

การทบทวนเอกสาร

โลหะหนัก

โลหะหนักหมายถึง โลหะที่มีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 5 ขึ้นไป มีเลขอะตอม(Atomic Number) อยู่ระหว่าง 23-92 ภายในคาบที่ 4-7 ของตารางธาตุ มีจำนวนทั้งสิ้น 68 ธาตุ มีสถานะเป็นของแข็ง (ยกเว้นปรอทเป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ) มีคุณสมบัติทางกายภาพ คือ นำไฟฟ้า และ ความร้อนได้ดี เป็นมันวาว สะท้อนแสง เหนียวนำมาตีเป็นแผ่นบางๆได้ คุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญ คือ มีค่าออกซิเดชัน (Oxidation Number) ได้หลายค่า

โลหะหนักสามารถรวมตัวกับสารอื่นๆ เป็นสารประกอบเชิงซ้อน(Complex Compound)ได้หลายรูปที่เสถียรกว่าโลหะอิสระ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์เป็นสารประกอบอินทรีย์โลหะ (Organometallic compound) ซึ่งเป็นพิษ และสามารถถ่ายทอดเข้าสู่สิ่งมีชีวิตได้ โดยผ่านไปตามห่วงโซ่อาหาร(Food Chain) ความเป็นพิษของโลหะหนักหลายชนิดเป็นอันตรายร้ายแรง เมื่อมีการสะสมในร่างกายของมนุษย์อาจมีผลทำให้พิการ หรือเสียชีวิตได้

โลหะหนักบางชนิด เช่น ปรอท แคดเมียม อาร์เซนิก ตะกั่ว จัดเป็นโลหะหนักประเภทที่มีพิษถาวร ซึ่งนอกจากจะไม่เปลี่ยนรูปไปตามกาลเวลาแล้ว ยังสามารถสะสมในร่างกายมนุษย์และสัตว์น้ำได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องกำจัดโลหะหนักเหล่านี้ออกจากของเสียน้ำเสียหรือตะกอน เพื่อป้องกันไม่ให้แพร่กระจายเข้าสู่วัฏจักรของน้ำหรือผ่านไปตามห่วงโซ่อาหาร

U.S. EPA ได้กำหนด โลหะที่มีพิษ 13 ชนิด ที่ต้องกำจัดออกจากน้ำเสีย ได้แก่ แบริลเลียม แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล ตะกั่ว สังกะสี เงิน อาร์เซนิก แอนติโมนี เซเลเนียม เทลลูเรียม และปรอท

ของเสียที่เป็นอันตราย (Hazardous waste)

ของเสียที่เป็นอันตราย ตามคำจำกัดความของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ หมายถึง ของเสียหรือสิ่งที่เป็นอันตรายของเสียซึ่งมีความเข้มข้น หรือมีคุณสมบัติด้านกายภาพ เคมี หรืออื่นๆ ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการตายหรือเจ็บป่วยทั้งที่รักษาได้และรักษาไม่ได้ ตลอดจนทำให้เกิด หรือมีแนวโน้มจะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม เมื่อไม่ได้มีการจัดการที่เหมาะสมในการบำบัด เก็บกัก ขนส่ง และ กำจัด

โดยทั่วไปแล้ว คุณสมบัติที่กำหนดว่า ของเสียนั้นเข้าข่ายเป็นของเสียที่เป็นอันตราย ได้แก่ สารที่ไวไฟ สารที่มีฤทธิ์กัดกร่อน สารที่เกิดปฏิกิริยาได้ง่าย สารกัมมันตรังสี และ สารที่ติดเชื้อง่าย โลหะหนักหลายชนิด ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในกิจการอุตสาหกรรมต่างๆ และจัดเป็นโลหะที่มีพิษ ได้แก่ แบริลเรียม แคดเมียม โครเมียม ทองแดง นิเกิล ตะกั่ว สังกะสี เงิน อาร์เซนิก แอนติโมนี เซเลเนียม แทลเลียม พรอท (Pojasek, 1979)

โลหะหนักบางชนิด เช่น พรอท แคดเมียม อาร์เซนิก ตะกั่ว จัดเป็นโลหะหนักประเภทที่มีพิษถาวร ซึ่งนอกจากจะไม่เปลี่ยนรูปไปตามกาลเวลาแล้ว ยังสามารถสะสมในร่างกายมนุษย์และสัตว์น้ำได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องกำจัดโลหะหนักเหล่านี้ออกจากของเสีย น้ำเสีย หรือตะกอนเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการกระจายเข้าสู่วัฏจักรของน้ำหรือผ่านไปทางห่วงโซ่อาหาร (Srivastava, 1989)

กระบวนการกลั่นใหม่ แบบกรดและดินเหนียว (Acid/clay process)

น้ำมันหล่อลื่น ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในเครื่องยนต์ที่ใช้เป็นสารช่วยหล่อลื่น ป้องกันสนิมและลดการสึกหรอของเครื่องยนต์ หลังจากใช้งานจะมีสารปนเปื้อนเกิดขึ้น เช่น เศษโลหะ ผุ่น ละออง น้ำ กรด เขม่า ตะกอนน้ำมันเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่หมด และสารที่เกิดจากการรวมตัวของ ออกซิเจนกับน้ำมัน น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วจะมีลักษณะข้นเหนียวสีค่อนข้างดำ

น้ำมันเครื่องที่ใช้แล้ว ประกอบด้วยโลหะหนักหลายชนิดในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยมีตะกั่ว แบเรียม เหล็ก แคลเซียม และ สังกะสี ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังมีสารอื่นๆด้วย เช่น คลอรีน ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส และอลูมิเนียม นอกจากนั้นยังให้ค่าพลังงานความร้อนสูงถึง 44.88 MJ/Kg (MuellerAssociates, Inc., 1987)

การนำน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วมาทำการกลั่นใหม่ ด้วยกระบวนการกลั่นแบบกรดและดินเหนียว มีขั้นตอนดังนี้

นำน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วมาต้ม เพื่อไล่น้ำที่อุณหภูมิ 350 °ซ เป็นเวลา 2.5 ชม. จากนั้น ปล่อยให้เย็นตัวลงจนอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วเติมกรดซัลฟริกเข้มข้น 98% ประมาณ 7% โดยปริมาตร เพื่อสกัดเกลือโลหะ, กรด, สารประกอบอะโรแมติก และ สิ่งเจือปนอื่นๆ ออกจากน้ำมัน พร้อมกับกวนไปด้วยนาน 5 นาที จากนั้นปล่อยให้เย็นและตกตะกอนเป็นเวลา 8 ชม. น้ำมันจะเกิดการตกตะกอนเป็น 2 ชั้น ชั้นล่างจะมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีดำซึ่งจะถูกระบายออก ส่วนชั้นบนซึ่งเป็นของเหลวใสจะถูกนำไปต้มใหม่ เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 120 °ซ จะใส่ผงดิน 6-8 % โดยปริมาตร เพื่อกำจัดเมอแคปแทนท์ สารปนเปื้อนอื่นๆ และยังช่วยปรับสีของน้ำมันให้ดีขึ้น จนเมื่ออุณหภูมิสูงถึง 150 °ซ จะเติมปูนขาว 2% โดยปริมาตร เพื่อปรับค่าพีเอชให้สูงขึ้น จากนั้นปล่อยให้ตกตะกอน 1 วัน แล้วค่อยนำไปกรอง เมื่อผ่านเครื่องกรองจะได้น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน ตะกอนที่เกิดจากกระบวนการใส่กรดนี้เรียกว่า สลัดจ์กรด ส่วนตะกอนที่เกิดจากการใส่ผงดินลงไป เรียกว่า ดินดูดซับสีที่ใช้แล้ว (ชยันต์ ไข่มุกทอง, สัมภาษณ์, 10 พฤษภาคม 2538)

1. คุณสมบัติของกากตะกอนน้ำมัน

สลัดจ์กรดจะประกอบไปด้วยโลหะหลายชนิด เช่น ตะกั่ว สังกะสี แบริยม แคลเซียม โครเมียม ลิกอน โบรอน และ ฟอสฟอรัส ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง จากการวิเคราะห์กระบวนการกลั่น พบจะคาดเดาได้ว่าโลหะเหล่านี้จะมาจากน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว และผลจากการเติมกรดในกระบวนการกลั่น ทำให้สลัดจ์กรดมีค่าพีเอชที่ต่ำมากและการกัดกร่อนที่รุนแรง

ดินดูดซับสีที่ใช้แล้วที่เกิดจากกระบวนการกลั่นน้ำมันเครื่องใหม่ (re-refining process) จะประกอบไปด้วยโลหะต่างๆ เช่น อาร์เซนิก, แบริยม, แคดเมียม, โครเมียม, ตะกั่ว และ สังกะสี ซึ่งล้วนแต่มีในน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วทั้งสิ้น (Mueller Associates, Inc., 1987)

2. ปริมาณกากของเสียอันตราย

จากข้อมูลที่ได้จากกรมโรงงานฯ ทราบว่าปริมาณการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานในประเทศไทยมีปริมาณทั้งหมด 6 ล้านลิตร/ปี จากตัวเลขดังกล่าวนำมาคำนวณหาปริมาณของเสียเบื้องต้นที่เกิดจากกระบวนการกลั่นได้ ดังนี้

กำหนดให้ :	น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน	= 0.70 x น้ำมันหล่อลื่นเก่า
	สลัดจ์กรด	= 0.10 x อัตราป้อนน้ำมัน
	ปริมาณดินดูดซับสี (กก)	= 0.05 x น้ำมันหล่อลื่นเก่า (ลิตร)
การคำนวณ :	ปริมาณน้ำมันหล่อลื่นเก่า	= (6 x 10 ⁶) / 0.7

	= 8,571,429 ลิตร/ปี
ปริมาณสลัดจ์กรด	= 0.1 x 8,571,429
	= 857,143 ลิตร/ปี
ปริมาณดินดูดซับสี	= 0.05 x 8,571,429
	= 428,571 กิโลกรัม/ปี
	(Mueller Associates, Inc., 1987)

การบำบัดและกำจัดของเสียที่เป็นอันตราย

การบำบัดของเสียที่เป็นอันตราย หมายถึง การจัดการกับของเสียที่เป็นอันตรายเพื่อลดความเป็นพิษ และทำให้มีสมบัติทั้งทางด้านกายภาพและเคมี ที่เหมาะสมในการกำจัดขั้นสุดท้ายต่อไป โดยวิธีการบำบัดของเสียที่เป็นอันตราย แบ่งออกได้เป็น 4 วิธี คือ

1. การบำบัดทางกายภาพ (Physical treatment) เป็นการแยกของแข็งและของเหลวออกจากกัน ประกอบด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ การดูดซับด้วยคาร์บอน (Carbon adsorption) การเหวี่ยงโดยแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifuging) การรวมตะกอนและการตกตะกอน (Coagulation & Sedimentation) และ การกลั่น (Distillation)

2. การบำบัดทางเคมี (Chemical treatment) เป็นวิธีการทำลายฤทธิ์ของของเสียที่เป็นอันตราย ได้แก่ การทำให้เป็นกลาง (Neutralization) การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion-exchange) การบำบัดด้วยวิธีออกซิเดชัน-รีดักชัน (Oxidation & Reduction) และ การตกผลึก (Precipitation)

3. การบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) ของเสียที่เป็นอันตรายที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์สามารถใช้การบำบัดทางชีวภาพได้ ทั้งนี้หากของเสียมีความเข้มข้นสูงๆหรือมีสารที่เป็นพิษต่อระบบชีวภาพ จะต้องทำการบำบัดข้างต้นก่อนซึ่งมีวิธีการต่างๆ ได้แก่ การทำปุ๋ยหมัก (Composting) แอททิเวเตดสลัดจ์ (Activated Sludge) - การย่อยสลายแบบแอนแอโรบิค (Anaerobic digestion) ทั้งนี้หากมีปริมาณของเสียมาก หรือมีสารที่เป็นพิษต่อระบบชีวภาพต้องทำการบำบัดก่อนที่จะใช้วิธีทางชีวภาพ

4. การบำบัดด้วยความร้อน (Thermal treatment) การใช้ความร้อนในการบำบัดของเสียประเภทสารอินทรีย์ เป็นวิธีการที่ใช้กันทั่วไป เช่น การเผา

การกำจัดของเสียชนิดต่างๆ มีอยู่หลายวิธีขึ้นอยู่กับประเภทของเสียต่างๆ เช่น อัดลงอุโมงค์เกลือใต้ดิน การกำจัดโดยนำไปทิ้งในทะเล ผังกลบ และ เผาในเตาเผา โดยของเสียเหล่านั้นจะต้องผ่านการบำบัดก่อน เพื่อความเหมาะสมในการกำจัดขั้นสุดท้าย (Youn, 1990 อ้างจาก Cassell และ Walker, 1970)

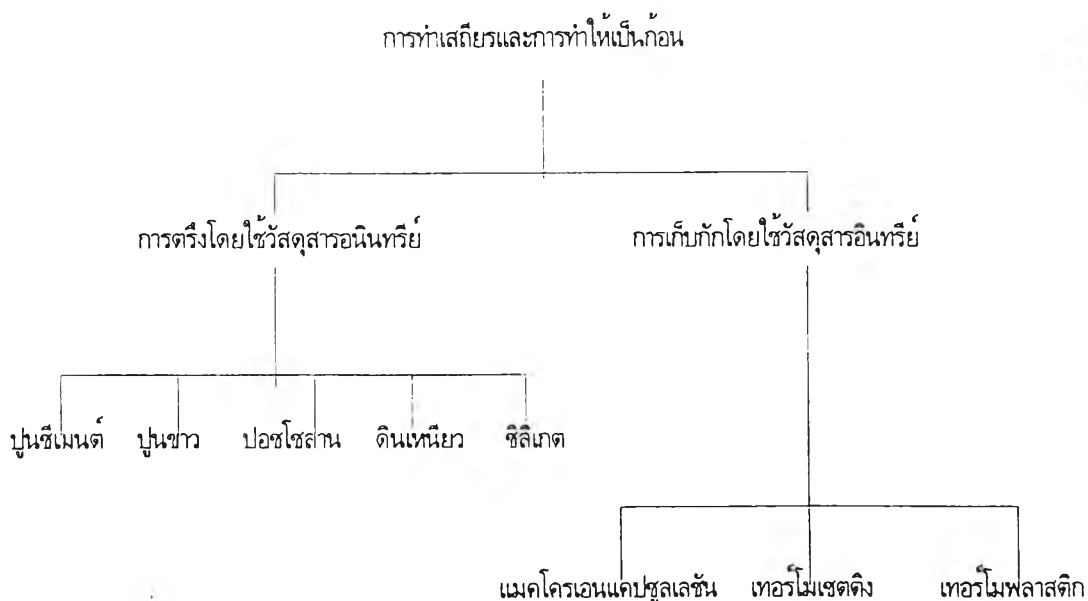
การทำเสถียรของเสียที่เป็นอันตรายโดยการทำให้เป็นก้อน

1. คำจำกัดความและที่มาของการทำเสถียรและการทำให้เป็นก้อน

การทำเสถียร (Stabilization) หมายถึง กระบวนการในการทำลายฤทธิ์หรือลดความเป็นพิษของของเสียที่เป็นอันตราย โดยทำการเปลี่ยนรูปร่างเคมีของของเสียให้มีรูปแบบที่เสถียรยิ่งขึ้น อาจรวมถึงการสร้างสารประกอบที่ไม่ละลาย ซึ่งจับดักสารพิษไว้ในโครงสร้างของผลึกที่เสถียร

การทำให้เป็นก้อน (Solidification) หมายถึง กระบวนการในการทำให้ของเสียที่เป็นของเหลวหรือตะกอน (Sludge) แข็งตัว คงรูปเป็นก้อน โดยการผสมกับวัสดุประสาน (Binder) ของเสีย และวัสดุประสานจะทำปฏิกิริยาซึ่งกันและกันยังผลให้ของเสียนั้นแข็งตัวเป็นก้อน ทำให้มีความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและขนส่ง (Solar และ Perry, 1989 อ้างถึง Wiles., 1987)

การทำเสถียรและการทำให้เป็นก้อนสามารถแบ่งได้อย่างกว้างๆ คือ การตรึงโดยใช้วัสดุสารอนินทรีย์ (Inorganic fixation) ซึ่งเหมาะสำหรับของเสียอินทรีย์โดยเฉพาะพวกประจุบวก และการเก็บกักโดยใช้วัสดุสารอินทรีย์ (Organic encapsulation) ซึ่งเหมาะสำหรับของเสียอินทรีย์และของเสียอนินทรีย์ประจุลบ (Poon, Peters และ Perry, 1983) ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การแบ่งกระบวนการทำเสถียรและการทำให้เป็นก้อน (Poon, Peters และ Perry, 1983)

Cheng และ Bishop (1992) กล่าวว่า การทำให้เป็นก้อนถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อจุดประสงค์ดังนี้

1. ปรับปรุงลักษณะสมบัติทางกายภาพของของเสียและสามารถขนส่งได้สะดวก
2. ลดพื้นที่ผิวของของเสีย ซึ่งก็คือการลดการแพร่กระจายออกไปของสารมลพิษ
3. จำกัดสภาพละลายได้ขององค์ประกอบที่เป็นพิษในของเสีย

Shuckrow และคณะ (1982) อ้างถึงใน Rajal (1990) ได้สรุปข้อดีและข้อเสียของกระบวนการทำให้แข็งตัวเป็นก้อน 7 วิธี คือ วิธีการใช้ปูนซีเมนต์ (Cement-based techniques) วิธีการใช้ปูนขาว (Lime-based techniques) วิธีการใช้เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic techniques) โดยใช้วัสดุประเภทบิพูเมน พาราฟิน หรือโพลีเอทิลีน วิธีการใช้ออร์แกนิกโพลีเมอร์ (Organic polymers) วิธีการเอนแคปซูลเลชัน (Encapsulation) วิธีการใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติแข็งตัวเหมือนซีเมนต์ (Self-cementing techniques) วิธีการหลอมให้เป็นแก้ว (Glassification) โดยแสดงในตารางที่ 3.1

2. การทำให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์

ในการทำให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์ ส่วนใหญ่จะใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เป็นวัสดุประสาน โดยอาจมีการใช้วัสดุเติมเพิ่มประสิทธิภาพ เช่น ซิลิกาฟลอยด์ เกล็ดอลูมิเนียม เป็นต้น เพื่อช่วยเสริมประสิทธิภาพในการทำให้แข็งตัว โดยของเหลวในสลัดจ์จะเป็นส่วนหนึ่งของน้ำเพื่อปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ ผลจากปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ทำให้เกิดเจลเคลือบซิลิกาไฮเดรต ซึ่งเจลจะโตขึ้นและเกิดเป็นโครงสร้างที่แข็งตัว ในภาวะแวดล้อมที่เป็นด่างสูงของซีเมนต์เพสต์มีผลทำให้โลหะหนักในของเสียเปลี่ยนรูปเป็นโลหะไฮดรอกไซด์และโลหะซิลิเกตที่ไม่ละลายและถูกจับติดอยู่ภายในโครงของเนื้อซีเมนต์ โลหะบางชนิดอาจถูกกักอยู่ภายในโครงสร้างผลึกที่ซับซ้อนของซีเมนต์ (Bishop, 1988)

2.1 สารเจือปนที่เป็นอุปสรรคต่อการทำให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์

ในการทำลายฤทธิ์ของเสียที่เป็นอันตราย โดยการทำให้แข็งตัวทำให้เป็นก้อนโดยการใส่ปูนซีเมนต์นี้ ไม่ควรมีสารมลพิษที่หน่วงการแข็งตัวของซีเมนต์เจือปนอยู่ในปริมาณที่เป็นอันตรายต่อปฏิกิริยาไฮเดรชันและการแข็งตัว สารมลพิษเหล่านี้ ได้แก่

สารอินทรีย์ ดินตะกอน (silt) และ ดินเหนียว จะมีผลให้ระยะเวลาการก่อตัวและแข็งตัวนานขึ้นโดยอาจใช้เวลาหลายวัน ทั้งนี้ไม่ควรมีสารอินทรีย์เจือปนมากกว่าร้อยละ 10 หากมีสาร

ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการทำให้เป็นก้อนในแต่ละวิธีการ (Shukrow และคณะ, 1982)

ประเภทของกระบวนการ	กระบวนการ	ประเภทของเสีย	ข้อดี	ข้อเสีย
1. Cement and Silicate Based Solidification/Fixation	Chemical Fixation/Solidification	แห้งหรือเปียก (โดยทั่วไปเหมาะกับของเสียที่เป็นสารอนินทรีย์)	<ul style="list-style-type: none"> - วัสดุที่ใช้ราคาถูก - มีความยืดหยุ่นต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงทางเคมี - กำจัดของเสียจำพวกโลหะหนักได้ดีมาก - เป็นเทคโนโลยีที่ได้มีการพัฒนาอย่างดีแล้ว 	<ul style="list-style-type: none"> - สารอินทรีย์บางชนิดจะทำลายการก่อตัวของคอนกรีต - ส่วนผสมของซีเมนต์ และกากของเสียที่ไม่ได้อ่อนนุ่ม สามารถถูกย่อยสลาย และถูกชะละลายได้ภายใต้ภาวะที่มีพีเอชต่ำ - เพิ่มน้ำหนักและปริมาณของเสียทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งและฝังกลบเพิ่มขึ้น
2. Lime Based Solidification/Fixation	Chemical Fixation/Solidification	แห้งหรือเปียก (เหมาะสำหรับของเสียที่เป็นสารอนินทรีย์)	<ul style="list-style-type: none"> - วัสดุที่ใช้ราคาถูก - เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาอย่างดีแล้ว - การใช้เถ้าลอยมาเป็นส่วนผสมเป็นการกำจัดของเสีย 2 ชนิด โดยกระบวนการเดียวกัน 	<ul style="list-style-type: none"> - เหมือนกับกระบวนการประเภท Cement Based
3. Thermoplastic Based Solidification/Fixation	Physical Fixation	แบบแห้ง (เหมาะกับสารอนินทรีย์)	<ul style="list-style-type: none"> - สามารถลดการรั่วไหลของสารเคมีได้เป็นอย่างดี - สารละลายที่ชะล้างมีผลต่อผลิตภัณฑ์น้อยมาก 	<ul style="list-style-type: none"> - ต้องการเครื่องมือที่มีราคาแพง และใช้แรงงานที่มีความเชี่ยวชาญ - ของเสียชนิดเปียกลดประสิทธิภาพของกระบวนการ - ไม่สามารถใช้กำจัดสารพวก Strong Oxidants, dehydrated salts
4. Organic Polymer Process	Physical Fixation	แบบแห้งหรือเปียก (สารอินทรีย์ที่เป็นพิษ)	<ul style="list-style-type: none"> - ใช้สารปริมาณน้อยในการทำให้เกิดโครงสร้างของโพลีเมอร์ - ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นต่ำลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง 	<ul style="list-style-type: none"> - ของเสียถูกยึดไว้ในโพลีเมอร์อย่างหลวมๆ - สารที่มีพีเอชต่ำจะทำให้โลหะละลายออกมา - การย่อยสลายทางชีวภาพของสารโพลีเมอร์บางชนิดทำให้เกิดปัญหาในการฝังกลบ

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการทำให้เป็นก้อนในแต่ละวิธีการ (Shukrow และ คณะ, 1982)

ประเภทของกระบวนการ	กระบวนการ	ประเภทของเสีย	ข้อดี	ข้อเสีย
5. Encapsulation	Chemical Containment	แห้งหรือเปียก	<ul style="list-style-type: none"> - ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถ ป้องกันน้ำได้ดี - ไม่มีการชะละลายของของเสียออกมา - เมื่อสารที่หุ้มห่ออยู่ไม่ถูกทำลาย - ค่าใช้จ่ายในรอบการใช้งานต่ำกว่าวิธีการอื่น ๆ 	<ul style="list-style-type: none"> - การชะล้างของของเสียจะเกิดขึ้นหากสารที่หุ้มถูกทำลาย - ไม่เหมาะสมในกรณีที่ต้องกำจัดของเสียจำนวนมาก
6. Self Cementing Techniques	Chemical Fixation /Solidification	แห้งหรือเปียก	<ul style="list-style-type: none"> - ใช้วัสดุเติมเต็มประสิทธิภาพ (additive) น้อย - ส่วนผสมของซีเมนต์ก่อตัวเร็วมาก 	<ul style="list-style-type: none"> - สารอินทรีย์บางชนิดจะทำลายการก่อตัวของคอนกรีต - ส่วนผสมของซีเมนต์และของเสียที่ไม่ได้มีการห่อหุ้มสามารถถูกย่อยสลายและถูกชะล้างได้ภายใต้ภาวะที่มีพีเอชต่ำ
7. Glassification (Vitrification)	Physical Fixation	แบบแห้ง	<ul style="list-style-type: none"> - ของเสียที่ถูกหลอมด้วยแก้วจะถูกละลายได้น้อยมาก - การบรรจุอยู่ในเกณฑ์ดี - ใช้วัสดุที่มีราคาถูก 	<ul style="list-style-type: none"> - อุณหภูมิสูงอาจทำให้องค์ประกอบของเสียระเหยออกมาก่อนที่จะถูกตรึงไว้ - ต้องเสียค่าใช้จ่ายมากสำหรับการให้ความร้อน - อุปกรณ์มีราคาแพงและต้องการผู้ชำนาญงานเฉพาะ - ค่าใช้จ่ายสูงมากสำหรับการกำจัดของเสียทุกชนิด ยกเว้นสารกัมมันตรังสี และสารที่มีพิษมาก ๆ

อินทรีย์ในปริมาณมากๆ จะต้องทำการบำบัดเบื้องต้นก่อนการทำลายฤทธิ์ ด้วยปูนซีเมนต์ (Rajil, 1990 อ้างถึง Malone และ Jones, 1983)

สารประกอบบางชนิด เช่น เกลือของแมงกานีส ทองแดง ตะกั่ว และ สังกะสี จะมีผลให้ระยะเวลาก่อตัวขึ้นและกำลังรับแรงอัดเปลี่ยนไป เกลือโซเดียม เช่น อาร์ซีเนต ฟอสเฟต โบเรต ไอโอเดต และ ซัลไฟด์ จะมีผลหน่วงการแข็งตัวของปูนซีเมนต์

สารประกอบประเภทซัลเฟตจะมีผลหน่วงการแข็งตัวของซีเมนต์ นอกจากนี้จะทำให้ปฏิกิริยากับซีเมนต์เกิดเป็นยิบซั่มและสารประกอบซัลโฟอะลูมิเนียม (Sulfoaluminate Compound) ซึ่งจะทำให้เกิดการขยายตัวของวัสดุสาร ยังผลให้ก้อนวัสดุแตกสลายได้ (Thomson, Malone และ Jones, 1979)

ของเสียที่เป็นอันตรายที่มีประจุลบ เช่น โซยาไนต์ โครเมต และอาร์ซีเนต จะต้องทำการบำบัดเบื้องต้นก่อนการทำลายฤทธิ์ โดยการใช้น้ำปูนซีเมนต์ (Rajil, 1990 อ้างถึงงานของ Barnes และ คณะ, 1979)

Sallars และ Perry กล่าวถึงประเภทของของเสียที่ไม่เหมาะสมสำหรับการบำบัดโดยการทำให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์ ดังแสดงในตารางที่ 3.2

2.2 ข้อดีและข้อเสียของการทำให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์

Thomson, Malone และ Jones ได้สรุปข้อดีของการทำให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์ ดังนี้

1. ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก
2. เหมาะกับของเสียที่มีสมบัติแปรเปลี่ยนได้เป็นอย่างดี
3. สารที่ใช้เป็นส่วนผสมหาได้ง่ายในราคาที่สมเหตุสมผล
4. มีความยืดหยุ่น กล่าวคือ ใช้กับของเสียที่มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงได้เป็นอย่างดี
5. สามารถควบคุมความแข็งหรือลดอัตราการซึมน้ำของผลิตภัณฑ์ได้ โดยการควบคุมปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสม

ควบคุมปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสม

ข้อเสียของการทำให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์สรุปได้ดังนี้ คือ

1. ควรนำมาทำการบำบัดก่อน กรณีที่ของเสียมีสารเจือปนซึ่งมีผลต่อการก่อตัวของซีเมนต์
2. ผลิตภัณฑ์ที่มีกำลังรับแรงอัดต่ำอาจถูกชะละลายได้โดยสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรด

ตารางที่ 3.2 ประเภทของของเสียที่ไม่เหมาะสม ในการทำเสีयरและทำให้เป็นก้อน
(Sollars และ Perry, 1989)

ประเภทของของเสีย	เหตุผลที่ไม่สมควรใช้
1. ของเสียนินทรีย์	
1.1 มีส่วนประกอบเกลือที่ละลายได้อยู่มาก	มีผลต่อการก่อตัวของซีเมนต์
1.2 มีส่วนประกอบสารพิษประจุลบอยู่มาก เช่น โบเรต	สามารถชะละลายได้ง่ายกว่าพวกประจุบวก
1.3 มีส่วนประกอบของสารหน่วงการก่อตัวของซีเมนต์ เช่น ซัลเฟต ในปริมาณที่มาก	มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของผลิตภัณฑ์ที่ได้
1.4 ผลตกตะกอนที่เป็นพิษ	เป็นอันตรายต่อสุขภาพ
1.5 ผลตกตะกอนพิษเมื่อสัมผัสกับน้ำหรือด่าง เช่น โลหะคาร์ไบด์	เป็นอันตรายต่อสุขภาพ
2. ของเสียนินทรีย์	
2.1 มีวัสดุที่ติดไฟ หรือเกิดการระเบิดได้	เป็นอันตรายต่อสุขภาพ
2.2 มีสารประกอบพวกยากดแมลง	สามารถชะละลายออกมาได้ง่าย
2.3 มีสารประกอบที่หน่วงการก่อตัว เช่น น้ำตาล	มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของผลิตภัณฑ์ที่ได้

3. ปูนซีเมนต์และสารที่เติมในส่วนผสมทำให้เกิดการเพิ่มขนาด และน้ำหนักของของเสีย

3. กลไกการยึดจับโลหะหนัก

Bishop ศึกษากลไกการยึดจับโลหะหนักจากกระบวนการทำให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์ โดยเลือกใช้โลหะหนักสังเคราะห์เป็นโลหะไฮดรอกไซด์ของแคลเซียม โครเมียม และ ตะกั่ว จากการวิจัยสรุปได้ดังนี้

3.1 ความสามารถในการเป็นน้ำโพเฟอร์

จากการทดสอบการสกัด 15 ครั้ง โดยใช้วิธีการสกัดสารของ U.S. EPA ตรวจวัดพีเอช และความเป็นด่าง ผลที่ได้เขียนเป็นกราฟแสดงดังรูปที่ 3.2 จากกราฟพบว่า ความเป็นด่างสะสมมีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งของการสกัด โดยในครั้งที่ 15 ความเป็นด่างมีค่าประมาณร้อยละ 15 ของความเป็นด่างสะสมทั้งหมด ความเป็นด่างสะสมของการสกัดทั้ง 15 ครั้ง มีค่าประมาณ 18.3 มิลลิสมมูล/กรัม ซึ่งถือเป็นค่าความจุโพเฟอร์ของของเสียที่ทำให้เป็นก้อน ความเป็นด่างที่ถูกสกัดออกมาแต่ละครั้งเป็นตัวควบคุมพีเอชของน้ำที่ผ่านการสกัด โดยสะท้อนกรดอะซิติกให้เป็นกลาง พีเอชของกรดอะซิติกที่ผ่านการสกัดใน 3 ครั้งแรกมีค่าสูงเกิน 10 ระหว่างการสกัดอีก 3 ครั้งต่อมา พีเอชมีค่า

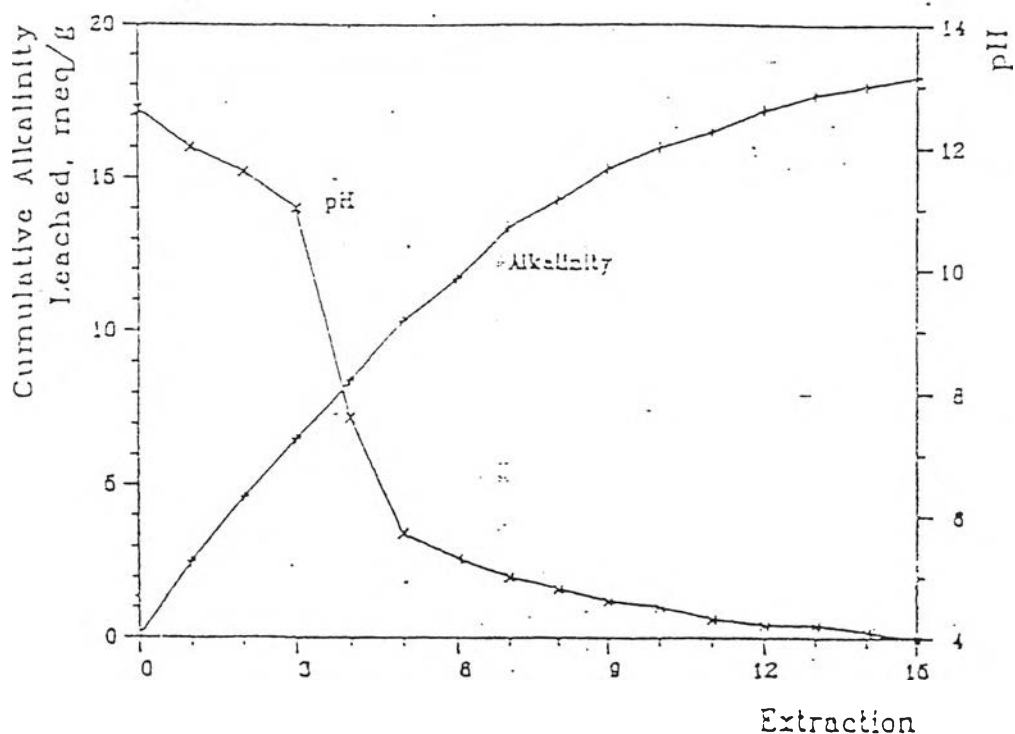
ลดลงต่ำกว่า 6 พีเอชของการสกัดอีก 9 ครั้งต่อมา ลดลงอย่างต่อเนื่องจนมีค่าประมาณ 4 ในการสกัดครั้งที่ 15

3.2 กลไกการยึดจับโลหะหนัก

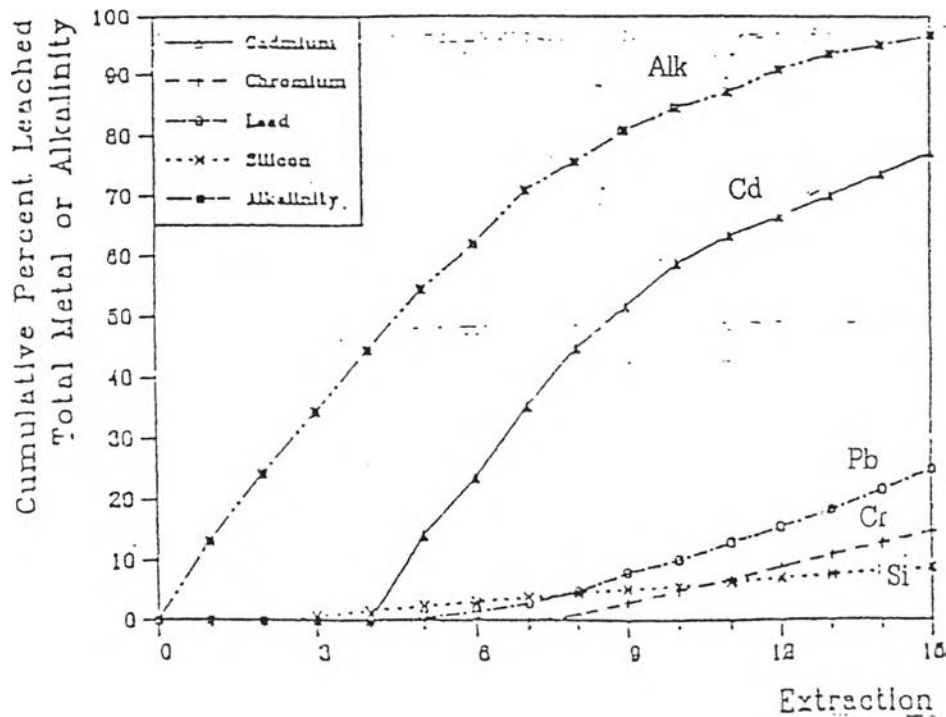
จากการทดลองที่ผ่านมาหลายครั้งทำให้ทราบว่า โลหะหนักอาจอยู่ในโพรงของโครงสร้างของของเสี้ยวที่แข็งตัว ดูดซับบนผนังโพรง และทำปฏิกิริยาเคมีที่ซับซ้อนกับสารประกอบของซีเมนต์เพสต์

ถ้าโลหะหนักถูกติดไปในโครงสร้างแข็งในโพรงหรือถูกดูดซับบนพื้นผิวโพรง โลหะหนักเหล่านั้นควรจะถูกชะละลายออกคล้ายกับการชะละลายของความเป็นด่าง จากรูปที่ 3.3 แสดงให้เห็นว่ามีความคล้ายกันของเส้นกราฟความเป็นด่างสะสมและแคดเมียมสะสม ดังนั้นจึงสันนิษฐานได้ว่าแคดเมียมควรอยู่ในรูปแคดเมียมไฮดรอกไซด์และเกาะติดอยู่ตามผนังโพรง

โครเมียมและตะกั่วน่าจะถูกยึดติดอยู่ในโครงสร้างของซิลิกามากกว่าอยู่ในโพรง ถ้าเป็นดังที่กล่าวไว้ โลหะเหล่านี้ควรจะถูกชะละลายออกมาเมื่อโครงสร้างของซิลิกาถูกทำลาย และ จากรูปที่ 3.3 พบว่า เส้นกราฟสะสมของโครเมียมและตะกั่วคล้ายกับของซิลิกอน ดังนั้นโครเมียมและตะกั่วควรอยู่ในรูปซิลิเกตที่ไม่ละลายมากกว่าที่จะอยู่ในรูปไฮดรอกไซด์



รูปที่ 3.2 กราฟแสดงพีเอชและความเป็นด่างสะสมจากการสกัด 15 ครั้ง (Bishop, 1988)



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสะสมที่โลหะหนักถูกชะละลาย ความเป็นด่าง ถูกชะละลาย และซิลิคอนถูกชะละลาย จากการสกัด 15 ครั้ง (Bishop, 1988)

ปูนซีเมนต์

ซีเมนต์ หมายถึง วัสดุที่ไร้ประสาน มีคุณสมบัติในการยึดเหนี่ยวอนุภาคหรือวัสดุชิ้นเล็กๆ ให้จับตัวกันเป็นก้อนแข็งได้ (Sorocka, 1979)

ซีเมนต์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. Non Hydraulic Cements หมายถึง ซีเมนต์ชนิดที่ไม่สามารถก่อตัว หรือแข็งตัวในน้ำ ตลอดจนไม่มีความคงตัว (Stable) ในน้ำ เช่น ปูนพลาสติกเตอร์
2. Hydraulic Cements หมายถึง ซีเมนต์ชนิดที่สามารถก่อตัวและแข็งตัวได้ในน้ำที่มีความคงตัว (stable) ในน้ำ เช่น ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ จัดเป็น Hydraulic Cement ที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายสมาคมทดสอบวัสดุอเมริกัน (American Standards of Testing Material, ASTM) และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศไทย แบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ออกเป็นประเภทใหญ่ๆ 5 ประเภท ดังนี้

- ประเภทหนึ่ง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary portland cement)
 ประเภทสอง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Modified portland cement)
 ประเภทสาม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็ว (High-Early-Strength portland cement)
 ประเภทสี่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทเกิดความร้อนต่ำ (Low-Heat portland cement)
 ประเภทห้า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟตได้สูง (Sulfate-Resistant portland cement)

องค์ประกอบที่สำคัญของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ในรูปของออกไซด์และในรูปของสารประกอบ แสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ออกไซด์ของธาตุต่าง ๆ และสารประกอบที่สำคัญของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (วินิต ชอวิเชียร, 2529)

องค์ประกอบ	ร้อยละ
1. ออกไซด์ของธาตุต่าง ๆ	
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	60-65
ซิลิกา (SiO ₂)	20-24
อลูมินา (Al ₂ O ₃)	4-8
เหล็กออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	2-5
2. องค์ประกอบในรูปสารประกอบ	
ไตรแคลเซียมซิลิเกต (3CaO.SiO ₂)	49
ไดแคลเซียมซิลิเกต (2CaO.SiO ₂)	25
ไตรแคลเซียมอลูมิเนต (3CaO.Al ₂ O ₃)	12
เตตราแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรท์ (4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃)	8

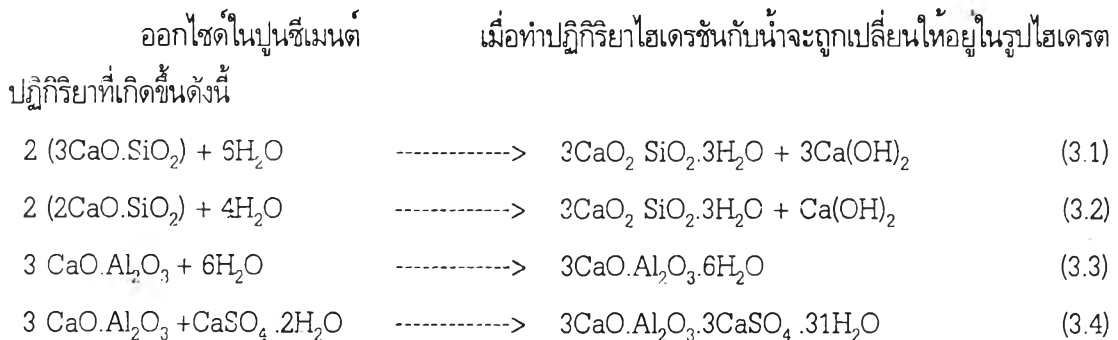
ปูนขาว

ปูนขาวเป็นวัสดุที่ได้จากการเผาหินปูน จนกระทั่งคาร์บอนไดออกไซด์แยกตัวออกมา ประเภทของปูนขาวขึ้นกับส่วนประกอบของหินปูนและขั้นตอนการเผา ถ้าทำการเผาหินปูนอย่างสมบูรณ์จะได้ปูนขาวดิบ (Quick lime) แต่ถ้าได้รับความชื้นองค์ประกอบออกไซด์จะรวมตัวกับน้ำกลายเป็นรูปของไฮดรอกไซด์ ซึ่งเรียกว่า ปูนขาวสุก (Hydrated lime) ปูนขาวดิบตามท้องตลาดมีส่วนประกอบแคลเซียมออกไซด์ประมาณร้อยละ 61 และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ประมาณร้อยละ 24 ส่วนปูนขาวสุกมีเฉพาะแคลเซียม

ไฮดรอกไซด์ประมาณร้อยละ 81.6 (สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,2532)

ปฏิกิริยาระหว่างซีเมนต์กับน้ำ

ปูนซีเมนต์เมื่อผสมกับน้ำ เรียกว่า ซีเมนต์เพสต์ (Cement paste) ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ เรียกว่า ปฏิกิริยาไฮเดรชัน ยังผลให้เกิดความเหนียว และจับตัวกันแน่นเป็นก้อนแข็ง



ความเป็นต่างที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งแสดงความจุฟเฟอร์ (Buffering capacity) ของซีเมนต์ เมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมสูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตรและพีเอชสูงกว่า 11 ผลึกแคลเซียมซิลิเกตที่ไม่ละลายจะรวมตัวเกิดเป็นโครงสร้างซีเมนต์ นอกจากนี้แคลเซียมซิลิเกตยังสามารถในการดูดซับ (adsorption) แคลเซียมและโลหะอื่นๆได้เป็นอย่างดี (Shively และคณะ, 1986 กล่าวจาก Batchelar และ Mcdevitt 1984 ; Warren และ Dudas, 1984 ; Panday และคณะ, 1985)

สารละลายซัลเฟตของต่างชนิดต่างๆ สามารถทำลายเนื้อซีเมนต์ได้ค่อนข้างรุนแรง ซัลเฟตของโซเดียม โปแตสเซียม แอมโมเนียม และอื่นๆ จะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในเนื้อซีเมนต์ได้แคลเซียมซัลเฟต แคลเซียมซัลเฟตจะทำปฏิกิริยากับไฮเดรตของแคลเซียมอลูมินา ทำให้เกิดเป็นแคลเซียมซัลโฟลูมิเนต ปริมาตรของวัสดุสารจะเพิ่มขึ้นเกิดการขยายตัว ทำให้ก้อนซีเมนต์แตกสลายได้ (Lea, 1956)

วิธีการสกัดสารและการทดสอบการชะละลาย (Extraction procedure and leaching test)

การสกัดสาร (extraction) หมายถึง วิธีการมาตรฐานที่ใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้ในการพิจารณาประเภทของเสียว่า เข้าข่ายของเสียอันตรายหรือไม่ คำว่า การชะละลาย (leaching) เป็นการทดสอบสมบัติของน้ำชะละลาย เพื่อใช้อ้างอิงในพฤติกรรมงานสนาม อย่างไรก็ตามคำสองคำนี้สามารถใช้แทนกันได้ (Perket และ Webster, 1981)

จากการที่มีวิธีการสกัดสารหลายวิธี Perket และ Webster ได้สรุปวิธีการสกัดที่ใช้ข้างอิง
หัวข้อไป แสดงดังตารางที่ 3.4

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (พ.ศ. 2531) ได้กำหนดวิธีการสกัดสาร
ในการหาปริมาณของสารมลพิษในน้ำสกัดดังนี้

1. บดตัวอย่างสิ่งปฏิกูลให้เป็นผง แล้วรอนผ่านตะแกรงให้ได้ขนาดของสิ่งปฏิกูลระหว่าง 0.5 มม. ถึง 5 มม.
2. นำตัวอย่างที่ได้จากข้อ 1. หนัก 50 กรัม ใส่ในตัวทำลายซึ่งประกอบด้วยน้ำกลั่นผสมกับกรดไฮโดรคลอริก จนมีความเป็นกรดต่างระหว่าง 5.8 ถึง 6.3 ในอัตราส่วนปริมาตรของสารละลายเป็น 10 เทา (มล.) ของน้ำหนัก (ก.) ของตัวอย่างสิ่งปฏิกูล
3. เขย่าบนเครื่องเขย่าเป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องเขย่าชนิด 200 รอบต่อนาที ที่ช่วงกว้างของการเขย่า 5 ซม.
4. กรองสารละลายโดยใช้กระดาษกรองใยแก้ว ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรู 1 ไมครอน
5. นำของเหลวที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าสารมลพิษต่างๆตามวิธีมาตรฐาน ที่ใช้ในการวิเคราะห์น้ำทิ้ง

การประเมินคุณภาพของของเสียที่ผ่านการทำให้เป็นก้อน

วิธีการประเมินคุณภาพของของเสียที่ผ่านการทำให้เป็นก้อน ต้องมีความสัมพันธ์กับวัตถุประสงค์เบื้องต้นของการบำบัด ได้แก่ การปรับปรุงโครงสร้างของกากของเสียให้แข็งแรง เป็นก้อนแข็ง ลดพื้นที่สัมผัส และจำกัดสภาพละลายได้ของสารมลพิษเมื่อสัมผัสกับของเหลวที่มีค่า pH (Sollars และ Perry, 1989)

Clements และ Griffiths (1985) รายงานว่า ในประเทศอังกฤษ ประมาณปี ค.ศ. 1970 มีเทคโนโลยีที่เรียกว่า Sealosafe ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้บำบัดของเสียที่เป็นอันตรายโดยการทำให้เป็นก้อน ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากวิธีการนี้มีชื่อเรียกว่า Stablex และได้มีการกำหนดคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ต้องพิจารณา ดังนี้

1. กำลังรับแรงอัด มีการทดสอบกำลังรับแรงอัดอยู่ 2 วิธี คือ กำลังรับแรงอัดแบบปิดกัก (Confine compressive strength) และ กำลังรับแรงอัดแบบไม่ปิดกัก (Unconfine compressive strength) ของเสียบางชนิดที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนจะไม่เป็นก้อนแข็งเหมือนกับคอนกรีตหรือมอร์ตาร์ เมื่อนำไปทดสอบกำลังรับแรงอัด ลักษณะการวิบัติจะเป็นแบบพลาสติก ทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดแบบไม่ปิดกักค่อนข้างต่ำ เมื่อนำของเสียที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนมาฝังกลบ ก็ย่อมจะมีแรงดันจากวัสดุอื่นๆโดยรอบ ดังนั้นการใช้กำลังรับแรงอัดแบบปิดกักน่าจะเหมาะสมกว่า

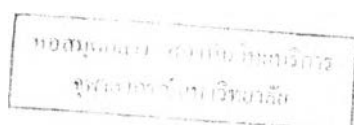
ตารางที่ 3.4 เปรียบเทียบวิธีการสกัดสาร (Perket และ Webster, 1981)

การทดสอบการชะละลาย	Standard Leach Test	Toxicant Extraction Procedure	ASTM Method A	Extraction Procedure
1. ปริมาณตัวอย่างสาร	28.6 กรัมตัวอย่างสาร (ส่วนที่เป็นของแข็ง)	ไม่ระบุน้ำหนักที่สุด	350 กรัม	น้ำหนักอย่างน้อย 100 กรัม (0.5% ของแข็ง)
2. การเตรียมตัวอย่างสาร	แยกของเหลว โดยใช้ 0.45 μ m pressure filtration	แยกของเหลวโดยวิธี centrifugation หรือ filtration	-	บดให้มีขนาด 9.5 มม.
3. อัตราส่วนของเหลวต่อของแข็ง	10 : 1 ถึง 7 : 1	10 : 1 (เริ่มต้น 8 : 1)	4 : 1	20 : 1 (เริ่มต้น 16 : 1)
4. สารที่ใช้สกัด (Extraction Solution)	Buffered acetic acid หรือ น้ำกลั่น	acetic acid หรือ Sodium hydroxide	ASTM Type IV water	0.5 N acetic acid; 4 มล/ก ของตัวอย่างสาร
5. การควบคุม pH	แปรเปลี่ยน	4.9 - 5.2	ไม่กำหนด	4.8 - 5.2
6. ภาชนะที่ใช้ทดสอบ	ภาชนะ-ปิด	ไม่กำหนด	ขวดปากกว้าง (ปิดฝา)	เครื่องกวนหรือเครื่องมือที่เทียบเท่า
7. วิธีการผสมและระยะเวลาการทดสอบ	rotating shaker 24 ชม.	mechanical stirring 24 ชม.	reciprocating shaker 48 ชม.	เครื่องกวนคอนกรีต 24 ชม.
8. การแยกของเหลวและของแข็ง	กรองผ่านกระดาษกรองขนาด 0.45 μ m	กรองผ่านกระดาษกรองขนาด 0.45 μ m	กรองผ่านกระดาษกรองขนาด 0.45 μ m โดยใช้เครื่องกรองแบบความดันหรือแบบสุญญากาศ	กรองผ่านกระดาษกรองขนาด 0.45 μ m

2. ความชื้นได้ การที่สารมลพิษเคลื่อนที่ปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำจากของเสียที่ฝังอยู่ในสถานที่กลบฝังขึ้นอยู่กับความชื้นได้ ซึ่งหมายถึง อัตราซึ่งน้ำผ่านเข้าสู่วัสดุสาร ถ้าความชื้นได้ต่ำ ก็เป็นไปได้ที่น้ำจะไหลลงผ่านผิวหน้าของของเสียเท่ากับเป็นการลดการปนเปื้อนของสารมลพิษลงสู่ น้ำ ถึงแม้ว่าการทำให้เป็นก้อนจะเปลี่ยนรูปสารมลพิษให้อยู่ในรูปสารประกอบที่ไม่ละลายแล้วก็ตาม แต่ความสามารถในการละลายของสารประกอบเหล่านี้ก็ยังมีอยู่ ดังนั้น ของเสียที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนต้องมีความชื้นได้ที่ต่ำ เพื่อที่จะลดการปนเปื้อนของสารมลพิษออกไปสู่สิ่งแวดล้อม

3. การชะละลาย จากคุณสมบัติที่กำหนดให้มีความชื้นได้ต่ำ แต่ถาเกิดภาวะแวดล้อมต่างๆมากระทำต่อผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลายาวนาน อาจทำให้เกิดการกัดกร่อนที่พื้นผิวได้ ดังนั้นต้องมีการแน่ใจว่าสารมลพิษจะไม่ถูกชะละลายออกมา หรือชะละลายในปริมาณที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายถึงแม้ว่ากากของเสียที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนจะแตกเป็นชิ้นเล็กๆ โดยวิธีที่นิยมใช้ทดสอบเรียกว่า Equilibrium Test

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (พ.ศ.2531) ได้กำหนดสมบัติของของเสียที่ผ่านการทำให้เป็นก้อน ดังนี้



1. น้ำซึมผ่านได้ในอัตราต่ำกว่า 1×10^{-6} ซม./วินาที
2. รับแรงอัด ได้ไม่น้อยกว่า 14 กก./ตร.ซม
3. มีความหนาแน่นไม่ต่ำกว่า 1.04 ตัน/ลบ.ม
4. มีลักษณะแข็งคล้ายหิน ไม่ไหม้ไฟ ไม่มีกลิ่น

เกณฑ์มาตรฐานในการระบุของเสียที่เป็นอันตราย

บุญยง โสฬหวงศ์วัฒน์ (2536) รายงานว่า กลุ่มประเทศสมาชิกยุโรป ได้พิจารณาแยกคุณสมบัติของของเสียที่เป็นอันตรายตามลักษณะของหลุมฝังกลบ โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. สำหรับฝังกลบกากของเสียที่เป็นอันตราย
2. สำหรับฝังกลบของเสียเฉื่อย (Inert waste)
3. สำหรับฝังกลบขยะชุมชน และของเสียที่ไม่อันตราย

ในการวิเคราะห์ตัวอย่างของเสียจะต้องพยายามคงรูปเดิมให้ได้มากที่สุด ถ้าเป็นชิ้นโตต้องบดให้เล็กลง แล้วทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน DIN 38414-S4 โดยจะต้องเขย่าด้วยการหมุนครั้งละ 180° ต่อนาที เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง แล้วเทียงแยกหรือกรองแยกน้ำใสกับตะกอนด้วยผ้ากรอง $0.45 \mu\text{m}$ ถ้าผลการวิเคราะห์น้ำสกัด พบว่า

น้ำสกัดมีค่าอยู่ในช่วงของเสียที่เป็นอันตราย ต้องนำไปฝังกลบสำหรับของเสียที่เป็นอันตราย สำหรับน้ำสกัดที่มีค่าสูงเกินกว่าช่วงค่าที่ระบุไว้ ของเสียนั้นต้องส่งไปทำลายฤทธิ์ก่อนที่จะนำไปฝังกลบสำหรับกากของเสียอันตราย หากทำลายฤทธิ์ไม่ได้จะต้องฝังในที่ที่ออกแบบเป็นพิเศษเพื่อเก็บชั่วคราว หรืออาจให้ฝังกลบปนกับที่ฝังกลบขยะชุมชน

น้ำสกัดมีค่าไม่เกินค่าสูงสุดของของเสียเฉื่อยตามที่ระบุไว้ ก็ถือว่าเป็นของเสียเฉื่อยสามารถทิ้งหรือฝังได้ทั่วไป

น้ำสกัดอยู่ระหว่างค่าของเสียเฉื่อยและค่าต่ำสุดสำหรับฝังในที่ฝังกลบของเสียอันตราย ให้ถือว่าเป็นของเสียที่ไม่อันตราย

ค่าสารมลพิษในน้ำสกัดถือว่าเป็นช่วงของของเสียอันตราย ที่สามารถฝังกลบในหลุมฝังกลบแบบของเสียที่เป็นอันตราย และของเสียเฉื่อย ตามการจำแนกของกลุ่มประเทศสมาชิกยุโรปแสดงดังตารางที่ 3.5

กระทรวงอุตสาหกรรม (พ.ศ. 2531) ได้กำหนดมาตรฐานสำหรับลักษณะสมบัติของสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้วท้ายประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 25 โดยได้กำหนดลักษณะสมบัติของสารมีพิษ ซึ่งเมื่อนำมาทำการสกัดสารด้วยวิธีการสกัดสารและวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัดแล้ว พบว่าปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัดมีค่าใดค่าหนึ่งดังต่อไปนี้

อาร์เซนิก มากกว่า 5 มก./ล.

แคดเมียม มากกว่า 1 มก./ล.

โครเมียม มากกว่า 5 มก./ล.

ตะกั่ว มากกว่า 5 มก./ล.

ปรอท มากกว่า 0.2 มก./ล.

ตารางที่ 3.5 แสดงช่วงของของเสียที่เป็นอันตรายและของเสียเฉื่อย (บุญยง โล่ห์วงศ์วัฒน์, 2536)

สารมลพิษ	ช่วงของเสียที่เป็นอันตราย	ช่วงของเสียเฉื่อย
ตะกั่ว	0.4 - 0.2 มก./ล.	สารมลพิษทุกตัวรวม กันไม่มากกว่า 5 มก./ล. และไม่มี สารมลพิษตัวใดตัวหนึ่ง เกินค่าที่ระบุไว้
แคดเมียม	0.1 - 0.5 มก./ล.	
โครเมียม (+6)	0.1 - 0.5 มก./ล.	
ทองแดง	2 - 10 มก./ล.	
นิกเกิล	0.4 - 2.0 มก./ล.	
ปรอท	0.02 - 0.1 มก./ล.	
สังกะสี	2-10 มก./ล.	
พีเอช	4-13	4-13
อาร์เซนิก (+3)	0.2-1.0 มก./ล.	<0.1 มก./ล.
ฟีนอล	20-100 มก./ล.	<10 มก./ล.
ฟลูออไรด์	10-50 มก./ล.	น้อยกว่า 5 มก./ล.
แอมโมเนีย	0.2-1.0 ก./ล.	น้อยกว่า 50 มก./ล.
คลอไรด์	1.2-6.0 ก./ล.	น้อยกว่า 0.5 ก./ล.
ไซยาไนด์	0.2-1.0 มก./ล.	น้อยกว่า 0.1 มก./ล.
ซัลเฟต *	0.2-1.0 ก./ล.	น้อยกว่า 1.0 ก./ล.
ไนไตรต์	6-30 มก./ล.	น้อยกว่า 3 มก./ล.
AOX **	0.6-30 มก./ล.	น้อยกว่า 0.3 มก./ล.
Solvents ***	0.02-0.1มก./ล.	น้อยกว่า 10 มก./ล.
Pesticides ***	1-5 มก./ล.	น้อยกว่า 0.5มก./ล.
Lipoph.sub	0.4-2.0 มก./ล.	น้อยกว่า 1 มก./ล.

หมายเหตุ * = ถ้าเป็นไปได้ ควรน้อยกว่า 500 มก./ล.

** = Adsorbed organically-bound halogens

*** = Chlorinated

การศึกษาที่ผ่านมา

Shively และ คณะ (1986) ศึกษาเกี่ยวกับการกำจัดโลหะหนักโดยการทำให้เป็นก้อน และ กำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) และ ทดสอบการชะละลายโลหะหนัก (Leaching Tests) โดยได้ทำการทดสอบโลหะหนัก 4 ชนิด คือ แคดเมียม โครเมียม อาร์เซนิก และ ตะกั่ว และ ทดสอบการชะละลายน้ำ 15 ครั้ง ของโลหะหนักแต่ละชนิดและโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดผสมกัน สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. จากการทดสอบความเข้มข้นของน้ำสกัดจากของเสียทั้ง 4 ชนิด และของเสียผสมซึ่งผ่านกระบวนการทำให้เป็นก้อนด้วยซีเมนต์แล้วนั้น พบว่า ความเข้มข้นของโลหะหนักอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ U.S.EPA (สำหรับการสกัดโลหะหนักในครั้งแรก) ทั้งกรณีที่ใช้อัตราส่วนผสมน้ำ : ซีเมนต์ (W/C) เท่ากับ 0.5 และ 1.0 โดยค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำสกัดจะมีค่าสูงขึ้น เมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมของน้ำจาก 0.5 เป็น 1.0 การละลายโลหะหนักออกจากของเสียแบ่งได้เป็น 3 ช่วง คือ ช่วงแรกเมื่อเริ่มการสกัดโลหะหนัก แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ในซีเมนต์จะทำหน้าที่ทำลายฤทธิ์ของกรดที่ใช้สกัดให้เป็นกลาง ทำให้ค่า pH มีค่ามากกว่า 10.0 และมีการละลายของสารในซีเมนต์ออกมาเพียงเล็กน้อย ในช่วงที่สองที่ ค่า pH มีค่า < 6 จะมีการละลายของโลหะหนักสูงสุด ในช่วงที่สาม เมื่อทำการสกัดต่อไป อัตราการละลายของโลหะหนักจะเริ่มลดน้อยลง และอัตราการละลายจากการสกัดแต่ละครั้งจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณโลหะหนักในของเสีย

2. จากการทดสอบกำลังแรงอัด (Compressive Strength) ที่ระยะเวลาการบ่ม 14 วัน พบว่า เมื่อใช้แคดเมียมและอาร์เซนิกมากำจัดโดยการทำให้เป็นก้อน จะทำให้กำลังแรงอัดของแท่งซีเมนต์ลดลง ทั้งกรณีที่ใช้ค่า W/C 0.5 และ 1.0 สำหรับของเสียผสมจะลดกำลังรับแรงอัดลดลงเฉพาะค่า W/C 0.5 ส่วนการใช้โครเมียม และ ตะกั่ว นั้นจะไม่มีผลต่อกำลังแรงอัด

ของเสียที่เกิดจากกระบวนการกลั่นแบบกรดและดินเหนียว ได้แก่ อากาศเสีย ซึ่งเกิดจากการระเหยหรือไอของกรดต่างๆ ไขมัน และ ไอสารประกอบไฮโดรคาร์บอน จะปล่อยออกสู่อากาศภายนอก น้ำชะไกรด น้ำล้างเครื่องมืออุปกรณ์ และ น้ำล้างพื้นโรงงาน จะถูกระบายทิ้งลงท่อระบายโดยตรง ส่วนกากตะกอนไขมันต่างๆ เช่น ตะกอนไขมันลอย (oil scum) ตะกอนไขมันที่ตกตะกอนได้ (oil sludge) ตะกอนขุ่น (bottom still) จากการกลั่น ตะกอนเลน (oily mud) สลัดจ์กรด และดินดูดซับสีที่ใช้แล้ว จะถูกนำไปทิ้งโดยการฝังกลบ (landfill) ลาดกระจายบนดิน (land farming) บางส่วนอาจถูกเผาที่บนพื้นที่บริเวณโรงงาน (Mueller Associates, Inc., 1987)

Bishop (1988) ศึกษาการชะละลายของโลหะหนักจากของเสีย ที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนโดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่สอง โดยทำการสกัด 15 ครั้ง ได้ค่า Buffering Capacity ของของเสียดังกล่าวได้ 18.3 meq/g และทำการศึกษาการชะละลายโลหะหนัก 3 ชนิด คือ โครเมียม ตะกั่ว

และแคดเมียม เพื่อศึกษาถึงกลไกของการยึดจับโลหะหนักในซีเมนต์แข็งตัว สรุปได้ว่า โครเมียมและตะกั่วมีส่วนร่วมในปฏิกิริยาการแข็งตัวของซีเมนต์ และเป็นไปได้ที่จะทำปฏิกิริยากับซิลิกาเกิดเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อนของซิลิกา ส่วนแคดเมียมจะอยู่ในรูปตะกอนไฮดรอกไซด์ และแทรกตัวอยู่ตามรูพรุนหรือเกาะติดกับผนังของรูพรุนในซีเมนต์แข็งตัว

Jaggi (1988) ศึกษาและวิจัยการกำจัดสารอันตรายจากโรงชุบโลหะของอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่ และอุตสาหกรรมผลิตยากำจัดศัตรูพืช ซึ่งมีแคดเมียม ตะกั่ว และ อลด์ริน ปนเปื้อนอยู่ในของเสียตามลำดับ โดยใช้กระบวนการทำให้เป็นก้อนด้วยวัสดุประสานชนิดต่างๆ เช่น ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ผสมซีเอกจากแคลส และ ผงซีเมนต์จากเตาที่โรงงานปูนซีเมนต์ แล้วทดสอบหาคุณสมบัติของแท่งซีเมนต์แข็งตัว ได้แก่ กำลังรับแรงอัดและการชะละลาย ผลการทดลองพบว่า

1. การชะละลายของโลหะหนักและอลด์รินจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณของเสียในอัตราส่วนผสม และเพิ่มอัตราส่วนของพื้นที่ผิว : ปริมาตรของแท่งซีเมนต์
2. การชะละลายจะมีค่าน้อยลงเมื่อเพิ่มพีเอชของสารสกัด
3. การเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงอัด จะเกิดขึ้นเมื่อใช้ปริมาณของเสียต่ำๆ และเมื่อระยะเวลาบ่มตัวของแท่งซีเมนต์นานขึ้น
4. อัตราส่วนผสมของน้ำ : ซีเมนต์ที่ 0.5 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับของเสียที่เป็นสารอินทรีย์ (แคดเมียมและตะกั่ว) และอัตราส่วนผสมที่ 0.35 จะเหมาะสมกับของเสียที่เป็นสารอินทรีย์ (อลด์ริน)

Shin และ Sujiwatthana (1988) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดของเสียอันตราย โดยกระบวนการทำให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์ โดยใช้ของเสีย 4 ชนิด คือ ตะกั่ว แคดเมียม อลด์ริน (aldrin) และ คลอเดน (Chlordane) และนำก้อนตัวอย่างที่แข็งตัวแล้วไปทดสอบการชะละลาย (Leaching Tests) และทดสอบกำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) ซึ่งสามารถสรุปผลของปัจจัยต่างๆได้ดังนี้

1. ปริมาณของเสียที่ถูกสกัดออกมาจะเป็นสัดส่วนโดยตรง กับปริมาณของเสียที่เติมลงไป กำลังรับแรงอัดจะมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณของเสียลงในส่วนผสม
2. อัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.5 ให้กำลังรับแรงอัดสูงสุดและปริมาณของเสียในน้ำสกัดต่ำสุด
3. อัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของก้อนตัวอย่างสูงขึ้น ความสามารถในการชะละลายเพิ่มมากขึ้น
4. ระยะเวลาการบ่มไม่มีผลมากนักต่อการชะละลาย แต่มันจะทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มมากขึ้น

Chang (1989) ทำการวิจัยเกี่ยวกับการกำจัดโลหะหนัก ด้วยกระบวนการทำให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์ผสมซีเถ้าจากเถ้า โดยเปรียบเทียบการกำจัดโลหะหนักระหว่างการใช้ปูนซีเมนต์อย่างเดียวกับปูนซีเมนต์ผสมซีเถ้าจากเถ้า 1:1 โดยใช้โลหะหนักจากการสังเคราะห์ ได้แก่ โครเมียม ทองแดง และปรอท จากผลการวิจัยพบว่ากลไกการยึดเกาะโลหะหนักในซีเมนต์เป็นปัจจัยสำคัญ ในการใช้อธิบายพฤติกรรมของการชะละลาย พันธะการยึดเกาะระหว่างโลหะหนักกับซีเมนต์ที่แตกต่างกันจะมีผลให้การชะละลายโลหะหนักแตกต่างกัน การชะละลายของโครเมียมในปูนซีเมนต์ผสมซีเถ้าจากเถ้าจะสูงกว่าในปูนซีเมนต์อย่างเดียว ในขณะที่การชะละลายของทองแดงและปรอทในซีเมนต์อย่างเดียวสูงกว่าปูนซีเมนต์ผสมซีเถ้าจากเถ้า

ทองแดงและปรอทจะถูกยึดอยู่ในซีเมนต์ในรูปพหุหรือดูดติดกับผนังของรูพรุน การชะละลายของทองแดงและปรอทจะขึ้นอยู่กับค่าความเป็นด่าง จากผลการวิเคราะห์น้ำสกัดพบว่าค่าความเป็นด่างจะมีค่าสูงขึ้นตามค่าการชะละลายของทองแดงและปรอท จากการเปรียบเทียบสารที่ใช้กำจัดโลหะหนักทั้ง 2 วิธีพบว่า วิธีกำจัดโดยใช้ปูนซีเมนต์อย่างเดียวจะเหมาะกับการกำจัดโครเมียม ส่วนวิธีกำจัดโดยใช้ปูนซีเมนต์ผสมซีเถ้าจากเถ้าเหมาะสำหรับกำจัดทองแดงและปรอท

Rijal (1990) ศึกษาการทำให้เป็นก้อนของน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการ โดยทำการบำบัดก่อนด้วยวิธีการตกตะกอนผลึกเพื่อให้ได้กากตะกอนไฮดรอกไซด์ของโครเมียมและสังกะสี วัสดุประสานที่ใช้ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมกับเถ้าจากเถ้า (ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1) ผลการศึกษาพบว่า

1. กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่างลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณสลัดจ์ในส่วนผสม
2. เมื่อเพิ่มปริมาณสลัดจ์ในส่วนผสม ทำให้ความสามารถถูกชะละลายของโลหะหนักเพิ่มขึ้น
3. สลัดจ์ที่ทำให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์สามารถยึดจับโครเมียมได้ดีกว่า เมื่อใช้ปูนซีเมนต์ผสมเถ้าจากเถ้าที่อัตราส่วนสลัดจ์ต่อวัสดุประสานน้อยกว่า 0.2 แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมมากกว่า 0.5 ปูนซีเมนต์ผสมเถ้าจากเถ้าให้ประสิทธิภาพที่สูงกว่า
4. เมื่อระยะเวลาบ่มเพิ่มขึ้น การชะละลายของโลหะหนักลดลง
5. อัตราส่วนสลัดจ์ต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.5 ให้ค่าที่เหมาะสมสำหรับกำลังรับแรงอัดและจำกัดความสามารถถูกชะละลายของโลหะหนัก อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.55 ให้ค่าที่เหมาะสมสำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และ 0.75 สำหรับปูนซีเมนต์ผสมกับเถ้าจากเถ้า

Claudio (1991) ได้ทำการศึกษาการทำสลัดจ์จากน้ำเสียโรงงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้าให้เป็นก้อนโดยใช้วัสดุประสาน 3 ชนิด ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนซีเมนต์ปอซโซลานิก และปูนซีเมนต์กันเตาเผา มาทำการทดลองที่ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.3, 0.5 และ 0.7 ผลการทดลองสรุปได้ว่า การทำให้เป็นก้อนโดยใช้ปูนซีเมนต์เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงในการตรึงโลหะที่มีพิษ เช่น แคดเมียม ปรอท

และตะกั่ว จากสลัดจ์น้ำเสียโรงงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้า และ สลัดจ์ที่ผ่านการทำให้เป็นก้อนสามารถจัดอยู่ในประเภทสารเฉื่อย

Cheng และ Bishop (1992) ได้ทำการศึกษาการกระจายของโลหะหนักในก้อนแข็งหล่อซีเมนต์ ก่อนและภายหลังการทดสอบการชะละลายโดยใช้กรดอะซิติก โดยก้อนแข็งจะถูกหล่อเป็นรูปทรงกลมด้วยปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์และกากตะกอนโลหะหนักซึ่ง ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และ อาร์เซนิก โดยโลหะหนักจะถูกวิเคราะห์ด้วยวิธี Scanning Electron Microscopy (SEM) Energy dispersive X-ray (EDX) และ Wet digestion/AA Method จากผลการวิจัยพบว่า บริเวณผิวของตัวอย่างจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยกรดอะซิติก กล่าวคือ แคดเมียมส่วนใหญ่ในองค์ประกอบของก้อนแข็งจะถูกชะละลายออกมา ในขณะที่ซิลิกอน, เหล็ก และ อลูมิเนียม ยังคงเหลืออยู่ และสารดังกล่าวนี้จะมีคุณสมบัติในการดูดซับและดูดติดผิวได้ดี ดังนั้นโลหะหนักที่ละลายออกไปจะถูกดูดติดผิวที่บริเวณชั้นผิวของก้อนตัวอย่าง ซึ่งจะช่วยป้องกันการชะละลายของโลหะหนักไว้ได้

จากการวิเคราะห์โลหะหนักในก้อนตัวอย่าง พบว่าการชะละลายของโลหะหนักจะเกิดเฉพาะที่บริเวณชั้นผิวเท่านั้น ปริมาณโลหะหนักในชั้นที่ไม่มีการชะละลายยังคงมีค่าใกล้เคียงกันในช่วงก่อนการทดสอบการชะละลาย

วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล (2537) กล่าวถึง วิธีการบำบัดของเสียที่เกิดจากการกลั่นน้ำมันไขแล้ว โดยได้สรุปแนวทางการกำจัดของเสียประเภทต่างๆอัน ได้แก่ สลัดจ์กรด ดินดูดซับสีที่ใช้แล้ว น้ำปนเปื้อน(อีมัลชัน) ก้อนถ่านแข็ง ดังนี้

1. การทำสลัดจ์กรดเป็นกลางด้วยอัลคาไลน์ โดยการกวนละลาย sludge lime ในน้ำในจำนวนที่สมดุลกับปริมาณสลัดจ์กรด นำสลัดจ์กรดจากกันถังที่ใช้ล้างน้ำมันหล่อลื่นด้วยกรด คอยๆใส่ลงไปใน slaked lime ในขณะที่กวนผสมอยู่ตลอดเวลาจนสลัดจ์กรด (acid sludge) ทั้งหมดถูกทำให้เป็นกลาง สารละลายที่เป็นกลางแล้วต้องผ่านกระบวนการบำบัดน้ำทิ้งก่อนจึงปล่อยทิ้งได้

2. การฟื้นฟูสภาพดินดูดซับสีที่ใช้แล้ว ทำได้โดยการเผาทิ้งสารประกอบอินทรีย์ต่างๆที่ติดกัมมันต์จับไว้ เพื่อนำดินกัมมันต์ไปใช้งานใหม่

3. การเผาอีมัลชันของน้ำมันออกจากน้ำทิ้ง อุณหภูมิที่ปนเปื้อนน้ำมันให้ร้อน แล้วเติมกรด (หรือสลัดจ์กรด) ผสมเข้าไปในน้ำทิ้ง เพื่อทำลายอีมัลชันของน้ำมัน จากนั้นปล่อยทิ้งไปบำบัดในระบบตะกอนเร่ง (activated sludge process) ส่วนชั้นน้ำมันที่เหลือก็ต้องแยกน้ำออกเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง

สมาน ตั้งทองทวี (2537) กล่าวถึง แนวทางในการจัดการของเสียที่เกิดจากกระบวนการกลั่นใหม่ ในโรงกลั่นที่ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม โดยมีหลักการหรือแนวทางในการช่วยกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม จากการกลั่นน้ำมันเครื่องเก่า ดังนี้

1. ไอร่เหยจกกรรบวนกรกลั่นจะประกบด้วยไอน้ำมัน ไอของกรด และ ไอของสารประกบไฮโดรคาร์บอน ควรเผาไอ่ที่อุณหภูมิสูงและมีเวลาสันดาปนานพอ จากนั้นก็ตามด้วยระบบชะไอกรด (Scrubber) และระบบดักเขม่าควัน เช่น Electrostatic Precipitator-EP

2. น้ำเสีจอาจเกิดจกการใช้น้ำชะไอกรด หรือการล้างอุปกรณ์ เครื่องมือ หรือการล้างพื้นโรงงาน ควรจัดการแยกเอาตะกอนน้ำมันที่ลอยน้ำหรือน้ำมันที่ตกตะกอนได้ออกด้วยระบบลอยน้ำมันหรือระบบตกตะกอน จากนั้นบำบัดน้ำเสีจทางชีววิทยา เช่น ระบบเลี้ยงตะกอนหรือระบบเติมอากาศ แล้วปล่อยน้ำที่บำบัดแล้วลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

3. ตะกอนน้ำมันลอย (oil scum) ตะกอนน้ำมันตกตะกอนได้ (oil sludge) หรือตะกอนจุลชีพจกการบำบัดน้ำเสีจ ตลอดจนตะกอนชั้น (bottom still) จกการกลั่น และตะกอนเลน (oil mud) ควรจัดการด้วยวิธีการดังนี้

3.1 เผาด้วยเตามาตรฐานที่มีอุปกรณ์ป้องกันมลพิษทางอากาศ อาจเกิดน้ำเสีจจกเตาเผา เช่น น้ำชะไอกรดหรือเขม่าควัน ต้องนำน้ำเสีจที่เกิดไปบำบัดต่อ สำหรับเถ้าที่เกิดขึ้นต้องนำมาทดสอบหากมีโลหะหนักเกินมาตรฐาน ต้องนำมาทำเสีจรให้คงรูปไม่ละลายน้ำด้วยการผสมปูนซีเมนต์หรือปูนขาวก่อนที่จะนำไปฝังกลบในหลุมฝังกลบที่ได้มาตรฐาน.

3.2 นำกากตะกอนน้ำมันมาผสมกับปูนซีเมนต์ และ สารเพิ่มประสิทธิภาพบางอย่างจนตะกอนน้ำมันแข็งตัวจับกันเป็นก้อน จากนั้นบดเป็นผงเพื่อสะดวกในสงและดูแลเสีจเข้าป้อนเตาไฟ เป็นเชื้อเพลิงให้กับโรงงานปูนซีเมนต์ นอกจากจะให้ความร้อนแล้ว เถ้าที่เกิดจกการเผาก็เป็นส่วนผสมของเนื้อปูนซีเมนต์ โดยการควบคุมอัตราการผสม ไซ้ผงเชื้อเพลิงนี้ให้เหมาะสมทำให้มีสารปนเปื้อนในปูนซีเมนต์ไม่เกินมาตรฐานปูนซีเมนต์ที่ยอมรับได้

สุภัญญา ตั้งศรีพงษ์กุล (2537) ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแปรสภาพน้ำมันเครื่องที่ใช้แล้วกลับมาใช้งานใหม่ โดยตัวอย่างน้ำมันเครื่องที่ใช้แล้ว 2 ประเภท คือ น้ำมันเครื่องที่ใช้กับเครื่องยนต์เบนซิน และที่ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล โดยนำน้ำมันเครื่องนั้นมาทำการบำบัดด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 98% และดินเหนียว (fuller' earth) สภาวะที่ศึกษาคือ ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้ เวลาในการบำบัดด้วยกรดและความเร็วรอบของใบกวน ผลการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการแปรสภาพสำหรับน้ำมันเครื่องที่ใช้กับเครื่องยนต์เบนซิน คือ ปริมาณกรดซัลฟูริก 98% จำนวน 8% - 10% โดยปริมาตร เวลาในการบำบัด 50-60 นาที ความเร็วรอบของใบกวน 600-800 รอบต่อนาที สำหรับน้ำมันเครื่องที่ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล คือ ปริมาณกรดซัลฟูริก 98% จำนวน 10%-12 % โดยปริมาตร เวลาในการบำบัด 60 นาที ความเร็วรอบของใบกวน 600 รอบต่อนาที

เมื่อปี 2536 กรมทะเบียนการค้าได้สำรวจแหล่งผลิตน้ำมันเครื่องจกน้ำมันเครื่องที่ใช้แล้วหลายแห่งในย่าน จ. สมุทรสาคร พบว่ามีโรงงานประเภทไม่มีเทคโนโลยีในการผลิต โดยผลิตน้ำมันที่ปนเปื้อนกรดออกขายตลาด และเกิดการกัดโลหะจนเครื่องยนต์ได้รับความเสีจหาย (จนมีผู้ร้องเรียนเข้ามา) นอก

จากนี้กรรมวิธีผลิตที่ใช้ในการต้มกับกรด ยังปล่อยกรดกำมะถันออกสู่บรรยากาศเกิดฝนกรด (acid rain) และหากที่เหลือจากการต้มกับกรดจะมีลักษณะเป็นเรซินเหนียวข้น โรงงานเหล่านี้จะเททิ้งไว้ในบ่อพักหลังโรงงาน ถ้าเกิดฝนตกจะทำให้เรซินไหลลงไปตามพื้นดิน ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะอย่างรุนแรงได้ (เทคโนโลยีน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว, 2537)

บริษัท อุตสาหกรรมน้ำมันไทย เป็นบริษัทซึ่งทำการกลั่นน้ำมันเครื่องเก่าแบบกรดและดินเหนียว โดยทางโรงงานจะทิ้งสัจกรด และดินดูดซับที่เสื่อมสภาพแล้วลงบนพื้นที่ข้างๆโรงงาน และยังพบว่า ชาวบ้านที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงได้กลั่นน้ำมันและไอกรด ซึ่งรบกวนสร้างความรำคาญอยู่ตลอดเวลา (ชัยนัฎ ไข่มุกทอง, ลัมภาษณ, 10 พฤษภาคม 2538)

การเลือกใช้วิธีการบำบัดของเสียต่างๆที่เกิดจากระบวนการกลั่นขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น ความเหมาะสม เงินทุน และ อื่นๆ