บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและการดำเนินการทดลอง

3.1 วัสดุและสารเคมี

3.1.1 เม็ดโพลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.0921 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าดัชนีการไหลเท่ากับ 0.50 กรัมต่อนาที)

3.1.2 ยางสังเคราะห์คลอโรปรีน

3.1.3 กระดาษ

3.1.4 โซเดียมซัลเฟตชนิดผง

3.1.5 กรดบอริกชนิดผง

3.1.6 เรซินจากบริษัทดาวน์เคมิคอลจำกัด ชนิด IRA120

3.1.7 น้ำดีไอออนไนซ์ (deionized water)

3.1.8 สารละลายโซเดียมคลอไรด์

3.1.9 สารละลายแคลเซียมซัลเฟต

3.1.10 สารละลายกรดซัลฟิวริก

3.1.11 สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต

3.1.12 สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

3.1.13 สารละลายซีเซียม-137คลอไรด์ ความแรงรังสี 0.1358 ไมโครคูรีต่อมิลลิลิตร ณ. วันที่ 29 มีนาคม 2539

3.1.14 สารละลายโคบอลต์-60ไนเตรต ความแรงรังสี 0.1356 ไมโครคูรีต่อมิลลิลิตร ณ. วันที่ 10 พฤษภาคม 2539

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 กระบอกพลาสติก

3.2.2 กระบอกตวงขนาดต่างๆ

3.2.3 แท่งแก้วคนสาร

3.2.4 หลอดทดลอง

3.2.5 ถุงมือยาง
3.2.6 เครื่องหลอมเม็ดพลาสติก
3.2.7 แบบที่ใช้ขึ้นรูปชิ้นงาน
3.2.8 เวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์

3.3 เครื่องมือ

3.3.1 เครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่องชนิดเคลื่อนย้ายได้ (Portable Multichannel Analyzer รุ่น 10 Plus) จากบริษัทแคนเบอร์รา จำกัด
3.3.2 อุปกรณ์กำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูง (High Voltage Power Supply) จากบริษัทออร์เทค
3.3.3 อุปกรณ์ขยายสัญญาณ (Pre-Amplifier) จากบริษัทออร์เทค
3.3.4 หัววัดรังสีโซเดียมไอโอไดด์ขนาด 5 นิ้ว X 5 นิ้ว จากบริษัทออร์เทค
3.3.5 เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึงและความทนทานต่อแรงกด (Universal Testing Machine) จากบริษัทฮาวน์ฟิวล์รุ่น 100R
3.3.6 เครื่องอัดไฮดรอลิก
3.3.7 เตาอบสารตัวอย่าง
3.3.8 เครื่องชั่งสาร

3.4 การทดลอง

3.4.1 การเตรียมกาก (Waste preparation)

เนื่องจากเหตุผลทางด้านความปลอดภัยจากกัมมันตภาพรังสี และเพื่อป้องกันการปนเปื้อนสารรังสีบนเครื่องมือหลายชนิด จึงจำเป็นต้องดำเนินการวิจัยโดยมีกากสองประเภท คือกากกัมมันตรังสีจริงและกากกัมมันตรังสีจำลอง โดยทั้งสองชนิดจะมีคุณสมบัติเหมือนกัน ยกเว้นการมีรังสีเท่านั้น และกากกัมมันตรังสีจะใช้ในกรณีที่จำเป็นต่อการทดสอบบางชนิด เช่น ในการทดสอบหาดัชนีการถูกชะล้าง (leach index) ส่วนที่ไม่มีกัมมันตรังสีจะใช้ในการทดสอบส่วนอื่นที่ไม่จำเป็นต้องมีกัมมันตภาพรังสี เช่น การทดสอบความทนทานต่อแรงกด (compressive strength) ความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ความทนทานต่อสารเคมี (Chemical resistant)เป็นต้น

3.4.1.1 การเตรียมกากกัมมันตรังสีจำลอง

กากประเภทนี้เตรียมขึ้นสำหรับใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์กากฯผนึก ที่ผลิตขึ้นเพื่อทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ที่จำเป็นในการวิจัยครั้งนี้ มีบางคุณสมบัติเท่านั้นที่ได้ถูกเลือกมาเป็นมาตรฐานในการทดสอบผลิตภัณฑ์กากฯผนึก กากกัมมันตรังสีจำลองที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยชนิดต่างๆดังนี้

3.4.1.1.1 กากประเภทเถ้า (Ash waste) เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากการบำบัดกากโดยวิธีการเผาซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการบำบัดกากมากที่สุดวิธีหนึ่ง ส่วนประกอบของวัสดุประเภทต่าง ๆ ที่จะนำมาเผานั้นคือ

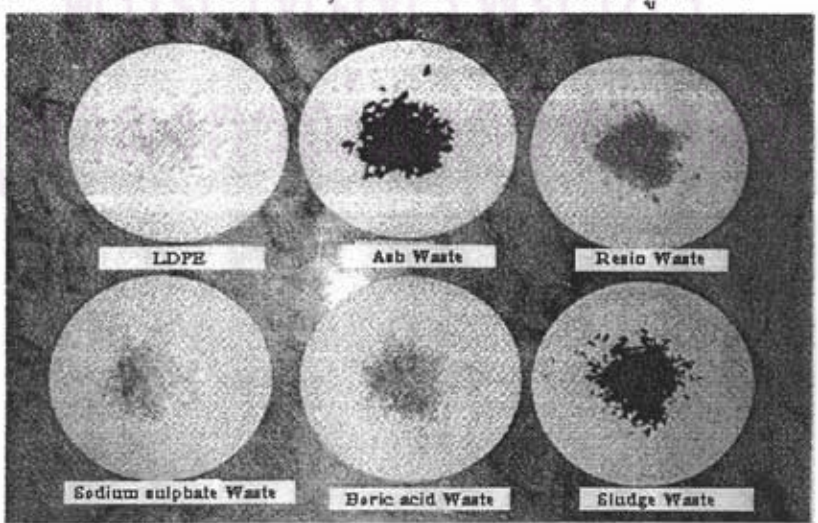
ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
กระดาษ	50 %
ยางสังเคราะห์	50%

ซึ่งเมื่อนำส่วนประกอบทั้งสองมาเผารวมกัน ในที่สุดก็จะได้เถ้าที่มีความหนาแน่นแบบบัลค์ประมาณ 0.24305 กรัมต่อลูกบาศก์เซ็นติเมตร

3.4.1.1.2 กากประเภทเรซินที่ใช้แล้ว (Spent ion-exchange Resin) เป็นกากที่ได้จากกระบวนการบำบัดด้วยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน ซึ่งก็เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการบำบัดกากอีกเช่นกัน สำหรับในงานวิจัยครั้งนี้ได้นำเรซินชนิด Dowex IRA 120 ซึ่งเป็นกากจากห้องปฏิบัติการภายในภาควิชาฯ มีความหนาแน่นแบบบัลค์เท่ากับ 0.8599 กรัมต่อลูกบาศก์เซ็นติเมตร

3.4.1.1.3 กากประเภทสลัดจ์ (Activated Sludge) เป็นกากที่เป็นผลผลิตจากกระบวนการบำบัดหลายวิธี เช่น ตะกอนที่ได้จากการบำบัดโดยการตกตะกอน (Precipitation) ตะกอนที่ได้จากการบำบัดโดยการระเหย (evaporator) หรือจากการบำบัดโดยการทำ Flocculation และในงานวิจัยครั้งนี้ใช้ตะกอนที่ได้จากการตกตะกอนโดยสารส้มจากการประปานครหลวง เนื่องจากมีกระบวนการบำบัดเหมือนกันกับกระบวนการบำบัดที่ใช้ที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กองขจัดกากกัมมันตรังสี เพียงแต่ไม่มีกัมมันตภาพรังสีเจือปน ตะกอนแห้งสีน้ำตาลที่ได้มีความหนาแน่นมีค่าเท่ากับ 0.9611 กรัมต่อลูกบาศก์เซ็นติเมตร

3.4.1.1.4 กากประเภทโซเดียมซัลเฟต (Sodium sulfate) และกากประเภทกรดบอริก (Boric acid) ทั้งสองชนิดเป็นกากที่ได้มาจากเคาปฏิกรณ์ในโรงไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์ ซึ่งถึงแม้ว่าจะไม่เกิดขึ้นในประเทศ แต่ก็ทำการศึกษาไว้เพื่อเป็นแนวทางต่างๆต่อไป กากทั้งสองชนิดมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว และมีความหนาแน่น 1.46 และ 1.44 กรัมต่อลูกบาศก์เซ็นติเมตร ตามลำดับ ลักษณะของกากชนิดต่างๆ ที่เตรียม จะแสดงให้เห็นดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 ลักษณะของกากกัมมันตรังสีจำลองชนิดต่างๆ

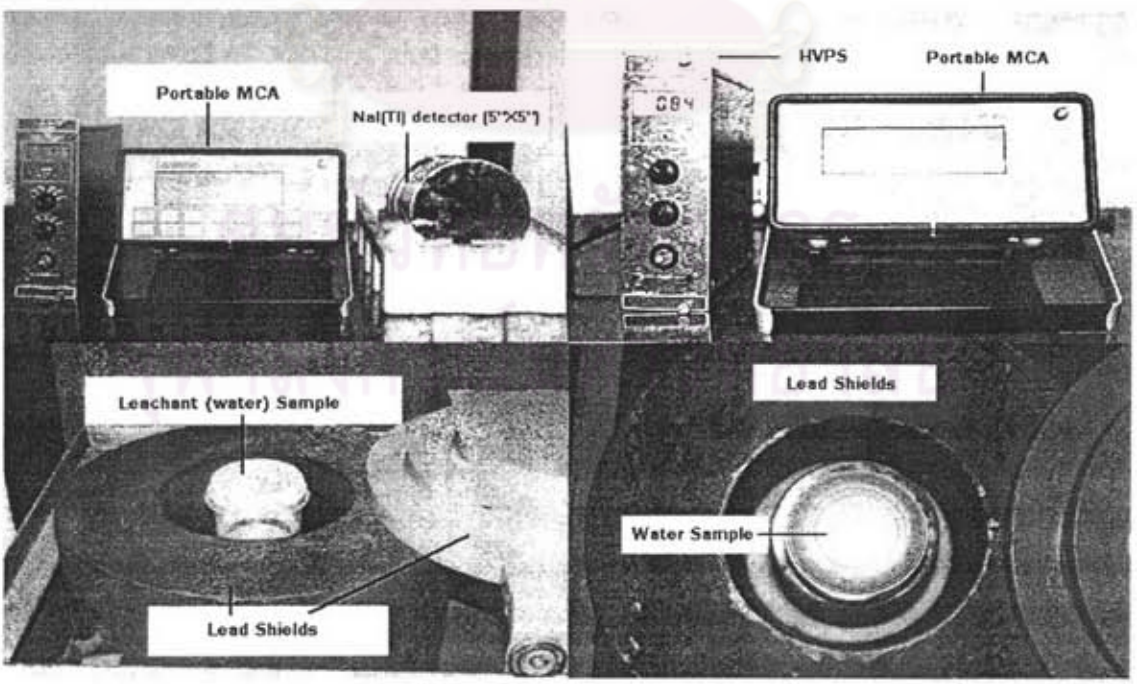
3.4.1.2 การเตรียมกากกัมมันตรังสี

กากกัมมันตรังสีชนิดนี้เตรียมจากกากกัมมันตรังสีจำลองในข้อ 3.4.1.1.1 3.4.1.1.2 3.4.1.1.3 และ 3.4.1.1.4 และทำการเติมสารกัมมันตรังสีลงในกากกัมมันตรังสีจำลองดังกล่าวข้างต้น ทำการวัดกัมมันตภาพรังสีของกากกัมมันตรังสีที่เตรียมขึ้นโดยใช้ระบบวัดในรูปที่ 3-2 สารละลายกัมมันตรังสีมาตรฐานที่ใช้คือ $^{137}CsCl_2$ และ $^{60}CoNo_3$ ผลการวัดกัมมันตภาพรังสีของกากที่เตรียมได้แสดงในตารางที่ 3-1 ข้างล่างนี้ ลักษณะที่มองเห็นของกากกัมมันตรังสีที่ผลิตขึ้นในส่วนนี้ แสดงในรูปที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ตารางแสดงกัมมันตภาพรังสีของกากฯที่เตรียมได้จากการทดลอง

Waste Type	count Cs-137	count Co-60	activity µCi/gram	at date/month/year	remark gram
Std.Cs-137 source	244545	-	0.1358,	29/03/1996	2*
Std. Co-60 source	-	1052196	0.1356	10/05/1996	0.2*
Boric acid	1988376	1120843	0.05498,0.0568	3/06/1996	20
Sodium sulfate	1121627	641173	0.01374,0.0707	3/06/1996	20
Spent resin	2231003	1198151	0.02737,0.0891	3/06/1996	20
Activated sludge	214096	1461523	0.04647,0.1183	1/07/1996	10
Incinerator ash	307905	911088	0.03114,0.2002	19/07/1996	5.5452

* หมายถึงมีหน่วยเป็นมิลลิลิตร



รูปที่ 3-2 ระบบวัดที่ใช้ในการวัดกัมมันตภาพรังสี

3.4.2 การเตรียมแบบที่ใช้ในการขึ้นรูป (Mold Preparation)

จากที่ได้กล่าวมาบ้างแล้วข้างต้นว่า การทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์กากฯผนึกที่ผลิตขึ้นนั้นจะต้องประกอบด้วย การทดสอบความทนทานต่อแรงกด การทดสอบความด้านทานแรงดึง การทดสอบความทนทานต่อสารเคมี และการทดสอบความทนทานต่อการถูกชะล้าง ซึ่งมีมาตรฐานในการทดสอบแตกต่างกัน ฉะนั้นการเตรียมชิ้นงานที่จะทดสอบสมบัติต่างๆ เหล่านี้จึงมีขนาดลักษณะรูปร่างต่างกัน วัสดุที่ถูกเลือกใช้เป็นแบบในการขึ้นรูปโพลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่มีส่วนประกอบของกากผสมอยู่ จะต้องมีคุณสมบัติเหมาะสำหรับการนำไปใช้งาน ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

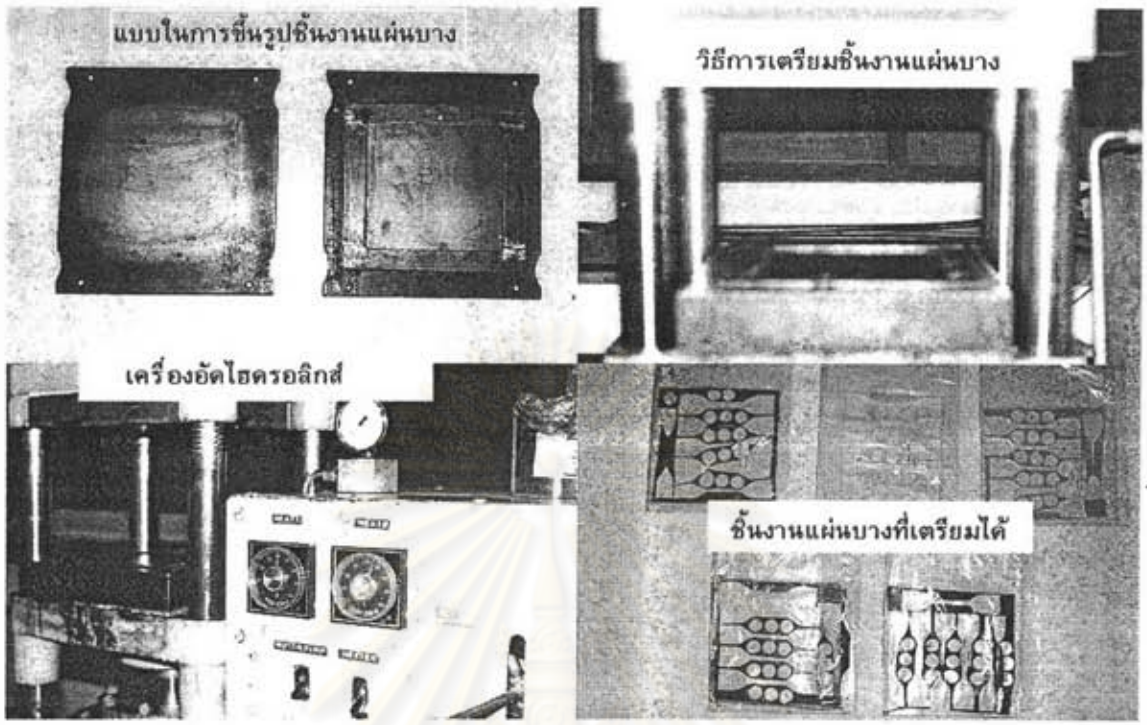
และจากที่ทราบมาแล้วว่างานวิจัยในครั้งนี้ แบ่งกากออกเป็น 2 ประเภท ดังนั้นจึงต้องมีระบบที่ใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์กากฯผนึก 2 ประเภทเช่นกัน เป็นที่น่าสังเกตว่าการเตรียมผลิตภัณฑ์กากฯผนึกหรือที่เรียกสั้นว่ากากฯผนึกนั้น เป็นคำที่ใช้ในทางด้านการจัดการกากกัมมันตรังสี และถ้านำมาเปรียบเทียบกับด้านโพลีเมอร์ ก็จะหมายถึงการขึ้นรูปโพลีเมอร์ให้ได้รูปร่างที่ต้องการนั่นเอง ดังนั้นถ้าพบคำ 2 คำนี้ก็ควรเข้าใจว่าเป็นความหมายเดียวกัน เพื่อความไม่สับสนสำหรับงานวิจัยนี้

3.4.2.1 การเตรียมแบบสำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสีจำลองผนึก

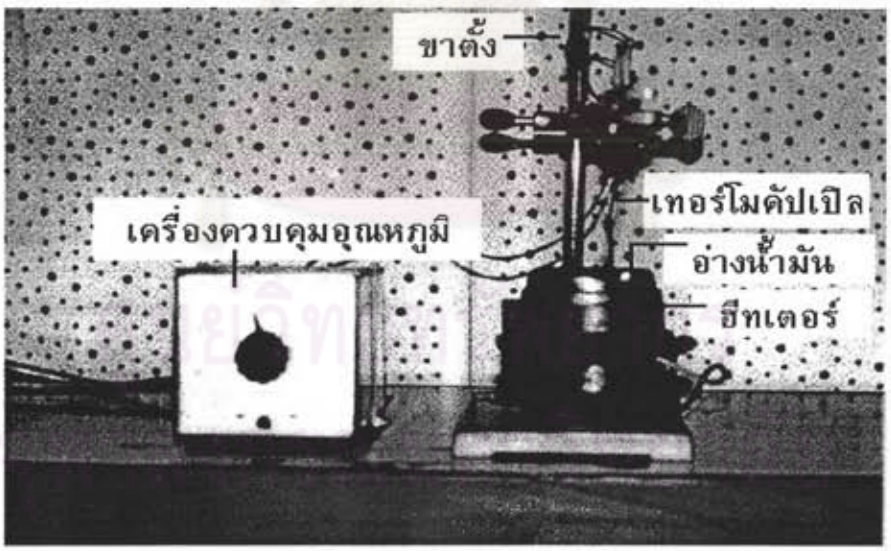
ท่อทองแดงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ได้ถูกนำมาใช้ในการขึ้นรูปโพลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำผสมกับกากกัมมันตรังสีจำลอง สำหรับเตรียมชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอกสำหรับใช้ในการทดสอบความทนทานต่อแรงกดและแผ่นเหล็กสี่เหลี่ยมพร้อมด้วยแผ่นเหล็กหนา 2 มิลลิเมตร ที่เจาะตรงกลาง เพื่อเตรียมชิ้นงานที่เป็นแผ่นในการนำไปทดสอบความด้านทานแรงดึง ดังแสดงรายละเอียดของระบบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ในรูปที่ 3-3

3.4.2.2 การเตรียมแบบสำหรับขึ้นรูปผลิตภัณฑ์กากฯผนึก

สำหรับส่วนนี้มีไว้เตรียมชิ้นงานที่จะนำไปทดสอบความทนทานต่อการถูกชะล้างซึ่งตามมาตรฐานได้ระบุว่า ถ้าตัวอย่างเป็นแท่งรูปทรงกระบอกจะต้องมีอัตราส่วนของความยาวและเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 0.2 ถึง 5 ฉะนั้นจึงสามารถใช้วัสดุแบบเดียวกับที่ใช้เตรียมชิ้นงานในข้อ 3.4.2.1 ได้ แต่ส่วนที่จะต้องเพิ่มขึ้นคืออุปกรณ์พิเศษที่ใช้ในการผสมกากกัมมันตรังสีกับโพลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนต่อเครื่องมือ รูปที่ 3.4 แสดงอุปกรณ์และเครื่องมือในส่วนนี้ ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ให้ความร้อนในการหลอมโพลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ชุดควบคุมอุณหภูมิมีเทอร์โมคัปเปิล และอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ รวมกันเป็นชุดควบคุมดังกล่าว อ่างน้ำมัน และหลอดแก้วที่ใช้สำหรับผสมกากกัมมันตรังสี เข้ากับโพลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ



รูปที่ 3.3 แบบสำหรับการขึ้นรูปชิ้นงาน



รูปที่ 3.4 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับผสมกากกัมมันตรังสีและโพลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

3.4.3 ระบบการผลิตผลิตภัณฑ์กากฯผนึก

จากการทดลองผนึกกากฯเข้ากับสารทำให้แข็งตัวซึ่งหมายถึงโพลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ผลปรากฏว่าระบบที่เหมาะสมในการผนึกกากสำหรับการทดสอบความต้านทานแรงดึง

และระบบที่เหมาะสมในการผนึกกากสำหรับการทดสอบความทนทานต่อแรงกด แสดงในตารางที่ 3-2 และ 3-3 ตามลำดับ ทุกครั้งของการผลิตผลิตภัณฑ์กากฯผนึกสำหรับทดสอบสมบัติต่างๆนั้นถือได้ว่าการผลิตแต่ละครั้งผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นตัวแทนของการผลิตหลายครั้ง เพราะตัวอย่างแต่ละตัวอย่างที่เตรียมได้เป็นต่างแบทช์ที่มีค่าควบคุมเท่ากัน เช่น อุณหภูมิและความดันในการขึ้นรูป เป็นต้น

ตารางที่ 3-2 ระบบที่เหมาะสมในการผนึกกากสำหรับการทดสอบความต้านทานแรงดึง

ชนิด	อุณหภูมิของเครื่องอัด(°C)	เวลาที่ใช้ในการพรีฮีทและเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูป (นาที)					
		10% waste		30% waste		50%waste	
กากชนิดเถ้า	130	10	25	10	25	10	25
กากสลัดจ์	130	10	35	10	35	10	30
Na_2SO_4	130	10	30	10	30	10	25
กากบอริก	130	10	25	10	25	10	25
กากเรซิน	130	10	20	10	20	10	30

ตารางที่ 3-3 ระบบที่เหมาะสมในการผนึกกากสำหรับการทดสอบความทนทานต่อแรงกด

ชนิด	อุณหภูมิของเครื่องอัด(°C)	เวลาที่ใช้ในการพรีฮีทและเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูป (นาที)					
		10% waste		30% waste		50%waste	
กากชนิดเถ้า	180	30	20	30	30	40	20
กากสลัดจ์	180	30	25	30	20	25	20
Na_2SO_4	180	30	10	30	15	25	15
กากบอริก	180	40	20	40	20	40	20
กากเรซิน	180	30	20	30	20	30	20

3.4.4 การผลิตผลิตภัณฑ์กากฯผนึก

เช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าจะต้องมีการแยกผลิตในส่วนของ ระบบที่มีกัมมันตภาพรังสีและระบบที่ไม่มีกัมมันตภาพรังสีออกจากกันดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

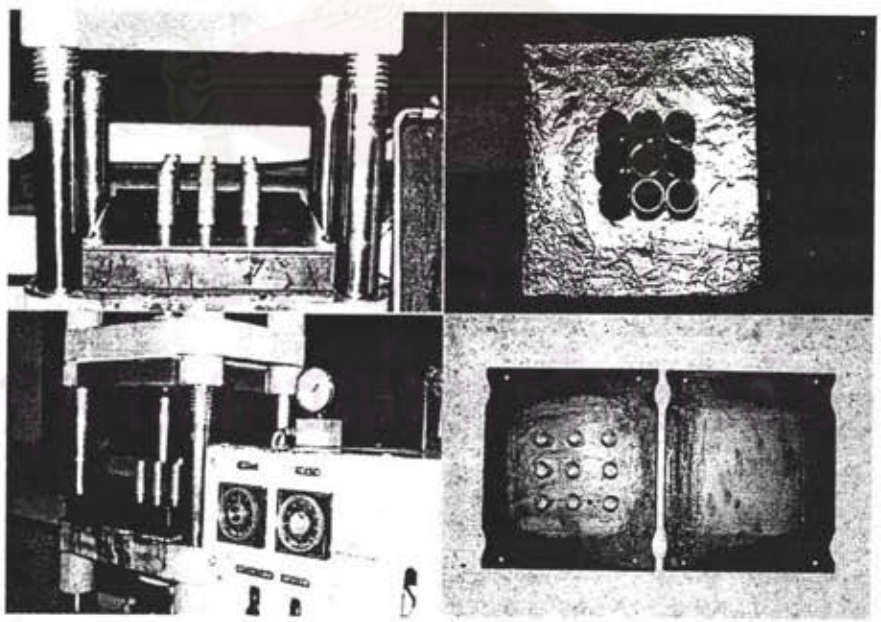
3.4.4.1 การเตรียมผลิตภัณฑ์กากกัมมันตรังสีจำลองผนึก

การผลิตชิ้นงานในส่วนนี้ สามารถเทียบได้กับการขึ้นรูปโพลีเมอร์ที่มีสารเพิ่มเนื้อเป็นส่วนผสมให้มีขนาดที่ต้องการโดยใช้แบบที่เตรียมจากข้อ 3.4.2.1 โดยหลักการจะต้องให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาที่กำหนดในตารางที่ 3-2 และ 3-3 ซึ่งเป็นผลการทดลองในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการผนึกกาก สำหรับเตรียมชิ้นงานที่ใช้ทดสอบความต้านทานแรงดึงและสำหรับเตรียมชิ้นงานที่ใช้ทดสอบความทนทานต่อแรงกดตามลำดับ ในการหลอมโพลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำชนิดเม็ด

ที่ได้รับการอนุเคราะห์มาจากบริษัทผู้ผลิต ให้เป็นแผ่นบางประมาณ 2 มิลลิเมตรและแท่งทรงกระบอกขนาด 15x30 มิลลิเมตร ตามต้องการ เครื่องมือที่ใช้ในการให้ความร้อนและความดันแก่โพลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ คือ เครื่องอัดไฮดรอลิก พร้อมทั้งอุปกรณ์ในข้อ 3.4.2.1 ที่มีส่วนผสมของกากกัมมันตรังสีจำลองและ LDPE อยู่ในอุปกรณ์ดังกล่าว จากเม็ดพลาสติกก็จะเปลี่ยนเป็นแผ่นบางและแท่งทรงกระบอกขนาดที่ต้องการ ลักษณะการอัดตัวอย่าง แสดงในรูปที่ 3-5 สำหรับการเตรียมสำหรับกากประเภทต่างๆ จะใช้วิธีการเช่นเดียวกันกับข้างต้นเพียงแต่เปลี่ยนชนิดของผสมในขั้นแรกและทำการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของกากและเม็ดพลาสติก (Waste to binder ratio) ดังแสดงในตารางที่ 3-2 การผลิตผลิตภัณฑ์กากฯผนึกในส่วนนี้สามารถผลิตได้เพียงพอสำหรับเตรียมเป็นชิ้นงานเพื่อทำการทดสอบคุณสมบัติความทนทานต่อแรงกด ความต้านทานแรงดึงและความทนทานต่อสารเคมี คืออย่างน้อย 5 ตัวอย่างสำหรับการทดสอบแต่ละครั้ง ดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

3.4.4.2 การเตรียมผลิตภัณฑ์กากฯผนึก

การเตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบความทนทานต่อการถูกชะล้างในส่วนนี้เตรียมจากการผสมโพลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ และกากกัมมันตรังสีครั้งละชนิด ที่เตรียมได้จากหัวข้อ 3.4.1.2 ในเครื่องมือที่เตรียมจากหัวข้อ 3.4.2.2 ภายใต้อุณหภูมิที่เหมาะสม กวนให้ส่วนผสมเข้ากันและทิ้งให้เย็น จากนั้นนำส่วนผสมที่แข็งตัวเรียบร้อยแล้วออกจากเครื่องมือ เพื่อนำไปทำการทดสอบคุณสมบัติต่อไป โดยมีสัดส่วนที่ใช้ผลิตเช่นเดียวกันกับหัวข้อ 3.4.4.1 และแสดงไว้ในตารางที่ 3-4



รูปที่ 3-5 การเตรียมตัวอย่างสำหรับอัดและการอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก

ตารางที่ 3-4 สัดส่วนของกากกัมมันตรังสีชนิดต่างๆ และโพลีเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์กากฯผนึก

ชนิดของกาก	สัดส่วนของกากโดยน้ำหนักภายในผลิตภัณฑ์กากฯผนึก		
กากประเภทเถ้าและกรดบอริก	10	30	50
กากประเภทโซเดียมซัลเฟต	10	30	50
กากประเภทสลัดจ์	10	30	50
กากประเภทเรซิน	10	30	50

3.4.5 การทดสอบคุณสมบัติ

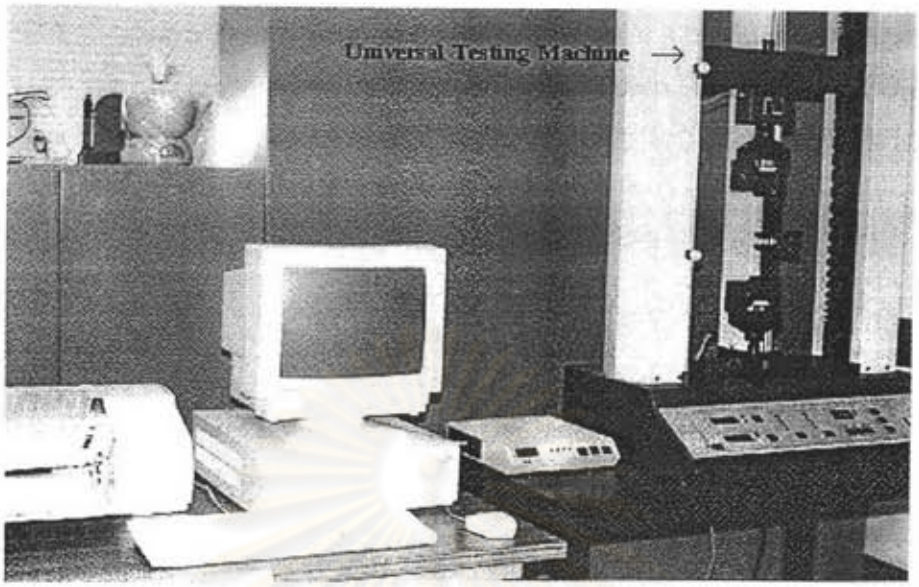
ตามมาตรฐานในการผลิตผลิตภัณฑ์กากฯผนึก จะต้องมีคุณสมบัติต่างๆที่จำเป็นต้องทดสอบดังจะกล่าวต่อไปนี้

3.4.5.1 ความทนทานต่อแรงกด (Compressive Strength)

ผลิตภัณฑ์กากฯผนึกที่ใช้สำหรับการทดสอบความทนทานต่อแรงกดนี้คือชิ้นงานที่เตรียมได้จากหัวข้อ 3.4.4.1 ผลิตภัณฑ์กากฯผนึกที่ผลิตได้จำเป็นอย่างยิ่งต้องผ่านการทดสอบมาตรฐานความทนทานต่อแรงกดเพราะในการฝังกากจริง ผลิตภัณฑ์กากฯผนึกจะต้องไม่สามารถดันภาชนะที่ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์กากฯผนึกออกมา เนื่องจากไม่สามารถทนต่อแรงกดได้ ผลิตภัณฑ์กากฯผนึกสำหรับทดสอบมีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 มม และสูง 30 มม ขนาดนี้เป็นขนาดที่กำหนดอยู่ในมาตรฐานการทดสอบคุณสมบัติทางด้านความทนทานต่อแรงกด American Society of test Method D695M หรือเรียกย่อๆ ASTMD695M หลักการโดยสรุปก็คือ นำชิ้นงานตัวอย่างไปกดด้วยเครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึงและความทนทานต่อแรงกด (Universal Testing Machine) จากบริษัทฮาวน์ฟิวล์รุ่น 100R ดังแสดงในรูปที่ 3-6 ที่อัตราการกดคงที่และภายใต้สภาวะที่กำหนด สังเกตุพฤติกรรมหลังจากได้รับแรง บันทึกแรงที่ใช้ ซึ่งจะแสดงผลในบทถัดไปหัวข้อ 4.1

3.4.5.2 ความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength)

ผลิตภัณฑ์กากฯผนึกที่ใช้สำหรับการทดสอบความต้านทานแรงดึงนี้คือชิ้นงานที่เตรียมได้จากหัวข้อ 3.4.4.1 ส่วนที่มีลักษณะเป็นแผ่นพลาสติกเรียบหนา 2 มิลลิเมตร นำไปตัดเป็นรูปดัมเบลล์ เพื่อนำไปดึงด้วยเครื่องทดสอบเดียวกันกับในหัวข้อ 3.4.5.1 โดยมีอัตราในการดึงคงที่ตามมาตรฐานการทดสอบสมบัติทางด้านความทนต่อแรงดึง American Society of Test Method D638 : ASTMD638 ผลและการวิจารณ์ผลในส่วนนี้ จะแสดงในบทถัดไปหัวข้อที่ 4.2



รูปที่ 3-6 เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึงและความทนทานต่อแรงกด (Universal Testing Machine) จากบริษัทฮาวน์ฟิวล์รุ่น 100R

3.4.5.3 ความทนทานต่อสารเคมี (Chemical Resistance)

ผลิตภัณฑ์กากฯผนึกที่ใช้สำหรับการทดสอบความทนทานต่อสารเคมีนี้คือชิ้นงานที่เตรียมได้จากหัวข้อ 3.4.4.1 ตัดเป็นรูปแผ่นดิสก์ เพื่อนำไปแช่ในตัวทำละลายทั้งหมด 5 ชนิดซึ่งพบว่าเป็นสารละลายที่มักพบใต้พื้นดิน [9,10] คือสารละลายโซเดียมคลอไรด์ สารละลายแคลเซียมซัลเฟต สารละลายกรดซัลฟิวริก สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต และสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยทั้ง 5 ชนิดมีความเข้มข้นเท่ากันที่ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ทำการวัดขนาดและน้ำหนักที่เปลี่ยนไปของตัวอย่างก่อนและหลังแช่ในสารละลายข้างต้น ตามมาตรฐานการทดสอบสมบัติทางด้านความทนทานต่อสารเคมี American Society of Test Method D543 : ASTMD543 ผลและการวิจารณ์ในส่วนของการทดสอบนี้จะแสดงในหัวข้อ 4.3 ในบทถัดไป

3.4.5.4 ความทนทานต่อการถูกชะล้าง (Leaching Resistance)

ผลิตภัณฑ์กากฯผนึกที่ใช้สำหรับการทดสอบความทนทานต่อการถูกชะล้างนี้คือชิ้นงานที่เตรียมได้จากหัวข้อ 3.4.4.2 ชิ้นงานจะมีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอกนำไปทดสอบโดยการแช่ชิ้นงานในน้ำ (Deionized water) ที่ระยะเวลาที่กำหนดในมาตรฐาน ANS/ANSI 16.1-1986 ซึ่งกำหนดไว้ว่าจะต้องทำการเปลี่ยนน้ำที่ใช้แช่ตัวอย่างทุกครั้งเมื่อถึงเวลาที่กำหนด 10 ช่วงดังนี้คือ 2, 5, 7, 24, 24, 24, 24, 336, 672 และ 1032 ชั่วโมง ฉะนั้นจะได้ตัวอย่างน้ำ 10 ตัวอย่างด้วยกัน นำน้ำไปวัดกัมมันตภาพรังสีและทำการคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีที่มีอยู่ในน้ำ จากนั้นจะคำนวณค่า

ดัชนีการถูกชะล้าง (leach index) ของผลิตภัณฑ์กากฯผนึกแต่ละชนิดซึ่งควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 6.0 การทดลองในส่วนนี้จะปรากฏในภาพที่ 3-7 ส่วนสมการต่างๆที่ใช้ในการคำนวณจะนำมาจากมาตรฐาน ANS/ANSI 16.1-1986 สำหรับรายละเอียดและตัวอย่างการคำนวณจะแสดงอยู่ในภาคผนวก

รูปที่ 3-7 การทดสอบความสามารถในการถูกชะล้าง

ระบบวัดที่ใช้ในการวัดกัมมันตภาพรังสี คือระบบเดียวกันกับที่ใช้วัดกัมมันตภาพรังสีของกากฯ ที่ได้เตรียมขึ้นดังแสดงในรูปที่ 3-2 แล้ว ผลการวิเคราะห์และการวิจารณ์จะปรากฏในหัวข้อที่ 4.4 ในบทที่ 4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17378059