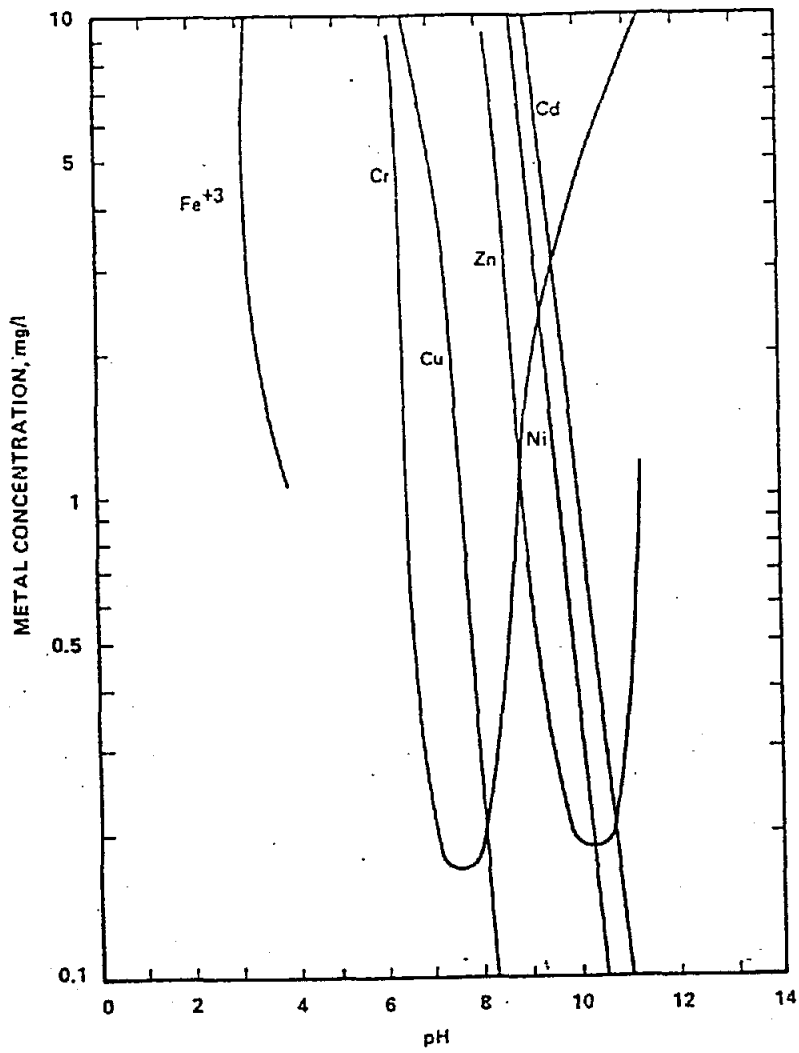
2.2.4 การดูดซับ (Adsorption) ใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์ที่ไม่ค่อยละลายน้ำ ในการบำบัดขั้นที่สี่ และใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้และย่อยสลายไม่ได้ ในขั้นตอนการบำบัดทางเคมีขบวนการดูดซับเกิดขึ้นด้วยแรงดึงดูดของสารดูดซับกับโมเลกุลของสารที่ผ่าน สารดูดซับสามารถดูดซับได้จนกระทั่งสารดูดซับอิ่มตัว แล้วทำการ Regenerate แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น ถ่านกัมมันต์

2.2.5 การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion exchange) เป็นกระบวนการทางเคมีของน้ำเสียที่มีโลหะหนักที่มีประจุบวกหรือสารประกอบที่มีประจุลบ ผ่านเรซินที่มีประจุตรงกันข้ามสารเหล่านั้นจะถูกจับไว้โดยเรซินทำให้น้ำที่ผ่านออกมามีปริมาณสารปนเปื้อนน้อยลง หลังจากใช้เรซินไปสักระยะประสิทธิภาพในการจับของเรซินจะต่ำลง จึงจำเป็นต้องมีการฟื้นฟูประสิทธิภาพ และนำกลับมาใช้อีก

2.2.6 การระเหย (Evaporation) เป็นการให้ความร้อนในการระเหยน้ำออกไป กลายเป็นตะกอน ส่วนมากนิยมใช้พลังงานแสงอาทิตย์

2.2.7 รีเวอร์สออสโมซิส (Reverse osmosis) เป็นกระบวนการแยกของเสียโดยใช้ semipermeable membrane ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้สารบางชนิดผ่านไปได้ จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมคุณภาพน้ำเสียก่อน

Solubility of Metals Versus pH



รูปที่ 1 ความสามารถในการละลายของโลหะกับพีเอช
ที่มา (W.Wesley, 1980)

ในการที่จะเลือกใช้กระบวนการใดในการบำบัดน้ำเสีย ต้องพิจารณาความเหมาะสมต่าง ๆ ดังนี้

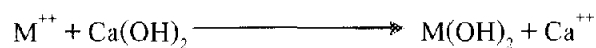
1. ลักษณะของน้ำเสียก่อนบำบัด
2. คุณภาพน้ำที่ต้องการ
3. พื้นที่ที่ต้องใช้ทั้งหมด
4. ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียและตรวจสอบคุณภาพ
5. ความยากง่ายในการเดินระบบและความปลอดภัย
6. ความเป็นไปได้ในการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่

2.3 ประเภทของการตกตะกอน

Wentz ได้แบ่งประเภทการตกตะกอนไว้ใน Hazardous Waste Management โดยแบ่งตามรูปแบบของการตกตะกอนดังนี้

2.3.1 การตกตะกอนในรูปของไฮดรอกไซด์ (Hydroxide precipitation)

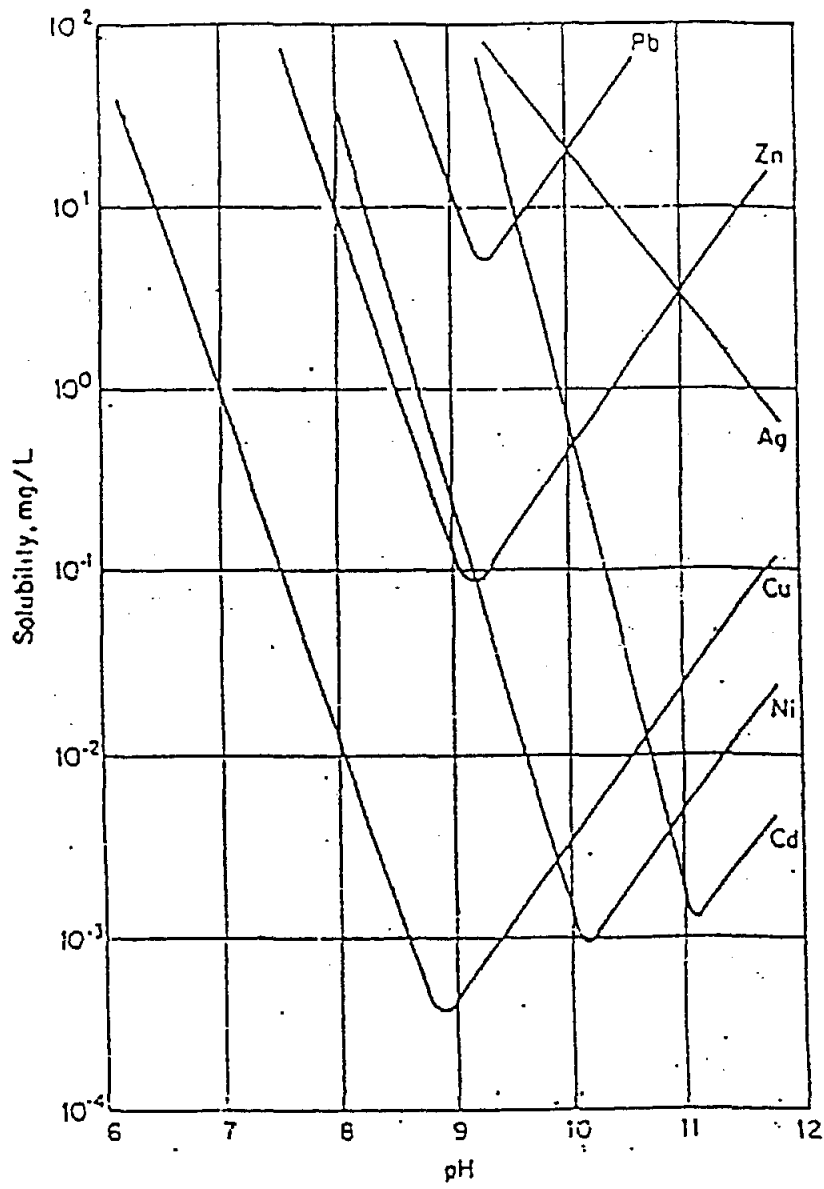
การตกตะกอนในรูปของไฮดรอกไซด์ เป็นการตกตะกอนโดยใช้สารเคมีได้แก่ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นไปตามสมการโดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์



โดยที่ M^{++} คือ โลหะอ็อกไซด์

ช่วงพีเอชที่โลหะส่วนใหญ่ตกตะกอนได้ดี ด้วยไฮดรอกไซด์ อยู่ในช่วง 8-11 การตกตะกอนของโลหะในรูปของตะกอนไฮดรอกไซด์แต่ละช่วงพีเอช แสดงในรูปที่ 2

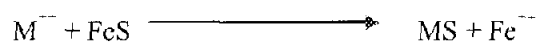
ความสามารถในการตกตะกอนของไฮดรอกไซด์ ขึ้นอยู่กับความสามารถของการละลายของโลหะ สารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอน พีเอชที่ใช้ และสารอื่น ๆ ซึ่งสามารถจัดวางการตกตะกอนตามทฤษฎี ความเข้มข้นของโลหะหลังจากผ่านการตกตะกอนด้วยไฮดรอกไซด์จะมีความเข้มข้นน้อยกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร



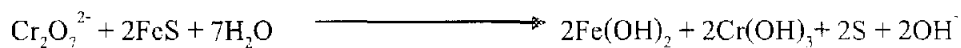
รูปที่ 2 ความสามารถในการละลายของโลหะไฮดรอกไซด์
(US EPA, 1979)

2.3.2 การตกตะกอนในรูปของซัลไฟด์ (Sulfide precipitation)

การตกตะกอนในรูปของซัลไฟด์ เป็นการตกตะกอนโดยใช้สารเคมี ได้แก่ โซเดียมซัลไฟด์ (Na₂S) โซเดียมไฮโดรซัลไฟด์ (NaHS) ซึ่งต้องละลายน้ำได้ดี และ เฟอรัสซัลไฟด์ (FeS) ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นขณะตกตะกอน



โลหะซัลไฟด์มีความสามารถในการละลายน้ำได้ต่ำกว่าโลหะไฮดรอกไซด์ โลหะซัลไฟด์จึงไม่อยู่ในรูป Amphoteric และนอกจากนี้โลหะบางชนิดเช่น โครเมียมสามารถนำมาตกตะกอนได้เลย โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการรีดักชัน ดังสมการ

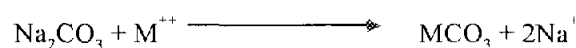


ข้อเสียสำหรับการตกตะกอนในรูปซัลไฟด์คือ การเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) ซึ่งในขณะที่ทำการทดลองต้องควบคุมให้พีเอช มีค่ามากกว่า 8 เพื่อป้องกันก๊าซที่เกิดขึ้น ข้อเสียอีกประการหนึ่งคือ ในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วยังคงมีซัลไฟด์หลงเหลืออยู่ในน้ำ จึงจำเป็นต้องบำบัดก่อนที่จะระบายน้ำทิ้ง ความสามารถในการละลายของโลหะซัลไฟด์ในแต่ละช่วงพีเอช ดังในรูปที่ 3

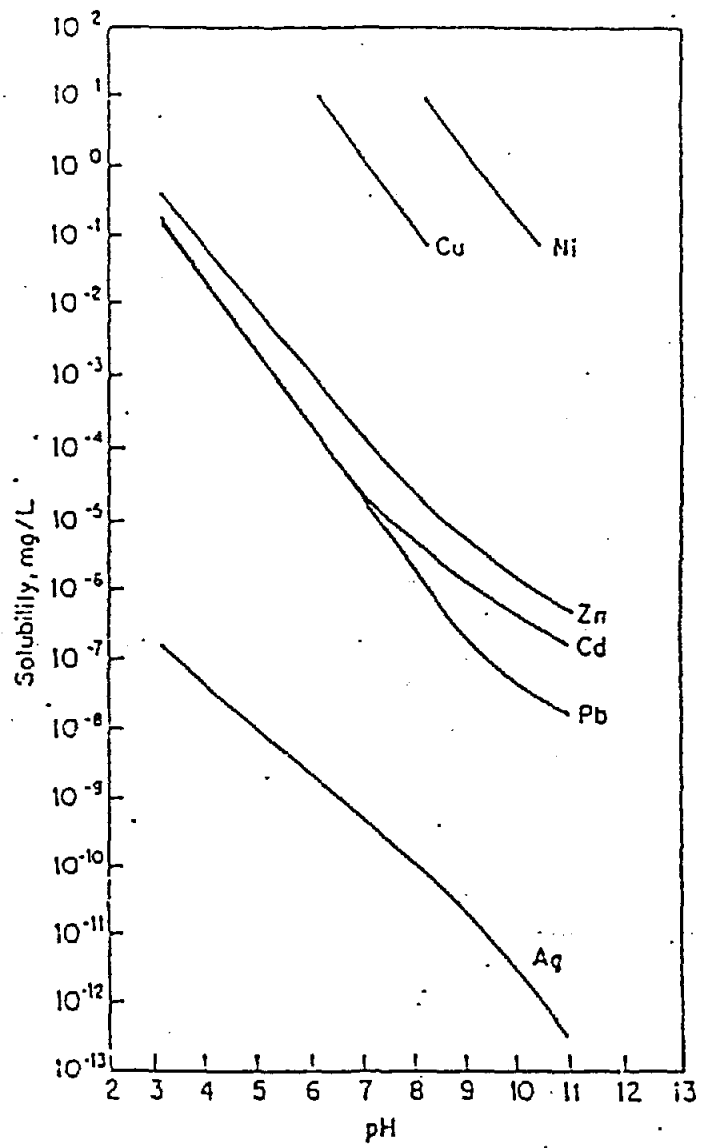
2.3.3 การตกตะกอนในรูปคาร์บอเนต (Carbonate precipitation)

ในการตกตะกอนของโลหะ เช่น แคลเซียม และตะกั่ว การตกผลึกในรูปของคาร์บอเนตให้ผลดีกว่าการตกตะกอนในรูปไฮดรอกไซด์ เนื่องจากสามารถทำได้ในพีเอชที่ต่ำกว่า ในการตกตะกอนรูปคาร์บอเนตของแคลเซียม และตะกั่ว เกิดขึ้นที่พีเอช ประมาณ 7.8-8.5 ในขณะที่การตกตะกอนในรูปของไฮดรอกไซด์ต้องควบคุมพีเอชประมาณ 10 หรือมากกว่านั้น

สารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอน ได้แก่ โซดาแอช หรือ โซเดียมคาร์บอเนต (Na₂CO₃) ดังสมการ



กระบวนการนี้เหมาะสมกับโลหะบางชนิดเท่านั้น เช่น แคลเซียมและตะกั่ว



รูปที่ 3 ความสามารถในการละลายของโลหะซัลไฟด์
(US EPA, 1979)

2.4 กากของเสีย

2.4.1 คำจำกัดความของกากของเสีย (Solid waste)^[7]

กากของเสีย (Solid waste) หมายถึง เศษของเหลือใช้ที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ และถูกทิ้งออกไปสู่ระบบของการจัดการที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม กากของเสียเหล่านี้ ได้แก่ มูลฝอย สิ่งปฏิกูล และของเสียที่เป็นอันตราย ในปัจจุบันมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการกากของเสียเหล่านี้หลายฉบับ ได้แก่ พระราชบัญญัติสาธารณสุข พ.ศ. 2484 พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 และพระราชบัญญัติวัตถุพิษ พ.ศ. 2510 ซึ่งได้มีการออกข้อบัญญัติภายใต้กฎหมายดังกล่าว เช่น ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2513 ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 25 พ.ศ. 2531 ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 57 พ.ศ. 2533 ตลอดจนกฎหมายและข้อบัญญัติที่ประกาศใช้ภายใต้พระราชบัญญัติฉบับอื่น ๆ อีก

คำจำกัดความของกากของเสียที่สำคัญได้แก่

มูลฝอย หมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า เศษวัสดุและซากสัตว์ รวมตลอดวัสดุอื่น ๆ ใด ซึ่งเก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น ๆ

สิ่งปฏิกูล หมายถึง อุจจาระและปัสสาวะ รวมตลอดถึงวัสดุอื่นใดซึ่งเป็นสิ่งสกปรก โสโครกและมีกลิ่นเหม็น

ของเสียที่เป็นอันตราย หมายถึง ของเสียหรือสิ่งของที่เจือปนด้วยของเสียที่มีปริมาณความเข้มข้นหรือสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี หรืออื่น ๆ ที่อาจเป็นสาเหตุให้เกิดการตายหรือการเจ็บป่วย ทั้งที่รักษาได้และรักษาไม่ได้ ตลอดจนทำให้เกิดหรือมีแนวโน้มจะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม เมื่อไม่ได้มีการจัดการที่เหมาะสมในการบำบัด เก็บกัก หรือกำจัด

2.4.2 การจัดประเภทกากของเสีย

การจำแนกประเภทกากของเสียว่าเป็นกากของเสียทั่วไปหรือกากของเสียอันตราย ทำการทดสอบจำแนกประเภทของกากของเสีย โดยทดสอบการชะละลายของโลหะหนักตามวิธีของประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม แล้วทำการตรวจสอบหาปริมาณโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ดังนี้ คือ ซิลเวอร์ (Ag) อาร์เซนิก (As) แบเรียม (Ba) แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) เมอร์คิวรี (Hg) ตะกั่ว (Pb) และซีลีเนียม (Se) เพื่อเปรียบเทียบค่าที่วิเคราะห์ได้จากกากของเสียตัวอย่างกับค่ามาตรฐานตามตารางที่ 2 ถ้าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างกากของเสียน้อยกว่าค่ามาตรฐาน แสดงว่า

กากของเสียเป็นกากของเสียทั่วไป (Non-hazardous waste) แต่ถ้าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่าง กากของเสียมากกว่าค่ามาตรฐาน แสดงว่าเป็นกากของเสียอันตราย (Hazardous waste)

ตารางที่ 2 ค่ามาตรฐานของโลหะหนักในน้ำสกัด^[4]

ลำดับ	ชื่อสาร	ค่ามาตรฐาน(mg/l)	
		US EPA	กรมโรงงานอุตสาหกรรม
1.	อาร์เซนิก (As)	5.0	5.0
2.	แบเรียม (Ba)	100.0	100.0
3.	แคดเมียม (Cd)	1.0	1.0
4.	โครเมียม (Cr)	5.0	5.0
5.	ตะกั่ว (Pb)	5.0	5.0
6.	เมอร์คิวรี (Hg)	0.2	0.2
7.	ซีลีเนียม (Se)	1.0	1.0
8.	ซิลเวอร์ (Ag)	10.0	10.0

2.5 การหล่อแข็ง^[4]

2.5.1 เทคนิคการหล่อแข็ง

การหล่อแข็งไม่ใช่วิธีการกำจัดของเสีย แต่เป็นการเปลี่ยนรูปของเสียให้คงทนต่อสภาวะแวดล้อมเพื่อนำไปใช้ประโยชน์หรือลดความเป็นพิษลง การหล่อแข็งเป็นกระบวนการที่ใช้ก่อนการกำจัดขั้นสุดท้ายของกระบวนการบำบัดทั้งหมด ซึ่งการหล่อแข็ง เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดโดยเกิดพันธะทางเคมีหรือการตรึง (Fixate) หรือการกักเก็บ (Encapsulate) ของเสียไว้ภายในโครงสร้างของของแข็งที่เกิดขึ้น วิธีการตรึงทำได้ทั้งทางเคมีและทางกายภาพ โดยนำของเสียมาผสมกับสารหรือวัสดุที่สามารถจับตัวกันเป็นของแข็งได้ ส่วนการกักเก็บเป็นวิธีการทางกายภาพโดยใช้สารห่อหุ้มของเสียไว้ภายใน

จุดประสงค์ของทั้ง 2 วิธีข้างต้นเพื่อทำให้ของเสียอยู่ในสภาวะที่น้อยต่อปฏิกิริยากงทนต่อสภาวะแวดล้อม ลดการซึมผ่านของของเสียหรือรั่วไหลออกสู่ภายนอกได้น้อยและของแข็งที่ได้สามารถรับกำลังอัดหรือมีความแข็งแรงพอสมควร สามารถนำไปกลบฝังได้

กระบวนการหล่อแข็งที่ใช้ในการบำบัดของเสีย ประกอบไปด้วย

1. Cement - based techniques
2. Lime - based techniques
3. Thermoplastic techniques (Bitumen , Paraffin หรือ Polyethylene)
4. Thermosetting techniques (Organic polymer)
5. Encapsulation techniques
6. Self - cementing (Pozzolan) techniques
7. Glassification

วิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 เป็นกระบวนการที่นิยมใช้กันทั่วไป วัสดุหาได้ง่าย ราคาถูกและใช้ได้กับของเสียที่เป็นสารอนินทรีย์ (Inorganic waste) หลายชนิด เช่น โลหะหนักต่าง ๆ เป็นต้น สำหรับกระบวนการอื่น ๆ เป็นกระบวนการที่ใช้กับของเสียที่เป็นปัญหามาก ๆ เช่นกากกัมมันตภาพรังสี (Radioactive waste) หรือของเสียที่มีสารอินทรีย์อยู่สูง รวมทั้งมีราคาในการบำบัดสูงจึงไม่เป็นที่นิยมใช้ในการบำบัดของเสียทั่วไป

ในการศึกษานี้เป็นการหล่อแข็งโดยใช้ Cement - based techniques ดังนั้นจึงจะขอกล่าวถึงเฉพาะเทคนิคนี้

2.5.2 Cement - based techniques

เป็นกระบวนการที่ใช้ปูนซีเมนต์ผสมร่วมกับวัสดุปอซโซลานอื่น ๆ เช่น ขี้เถ้าลอย ขี้เถ้าแกลบหรือฝุ่นซีเมนต์ เพื่อเพิ่มสมบัติทางกายภาพและลดการรั่วไหลจากก้อนหล่อแข็งที่ได้ เทคนิคนี้สามารถใช้กับของเสียที่มีสารอินทรีย์ปนอยู่ได้สูงถึง 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำไปกลบฝังได้อย่างปลอดภัยจึงทำให้วิธีการหล่อแข็งเป็นที่นิยมในการบำบัดกากตะกอนโลหะหนักทั่วไป

การนำกากของเสียแต่ละชนิดมาบำบัดด้วยวิธีการหล่อแข็ง จำเป็นต้องผ่านการทดสอบศักยภาพในการหล่อแข็งที่เหมาะสม กากของเสียที่สามารถนำมาบำบัดด้วยวิธีนี้ได้แก่ เศษโลหะ (Steelmill) ของเสียจากโรงงานชุบโลหะและหลอมตะกั่ว ของเสียจากโรงฟอกย้อม จากหอหล่อเย็น ถ้ำจากเตาเผาของเสีย คะตะไลส์ที่เสื่อมสภาพ ออกไซด์ที่เสื่อมสภาพ กากตะกอนจากโรงงานผลิตอาหาร กากแรมและกากตะกอนจากเครื่องกำจัดก๊าซ (Gas scrubber)

กากของเสียในอุตสาหกรรมการชุบโลหะส่วนใหญ่เป็นไอออนของโลหะหนักซึ่งมีความเป็นพิษต้องบำบัดด้วยการตกตะกอนสารประกอบเป็นอมอร์ฟัส (Amorphous) ในรูปไฮดรอกไซด์ที่ไม่ละลายน้ำในช่วง pH 9 - 11 ถ้าต้องการกากตะกอนในรูปผลึก (Crystallize) ต้องมีการหนึ่ยวน้ำ จึงจะได้ตะกอนในรูปของแข็งกึ่งเหลว (Gel) หรืออมอร์ฟัส สำหรับไอออนประจุลบ (Anions) อาจเติมสารเคมีบางชนิดลงไปเพื่อเปลี่ยนให้อยู่ในรูปสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ ไอออน

ประจุลบที่พบส่วนมากได้แก่ ซัลเฟต (SO_4^{2-}) และคลอไรด์ (Cl) วิธีการบำบัดให้ได้ผลคือ การสกัดเก็บและแยกออกในรูปของเกลืออออนลบที่ไม่ละลายน้ำ

กากของเสียอันตรายที่ไม่ติดไฟส่วนมากนำมาบำบัดด้วยการหล่อแข็ง สำหรับของเสียที่ไม่ควรนำมาบำบัดด้วยวิธีการหล่อแข็งได้แก่ของเสียที่เกิดจากน้ำมัน (Oily wastes) ตัวทำละลาย (Solvent) สี (Paint) และยาฆ่าแมลง (Pesticide) เพราะของเสียดังกล่าวไม่เกิดพันธะเคมีกับตัวประสาน สารเคมีบางชนิด จะเป็นตัวหน่วงในการแข็งตัวของก้อนหล่อแข็ง ถ้าหากแข็งตัวเร็ว อาจทำให้เครื่องมือเสียหาย หรือหากแข็งตัวช้าการแข็งตัวจะไม่สมบูรณ์ เช่น กากของเสียที่มีความเข้มข้นของซัลเฟตสูง เมื่อนำมาหล่อแข็งด้วยซีเมนต์ จะเกิดการบวมเนื่องจากการขยายตัวที่เกิดจากน้ำ

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ

การศึกษาการใช้ประโยชน์จากผู้ทรายนำเพื่อกำจัดกากตะกอนโครเมียมมีวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีดำเนินการ ดังต่อไปนี้

3.1 ตัวอย่าง

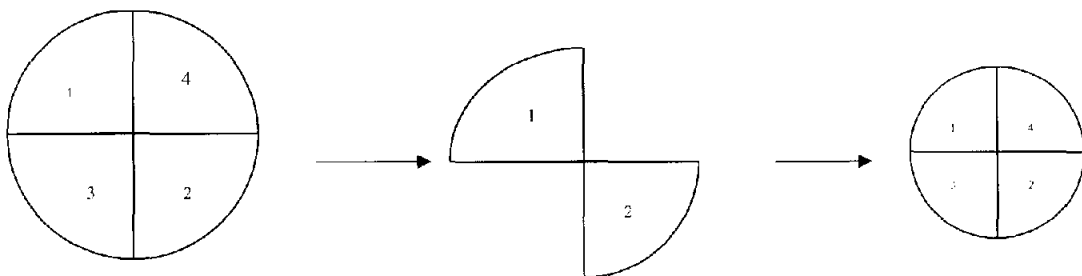
3.1.1 แหล่งที่มาของตัวอย่าง

- ตัวอย่างผู้ทรายนำ : บริษัท นวโลหะอุตสาหกรรม จำกัด ตั้งอยู่ที่ 19 หมู่ 3 ถนน สุวรรณศร ตำบลบัวลอย อำเภอหนองแค จังหวัด สระบุรี

- ตัวอย่างกากตะกอนโครเมียม : กลุ่มงานสิ่งแวดล้อม กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ ตั้งอยู่ที่ 75/7 ถนนพระราม 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

3.1.2 การเก็บตัวอย่าง

-ผู้ทรายนำ : การสุ่มตัวอย่าง ทำการสุ่มตัวอย่างด้วยวิธีแบ่งสี่ (Quartering) เพื่อให้ได้ตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกันและสามารถใช้เป็นตัวแทนของตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ โดยนำตัวอย่างประมาณ 100 กิโลกรัมคลุกเคล้าให้เข้ากันแบ่งออกเป็น 4 ส่วน นำตัวอย่าง 2 ส่วนที่กองอยู่ตรงข้ามกันมารวมกันแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากัน นำตัวอย่าง 2 ส่วนที่เหลือทิ้งไป ทำเช่นนี้จนกระทั่งเหลือตัวอย่างประมาณ 10 กิโลกรัม นำตัวอย่างไปทำการหล่อแข็งตามสัดส่วนที่กำหนด การสุ่มตัวอย่างด้วยวิธีแบ่งสี่ทำได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การทำ Quartering

- ตัวอย่างกากตะกอน โครเมียม ได้จากการตกตะกอนน้ำทิ้งจากการวิเคราะห์ซีไอ ดี จากห้องปฏิบัติการกลุ่มงานสิ่งแวดล้อม กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ มี สมบัติดังตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ความเข้มข้นของโครเมียมในกากตะกอนที่ใช้ในการหล่อแข็ง

ตัวอย่างที่	ปริมาณ โครเมียมในน้ำสกัด (กรัมต่อลิตรน้ำสกัด)	ปริมาณโครเมียมในกากตะกอน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตะกอนแห้ง)
1	1.30	26,073
2	1.28	25,635
3	1.26	25,194
4	1.35	26,959
5	1.26	25,295
6	1.27	25,407
7	1.26	25,208
ค่าเฉลี่ย	1.28	25,682

ตารางที่ 4 ปริมาณกากตะกอนโครเมียมที่เติมในส่วนผสมของปูนซีเมนต์ต่อฝุ่นทรายค่าเท่ากับ 20 ต่อ 80

ตัวอย่างที่	ปริมาณปูนซีเมนต์ (กรัม)	ปริมาณฝุ่นทรายค่า (กรัม)	ปริมาณกากตะกอน (กรัม)	ปริมาณโครเมียม (ไมโครกรัมต่อกรัมส่วนผสม)
1	220	880	0.14	3.27
2	220	880	0.2	4.67
3	220	880	4.0	93.05

3.2 วัสดุ อุปกรณ์

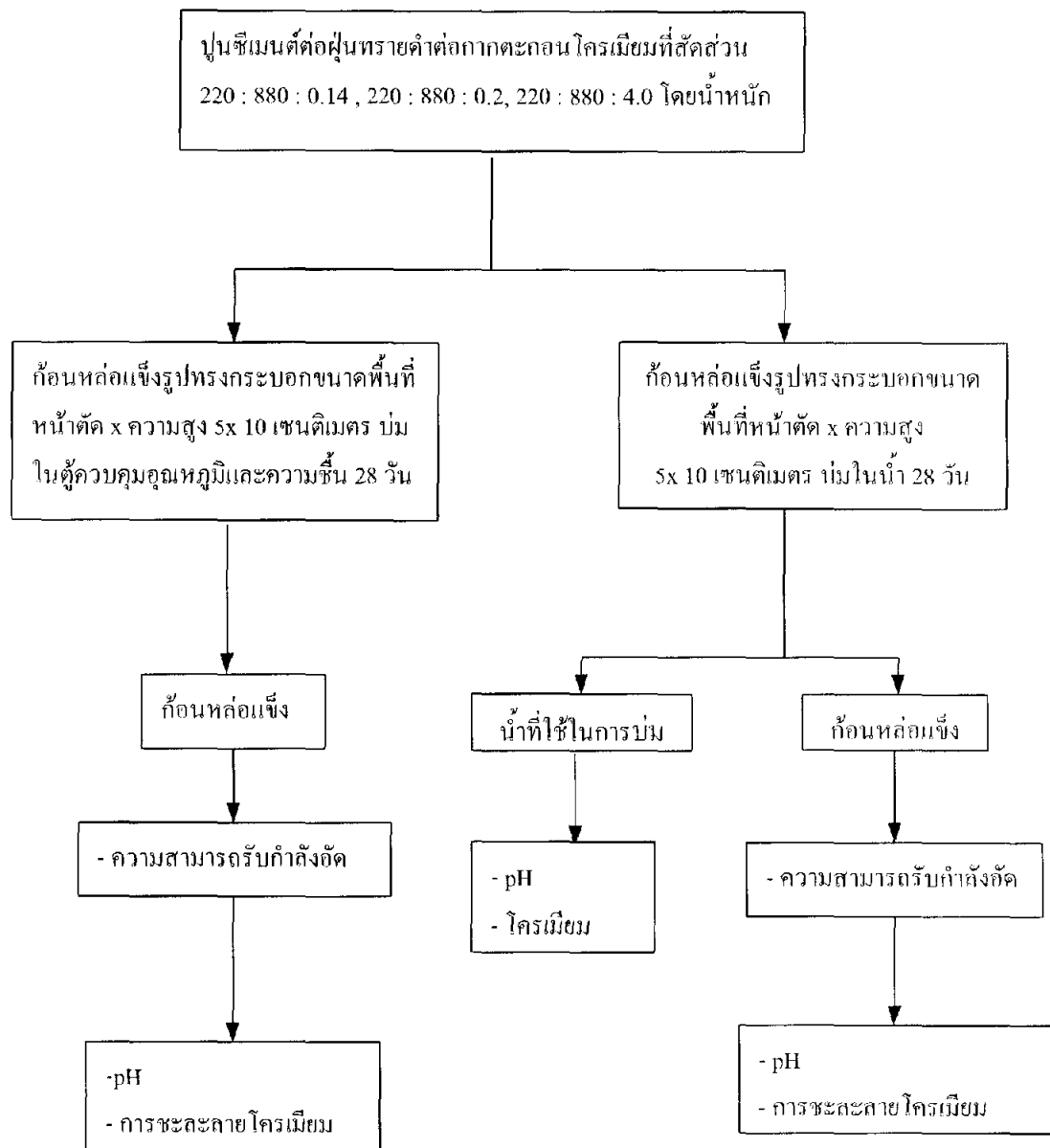
- 3.2.1 ตะแกรงคัดขนาด (ขนาดเล็กกว่า 9.5 มิลลิเมตร)
- 3.2.2 เครื่องชั่งความละเอียด 0.01 กรัม
- 3.2.3 บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร
- 3.2.4 แบบหล่อรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางxความสูงเท่ากับ 5 x 10 เซนติเมตร
- 3.2.5 เกรียง
- 3.2.6 แท่นทดสอบหาอัตราการใช้ไฮลัค
- 3.2.7 แท่งกระทิง ตามมอก.15 เล่ม 12-2533 ^[6]
- 3.2.8 เครื่องทดสอบความสามารถรับแรงอัด
- 3.2.9 เครื่องผสมปูนซีเมนต์
- 3.2.10 ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น
- 3.2.11 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
- 3.2.12 เครื่องวัดสารปริมาณน้อย (Atomic Absorption Spectrophotometer,AAS)
- 3.2.13 เครื่องเขย่าแบบ Rotary agitator
- 3.2.14 กระดาษกรองGF/F
- 3.2.15 ขวดสำหรับใช้ในการเขย่าขนาด 2 ลิตรพร้อมฝาปิด
- 3.2.16 ชุดกรอง 1 ชุด
- 3.2.17 แผ่นให้ความร้อน (Hot plate)
- 3.2.18 ขวดรูปชมพู่
- 3.2.19 ขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร
- 3.2.20 กรวยแก้ว
- 3.2.21 ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์
- 3.2.22 ฟันทรายดำ
- 3.2.23 กากตะกอนโครเมียมออกไซด์

3.3 สารเคมี

- 3.3.1 สารละลายบัฟเฟอร์ pH 4.00, 7.00 และ 10.0
- 3.3.2 สารละลายมาตรฐานโครเมียม
- 3.3.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์

3.3 วิธีดำเนินการ

วิธีดำเนินการมีขั้นตอนการศึกษาโดยสรุปดังแสดงในรูปที่ 5 แผนภูมิขั้นตอนการศึกษา สำหรับรายละเอียดในการศึกษามีดังต่อไปนี้



รูปที่ 5 แผนภูมิขั้นตอนการศึกษา

3.3.1 ศึกษาเปรียบเทียบค่าความสามารถรับกำลังอัดของก้อนหล่อแข็งที่สัดส่วนต่าง ๆ

ศึกษาเปรียบเทียบค่าความสามารถรับกำลังอัดของก้อนหล่อแข็งที่อายุการบ่ม 28 วัน บ่มในน้ำและตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่สัดส่วนต่าง ๆ ของปูนซีเมนต์ต่อฝุ่นทรายต่อ กากตะกอนโครเมียมที่ได้จากตกตะกอนโครเมียมจากการวิเคราะห์ซีไอดังนี้ 220 : 880 : 0.14, 220 : 880 : 0.2 และ 220 : 880 : 4.0 โดยน้ำหนัก

3.3.2 ศึกษาเปรียบเทียบการชะละลายของโครเมียมจากก้อนหล่อแข็งที่อายุการบ่ม 28 วัน ที่บ่มด้วยวิธีการแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียสความชื้นร้อยละ 100 และในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 23 ± 2 องศาเซลเซียสและความชื้นที่ร้อยละ 95

นำก้อนหล่อแข็งที่ผ่านการทดสอบความสามารถรับกำลังอัดแล้วมาทำการ ศึกษาเปรียบเทียบค่าการชะละลายของโครเมียมของก้อนหล่อแข็งที่ได้จากการบ่มในน้ำและบ่มใน ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยวิธีการสกัดสารตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ.2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุ ที่ไม่ใช่แล้ว^[2] และหาปริมาณโครเมียมและค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในน้ำที่ใช้ในการบ่มก้อน หล่อแข็ง

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การศึกษาการใช้ประโยชน์จากฝุ่นทรายดำในการหล่อแข็งกากตะกอนโครเมียมในน้ำทิ้งจากการวิเคราะห์ซีไอดี ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 ค่าความสามารถรับกำลังอัดของก้อนหล่อแข็งรูปทรงกระบอกที่บ่มในน้ำและตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่อายุการบ่ม 28 วัน

ปูนซีเมนต์ต่อฝุ่นทรายดำต่อกากตะกอน (กรัม)	ความสามารถรับกำลังอัด (กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)	
	บ่มในน้ำ	บ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น
220 : 880 : 0.14	110	132
220 : 880 : 0.20	96	105
220 : 880 : 4.0	92	103

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอช และปริมาณ โครเมียม ในตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการบ่มก้อนหล่อ
แข็งภายหลังจากการบ่มก้อนหล่อแข็งที่อายุ 28 วัน

ปูนซีเมนต์ต่อฝุ่นทรายต่อกากตะกอน (กรัม)	pH ที่วัดได้	Cr (mg/l)
220 : 880 : 0	ก้อนที่ 1	ไม่พบ
	ก้อนที่ 2	ไม่พบ
	ก้อนที่ 3	ไม่พบ
	ค่าเฉลี่ย	ไม่พบ
220 : 880 : 0.14	ก้อนที่ 1	ไม่พบ
	ก้อนที่ 2	ไม่พบ
	ก้อนที่ 3	ไม่พบ
	ค่าเฉลี่ย	ไม่พบ
220 : 880 : 0.20	ก้อนที่ 1	ไม่พบ
	ก้อนที่ 2	ไม่พบ
	ก้อนที่ 3	ไม่พบ
	ค่าเฉลี่ย	ไม่พบ
220 : 880 : 4.0	ก้อนที่ 1	ไม่พบ
	ก้อนที่ 2	ไม่พบ
	ก้อนที่ 3	ไม่พบ
	ค่าเฉลี่ย	ไม่พบ

ตารางที่ 7 ค่าการชะละลายโครเมียมจากก้อนหล่อแข็งที่บ่มในน้ำและบ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ที่สกัดด้วยปูนซีเมนต์ต่อทรายค่าต่อปริมาณกากโครเมียมต่าง ๆ อายุบ่ม 28 วัน

ปูนซีเมนต์ต่อฝุ่นทรายค่าต่อ กากตะกอน (กรัม)		ค่าการชะละลายโครเมียมจากก้อนหล่อแข็ง(มิลลิกรัมต่อลิตร)	
		บ่มในน้ำ	บ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น
220 : 880 : 0	ก้อนที่ 1	ไม่พบ	ไม่พบ
	ก้อนที่ 2	ไม่พบ	ไม่พบ
	ก้อนที่ 3	ไม่พบ	ไม่พบ
	เฉลี่ย	ไม่พบ	ไม่พบ
220 : 880 : 0.14	ก้อนที่ 1	ไม่พบ	ไม่พบ
	ก้อนที่ 2	ไม่พบ	ไม่พบ
	ก้อนที่ 3	ไม่พบ	ไม่พบ
	เฉลี่ย	ไม่พบ	ไม่พบ
220 : 880 : 0.2	ก้อนที่ 1	ไม่พบ	ไม่พบ
	ก้อนที่ 2	ไม่พบ	ไม่พบ
	ก้อนที่ 3	ไม่พบ	ไม่พบ
	เฉลี่ย	ไม่พบ	ไม่พบ
220 : 880 : 4.0	ก้อนที่ 1	ไม่พบ	ไม่พบ
	ก้อนที่ 2	ไม่พบ	ไม่พบ
	ก้อนที่ 3	ไม่พบ	ไม่พบ
	เฉลี่ย	ไม่พบ	ไม่พบ

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 วิจารณ์

ในการศึกษาการใช้ประโยชน์ฝุ่นทรายดำในการหล่อแข็งโครเมียมในน้ำทิ้งจากการวิเคราะห์ซีโอดี เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำจัดโลหะหนักที่เป็นอันตรายประเภทอื่นๆ โดยวิธีการหล่อแข็งด้วยสารประสาน ใช้สัดส่วนปูนซีเมนต์ต่อฝุ่นทรายดำต่อกากตะกอนโครเมียม ดังนี้ 220 ต่อ 880 ต่อ 0.14, 220 ต่อ 880 ต่อ 0.2 และ 220 ต่อ 880 ต่อ 4.0 ความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของโครเมียมในกากตะกอนแห้งที่ใช้เท่ากับ 25,682 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตะกอนแห้ง ทำการหล่อแข็งก้อนตัวอย่างเป็นรูปทรงกระบอกและนำไปบ่มในสภาวะที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ วิธีการบ่มในน้ำและวิธีบ่มด้วยตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น พบว่าที่สัดส่วนต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาสามารถกำจัดโครเมียมได้ เนื่องจากผลการวิเคราะห์ค่าการชะละลายโครเมียมของก้อนหล่อแข็งผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด ซึ่งความเข้มข้นของโครเมียมที่ใช้สูงสุดเท่ากับ 93.05 ไมโครกรัมต่อกรัมส่วนผสม พิเศษของก้อนหล่อแข็งลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณกากตะกอนโครเมียมที่เป็นขี้เถ้า เพราะ การเพิ่มปริมาณกากตะกอนโครเมียมทำให้มีมวลเพิ่มขึ้นในขณะเดียวกันสัดส่วนของปูนซีเมนต์ที่มีฤทธิ์เป็นด่างต่อมวลรวมลดลง และจากผลการทดลองดังกล่าวสามารถนำไปศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของโครเมียมสูงสุดที่สามารถกำจัดได้ด้วยวิธีการนี้ นอกจากนี้จะเห็นว่าวิธีการบ่มก้อนหล่อแข็งในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเป็นวิธีการที่เหมาะสมกว่าวิธีการบ่มในน้ำ ในแง่ของค่าความสามารถรับกำลังอัด การควบคุมสภาวะในการบ่มและปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น เนื่องจากวิธีการบ่มก้อนหล่อแข็งในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ค่าความสามารถรับกำลังอัดที่สูงกว่าและไม่มีปัญหาอันเนื่องมาจากน้ำที่เหลือทิ้งจากการบ่มตัวอย่างซึ่งเป็นการเพิ่มภาระในการจัดการน้ำเสียที่เกิดขึ้นนอกจากนี้การบ่มด้วยน้ำจะไม่สามารถควบคุมสภาวะการบ่มให้คงที่ได้ แต่หากพิจารณาในแง่ของค่าการชะละลายโครเมียมแล้วจะเห็นว่าวิธีการบ่มทั้ง 2 วิธีสามารถใช้ได้เนื่องจากให้ผลการทดลองไม่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าโครเมียมจะสามารถละลายได้ดีในช่วงพีเอช มากกว่า 12 แต่จากผลการวิเคราะห์ค่าโครเมียมในน้ำที่ใช้บ่มก้อนหล่อแข็งก็ยังคงตรวจไม่พบปริมาณโครเมียม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกระบวนการหล่อแข็งโครเมียมเกิดพันธะทางเคมีภายในโครงสร้างของของแข็งที่เกิดขึ้น แต่เนื่องจากตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นมีราคาแพงและต้องทำการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ หากพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในการบำบัดแล้วการบ่มด้วยน้ำจะประหยัดกว่าการบ่มด้วยตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น อย่างไรก็ตามในแง่ของการรักษาคุณภาพของสิ่งแวดล้อมการบ่มด้วยตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นจะให้ดีกว่าการบ่มด้วยน้ำ

5.2 สรุป

จากผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ผู้ทรงรายค่าในการหล่อแข็งโครเมียมในน้ำทิ้งจากการวิเคราะห์ซีไอดี สรุปผลได้ดังต่อไปนี้

5.2.1 การหล่อแข็งด้วยการบ่มในน้ำสามารถนำมาใช้ในการหล่อแข็งโครเมียมได้ เพราะตรวจไม่พบค่าการชะละลายของโครเมียมทั้งในน้ำที่ใช้แช่และก้อนหล่อแข็งที่ได้จากการบ่มด้วยวิธีนี้

5.2.2 ก้อนหล่อแข็งที่ได้จากการบ่มทั้ง 2 วิธี ให้ค่าความสามารถรับกำลังอัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการฝังกลบ

5.2.3 ค่าการชะละลายของโครเมียมของทุกๆ สัดส่วนที่ใช้ในการทดลองมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

5.2.4 ความสามารถสูงสุดในการกำจัดโครเมียมที่ใช้สูงสุดในการทดลองครั้งนี้ คือ 93.05 ไมโครกรัมต่อกรัมส่วนผสม

5.2.5 การหล่อแข็งจากตะกอนโครเมียมไฮดรอกไซด์ที่ได้จากการตกตะกอนโครเมียมในน้ำทิ้งจากการวิเคราะห์ซีไอดีโดยใช้ผู้ทรงรายค่าสามารถใช้เป็นวิธีการกำจัดโครเมียมได้และสามารถนำก้อนหล่อแข็งที่ได้ไปฝังกลบได้อย่างปลอดภัย

5.2.6 ปลอดภัยจากกากเหลือทิ้งที่มีโครเมียมเป็นส่วนประกอบ

5.3 ข้อเสนอแนะ

ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงการเพิ่มปริมาณกากตะกอนโครเมียมที่เติมลงในส่วนผสม ทั้งนี้เพราะไม่ว่าจะพิจารณาในแง่ของค่าความสามารถรับกำลังอัดหรือค่าการชะละลายของโครเมียม ก้อนหล่อแข็งที่ได้จากการทดลองล้วนแต่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งสิ้น ดังนั้นปูนซีเมนต์ผสมผู้ทรงรายค่าที่สัดส่วนนี้จึงสามารถที่จะตรึงโครเมียมได้ในปริมาณที่สูงกว่าที่ใช้ในการศึกษาทดลอง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้อำนวยการกองฟิสิกส์และวิศวกรรม หัวหน้ากลุ่มงานฟิสิกส์และวิศวกรรมทั่วไป 2 หัวหน้ากลุ่มงานสิ่งแวดล้อม กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำด้านเทคนิคและความรู้ด้านวิชาการต่างๆ ขอขอบคุณอนันท์ ป้อมประสิทธิ์ นักวิทยาศาสตร์ 6ว กลุ่มงานฟิสิกส์และวิศวกรรมทั่วไป 2 ที่ให้ความช่วยเหลือด้านการวิเคราะห์ คุณสุรัตน์ เพชรเกษม นักวิทยาศาสตร์ 6ว ให้ความอนุเคราะห์ภาคตะกอนโครเมียมที่ใช้ในงานวิจัย เจ้าหน้าที่และบรรณารักษ์ กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการที่ช่วยเหลือค้นคว้าเอกสารและข้อมูลที่เป็นต่างๆ บริษัท นวโลหะอุตสาหกรรม จำกัด ที่เอื้อเฟื้อตัวอย่างฝุ่นทรายดำที่ใช้ในงานวิจัย รวมถึงผู้ร่วมงานที่ให้ความช่วยเหลือด้านงานพิมพ์เอกสารและผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนามที่มีส่วนเกี่ยวข้องในผลงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

1. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดวิธีการเก็บ
ทำลายฤทธิ์ กำจัด ฟัง ทิ้ง เคลื่อนย้ายและการขนส่งสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว
(ฉบับที่ 1). 2531. 7 หน้า.
2. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือ
วัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (ฉบับที่ 6). 2540. 44 หน้า.
3. พวงรัตน์ แก้วล้อม. แนวทางการจัดการน้ำเสียซีโอดีในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์
หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.
4. วราภรณ์ กิจชัยนุกูล. การศึกษาสมบัติทรายค่าจากอุตสาหกรรมหล่อหลอมโลหะเพื่อใช้เป็น
วัสดุผสมกับปูนซีเมนต์ในการหล่อแข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2541.
หน้า 24-25.
5. ฝ่ายทะเบียนและสถิติโรงงานอุตสาหกรรม กองควบคุมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม.
สถิติโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ.2542. 2542
6. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มอก.15 เล่ม 12-2533 : ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์,
2533. 18 หน้า.
7. สุนี ปิยะพันธุ์พงศ์. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรระยะ(การวิเคราะห์). ศูนย์วิจัยและ
ฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม. 2535. หน้า(3-1) – (3-2).
8. สุรัตน์ เพชรเกษม. การกำจัดน้ำเสียจากการวิเคราะห์ซีโอดีด้วยวิธีการตกตะกอน. วิทยา
นิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร. มหาวิทยาลัยมหิดล. 2541. หน้า 5-13.
9. อานนท์ ป้อมประสิทธิ์ และวราภรณ์ กิจชัยนุกูล, 2543, การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมใน
การหล่อแข็งโดยใช้ฝุ่นทรายค่า, กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ
10. Aslam, S. and Walker. O.L. Recycling of Mercury and Silvery from COD Tests. Water
Pollution Control Federal 54 July 1982 : 1148-1151.
11. Dean R.B. Disposal of Mercury Waste from Water Laboratories. Environ. Sci. and
Technol. 5 . 1971 : 1044.
12. Environmental Protection Agency. 40 CFR Parts 261,271 and 302 : Hazardous Waste
Management System; Identification and Listing of Hazardous Waste; Notification
Requirement; Reportable Quantity Adjustment; Proposed Rule. Federal Register. 1986.
Vol.51 No.114. pp.21648-21693

13. J.P. Gould, M.Y. and Masingale, M. Miller. Recovery of silver and mercury from COD samples by iron cementation. Part 1 of 2 1984 : 280-286.
14. Jong-Ho Yuan. Solidification of Laboratory Waste by Using Ordinary Portland Cement and Lime-Rice Husk Ash Cement. Thesis no.EV-90-27, Asian Institute of Technology. Bangkok. Thailand 1990.
15. Lanouette, K.H. Industrial Wastewater and Solidwaste Engineering. Chemical Engineering 1977 : 116-123.
16. Okazaki, H. Practice of Hazardous Waste Treatment and Disposal of Hazardous waste from Industry. Some Experience. 1983 : 99-131.
17. Orano, E.A.R. Review of the Issues in Hazardous and Toxic Waste Management in Developing Countries. Water Pollution Control in Asia. 1988 : 433-439.
18. Tamaura, Y., Katsura, T., Rojarayanont. S., Yosida T. and Abe H. Ferrite Process : Heavy Metal Ions Treatment System. Water Science Technology. Kyoto. 23 1991 : 1833-1840.