

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้สามารถแบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ส่วนหลัก ส่วนแรกเป็นการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของตะกอน โดยเริ่มจากการเตรียมตะกอนที่ปนเปื้อนโลหะหนักจากระบบบำบัดน้ำเสียจำนวน 8 ชนิดโดยมีการแบ่งแยกชนิดตามประเภทของอุตสาหกรรม ได้แก่ ตะกอนจากอุตสาหกรรมฟอกหนัง ประกอบรถยนต์ ผลิตภัณฑ์รีดเหล็ก ผลิตภัณฑ์สารกึ่งตัวนำ ฟอกย้อมผ้า และโรงบำบัดน้ำเสียกลางจากนิคมอุตสาหกรรม ที่ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี เมื่อได้ตะกอนมาแล้วจะเริ่มทำการทดสอบตะกอนเพื่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของตะกอน ได้แก่ ความหนาแน่นจริงของตะกอน ความดูดซึมน้ำของตะกอน การสกัดสารในตะกอนและการย่อยตะกอนด้วยกรดไนตริกเพื่อวัดความเข้มข้นทั้งหมดของโลหะหนักเทียบกับมาตรฐานที่กฎหมายกำหนดความเป็นของเสียอันตรายและความเข้มข้นทั้งหมดของโลหะหนักแต่ละชนิดในตะกอน แล้วจึงทำการคัดเลือกตะกอนจำนวน 6 ชนิด โดยพิจารณาจากความเป็นอันตรายของตะกอนซึ่งจะวัดได้จากค่าปริมาณโลหะหนักจากกระบวนการสกัดสารและค่าความหนาแน่นของตะกอนที่อยู่ระหว่าง 1.0 ถึง 3.0 ตัน/ลบ.ม. มาหล่อเป็นก้อนแข็ง

ส่วนที่สองเป็นเรื่องของการหาค่าปริมาณน้ำในตะกอนที่เหมาะสมสำหรับการหล่อเป็นก้อนแข็งตะกอนแต่ละประเภท โดยเริ่มจากทดลองหล่อก้อนแข็งตะกอนแต่ละประเภทในอัตราส่วนที่กำหนด โดยอ้างอิงอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จากผลการศึกษาในอดีต แต่จะมีการแปรค่าปริมาณน้ำในตะกอนแต่ละประเภท แล้วนำก้อนแข็งไปบ่มความชื้นเป็นระยะเวลา 7 วันก่อนที่ทำการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดของก้อนแข็ง เพื่อนำไปหาค่าปริมาณน้ำในตะกอนที่เหมาะสม

ส่วนที่สามเป็นเรื่องของการหล่อเป็นก้อนแข็งตะกอนทั้ง 6 ประเภทเพื่อให้ข้อมูลมีการกระจายตัว โดยจะทำการแปรผันอัตราส่วนผสมของตะกอนต่อซีเมนต์แต่ละประเภท แต่จะมีการกำหนดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และบ่มความชื้นเป็นระยะเวลา 7 วัน แล้วทำการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดและการสกัดโลหะหนักในก้อนแข็ง โดยนำก้อนแข็งไปทดสอบกำลังรับแรงอัดบนเครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด เมื่อทราบค่ากำลังรับแรงอัดแล้วจึงนำก้อนแข็งที่ผ่านการทดสอบกำลังรับแรงอัดมาบดให้ละเอียดก่อนนำไปทำการทดสอบการสกัดโลหะหนักตามมาตรฐานประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 6 (พ.ศ.2540)

สุดท้ายเป็นการสรุปผลการทดลอง โดยจะนำข้อมูลของกำลังรับแรงอัดและการสกัดโลหะหนักที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์โดยเปรียบเทียบกับค่าความหนาแน่นของตะกอนและ

อัตราส่วนผสมตะกอนต่อซีเมนต์ รวมถึงคำนวณประสิทธิภาพในการทำละลายของโลหะหนักที่อัตราส่วนตะกอนต่อซีเมนต์ค่าต่างๆ

3.1 การเตรียมวัสดุสำหรับการวิจัย

3.1.1 วัสดุดิบ

วัสดุดิบที่ใช้ในการหล่อเป็นก้อนแข็งได้แก่

- ตัวอย่างตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมที่ปนเปื้อนโลหะหนัก 3 ชนิด ได้แก่ โครเมียม แคดเมียม และตะกั่ว จำนวน 8 ตัวอย่างอุตสาหกรรม ได้แก่
 - ตัวอย่างตะกอนจากอุตสาหกรรมฟอกหนัง
 - ตัวอย่างตะกอนจากอุตสาหกรรมประกอบรถยนต์
 - ตัวอย่างตะกอนจากอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่
 - ตัวอย่างตะกอนจากอุตสาหกรรมรีดเหล็ก
 - ตัวอย่างตะกอนจากอุตสาหกรรมผลิตจอภาพ
 - ตัวอย่างตะกอนจากอุตสาหกรรมผลิตสารกึ่งตัวนำ
 - ตัวอย่างตะกอนจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมผ้า
 - ตัวอย่างตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียด้านจากนิคมอุตสาหกรรม
- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 1
- น้ำประปา

3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น
- สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น
- สารละลายกรดไนตริกเข้มข้น
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
- น้ำกลั่น

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมตะกอนโลหะหนัก

- ครกบด
- ถุงมือ
- หน้ากากกรองฝุ่น
- เครื่องมือทดสอบหาค่าความหนาแน่น โดยการแทนที่น้ำมันก๊าดตามมาตรฐาน ASTM C188-95

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบการย่อยตะกอนด้วยกรดไนตริก

- เครื่องชั่งอ่านได้ละเอียด 0.01 กรัม
- ภาชนะสำหรับตวงและต้มสาร
- กระดาษกรอง Whatman No.40
- แผ่นความร้อนที่รักษาอุณหภูมิ 90-95°C
- กระจกนาฬิกา
- เทอร์โมมิเตอร์

3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการหล่อก้อนแข็งและทดสอบกำลังรับแรงอัด

- เครื่องชั่งขนาด 2000 กรัม อ่านได้ละเอียด 0.2 กรัม
- ภาชนะผสมปูนซีเมนต์
- แบบหล่อมาตรฐานทรงลูกบาศก์ขนาด 2 x 2 x 2 นิ้ว³
- แบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว สูง 4.584 นิ้ว
- เครื่องมือทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ASTM C109-95

3.2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบการสกัดสาร (ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 พ.ศ. 2540)

- กระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูกรอง 0.8 ไมครอน
- ตะแกรงขนาด No. 20-16 30-20 และสูงกว่า 30
- เครื่องชั่ง: ขนาด 2,000 กรัม อ่านได้ละเอียด 0.2 กรัม
- กระบอกตวง: ขนาด 500 มิลลิลิตร อ่านได้ละเอียด 10 มิลลิลิตร

- ขวดพลาสติกขนาด 1 ลิตร
- เครื่องกวนเขย่าแบบหมุน (Rotary agitator) ที่มีอัตราหมุน 30 รอบต่อนาที
- กระดาษกรองใยแก้วขนาดรู 1 ไมครอน
- เครื่องวัดพีเอช

3.2.5 เครื่องมือวัดความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำสกัด

- เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer สำหรับวัดโลหะหนัก 3 ชนิด ได้แก่ โครเมียม แคดเมียม และตะกั่ว

3.3 การดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยสามารถแบ่งออกเป็น 3 การทดลองดังที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น

3.3.1 การทดลองที่ 1 การเลือกตะกอนที่ปนเปื้อนโลหะหนักจากระบบบำบัดน้ำเสียและการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของตะกอนที่นำมาใช้ในการทดลอง ดังนี้

1. เตรียมวัตถุดิบ โดยมีการคัดเลือกตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ที่มีโลหะหนัก 3 ชนิด ได้แก่ โครเมียม แคดเมียมและตะกั่ว ผสมอยู่ในตะกอนจำนวน 8 ประเภท โดยต้องคำนึงถึงความแตกต่างของความหนาแน่น
2. นำตะกอนมาทำการทดสอบหาค่าความหนาแน่น และความดูดซึมน้ำของตะกอนตามมาตรฐาน ASTM C188-95 และ ASTM C128-93 ตามลำดับ
3. นำตะกอนมาทำการย่อยด้วยกรดไนตริกตามมาตรฐาน ASTM D5198-92
4. นำตะกอนมาทำการสกัดโลหะหนักตามมาตรฐานประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 พ.ศ. 2540
5. นำของเหลวที่ได้จากการย่อยด้วยกรดไนตริกและการสกัดโลหะหนักมาวัดค่าความเข้มข้นของโลหะหนัก 3 ชนิด ได้แก่ โครเมียม แคดเมียมและตะกั่ว ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer
6. ทำการคัดเลือกตะกอนจำนวน 6 ชนิด โดยจะพิจารณาความเป็นอันตรายจากปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัดตามมาตรฐานประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 6(พ.ศ. 2540) และค่าความหนาแน่นของตะกอนในช่วง 1.0 ถึง 3.0 ตัน/ลบ.ม.

3.3.2 การทดลองที่ 2 การทดลองเพื่อหาค่าปริมาณน้ำในตะกอนที่เหมาะสมสำหรับการทำเป็นก้อนแข็งตะกอนแต่ละประเภท โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. นำตะกอนทั้งหกประเภทที่ผ่านการอบแห้งมาทำการหล่อเป็นก้อนแข็งตะกอนแต่ละประเภทตามมาตรฐาน ASTM C109-86 โดยนำตะกอนแต่ละชนิดที่ผ่านการอบแห้งมาผสมกับซีเมนต์ในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก และกำหนดอัตราส่วนน้ำสำหรับทำปฏิกิริยากับซีเมนต์เท่ากับ 0.5 เท่าของน้ำหนักซีเมนต์
2. ทำการเพิ่มค่าปริมาณน้ำอัตราส่วนร้อยละ 10 ของน้ำหนักตะกอนแห้งจนถึงร้อยละ 100 ของน้ำหนักตะกอนแห้ง
3. ในแต่ละอัตราส่วนผสมให้ผสมครั้งละ 3 ก้อน และกำหนดระยะเวลาการบ่ม 7 วัน
4. ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของก้อนแข็ง
5. นำค่าปริมาณน้ำในตะกอนที่เหมาะสมของตะกอนแต่ละประเภทเป็นส่วนผสมสำหรับค่าปริมาณน้ำในตะกอนสำหรับการทดลองที่ 3

3.3.3 การทดลองที่ 3 การทดลองหล่อก้อนแข็งตะกอนทั้ง 6 ประเภท ในอัตราส่วนต่างๆ

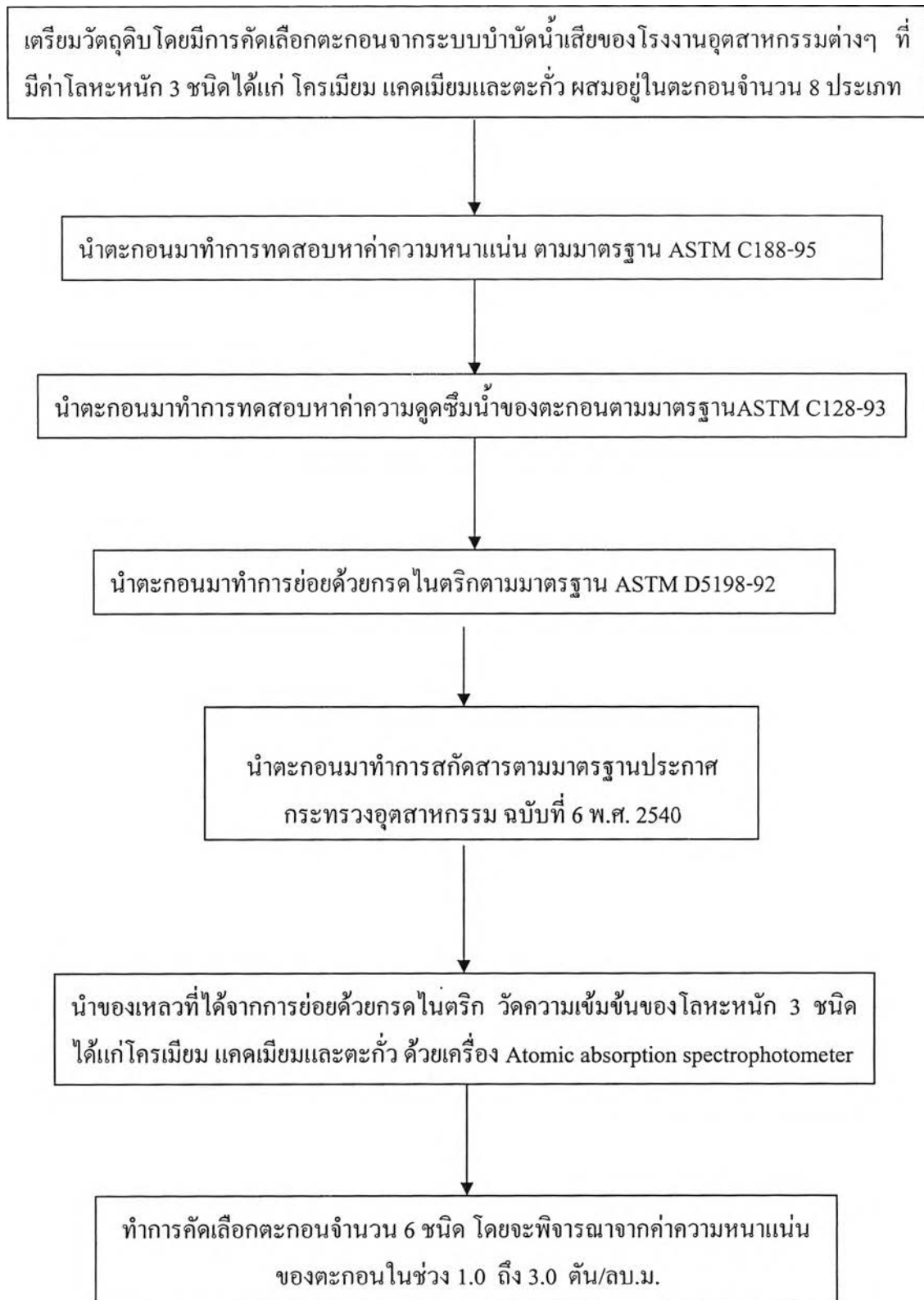
1. ทำการผสมตะกอนแต่ละประเภทกับซีเมนต์และน้ำ ประเภทละ 6 อัตราส่วน ดังนี้
 - 1.1 ตะกอน : ซีเมนต์ : น้ำ = 0.50 : 1.00 : 0.50
 - 1.2 ตะกอน : ซีเมนต์ : น้ำ = 0.75 : 1.00 : 0.50
 - 1.3 ตะกอน : ซีเมนต์ : น้ำ = 1.00 : 1.00 : 0.50
 - 1.4 ตะกอน : ซีเมนต์ : น้ำ = 1.25 : 1.00 : 0.50
 - 1.5 ตะกอน : ซีเมนต์ : น้ำ = 1.50 : 1.00 : 0.50
 - 1.6 ตะกอน : ซีเมนต์ : น้ำ = 1.75 : 1.00 : 0.50

และทำการเพิ่มปริมาณน้ำสำหรับตะกอน โดยนำค่าที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 2 มาเพิ่มในทุกอัตราส่วนผสม และในแต่ละอัตราส่วนผสมให้ผสมครั้งละ 3 ก้อน
2. ทำการหล่อก้อนแข็งตามมาตรฐาน ASTM D1633-84 และทำการบ่ม 7 วัน
3. ทำการวัดค่ากำลังรับแรงอัดและเลือกอัตราส่วนของก้อนแข็งที่รับแรงอัดได้มากกว่ามาตรฐานกำหนดในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมมาทำการทดสอบการสกัดสารตามที่มาตรฐานกำหนดในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 พ.ศ. 2540 โดยจะมีการวัดความหนาแน่นของก้อนแข็ง ค่าพีเอช และความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำสกัด

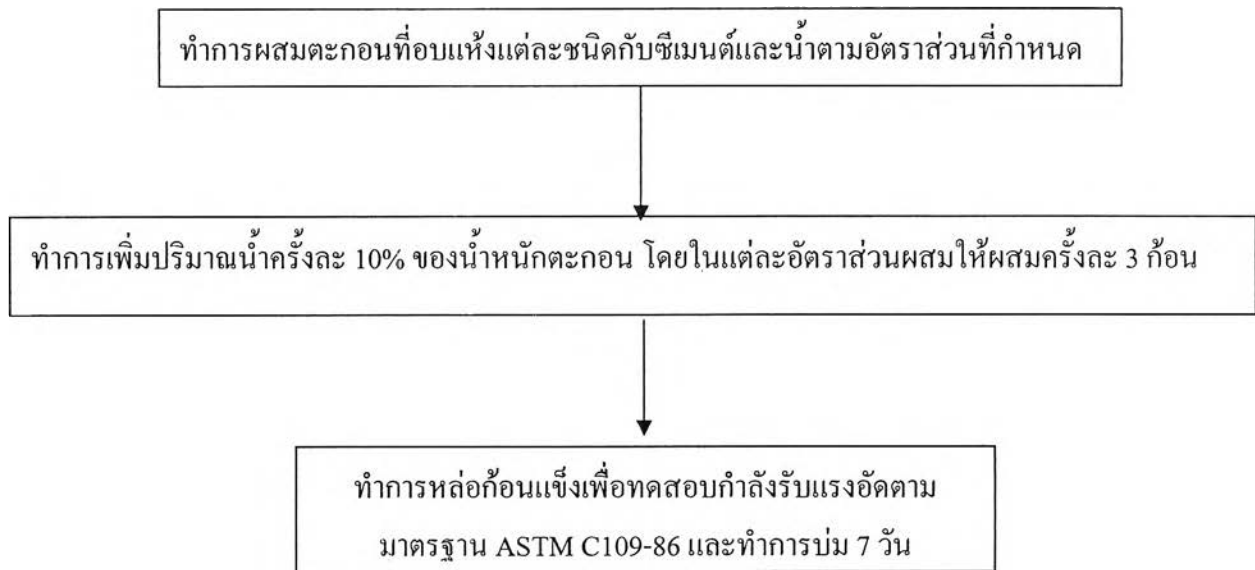
เมื่อได้ข้อมูลจากการทดลองแล้วจะนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ต่างๆ ดังนี้

1. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดและปริมาณน้ำในตะกอนแต่ละชนิดที่อัตราส่วนผสมต่างๆ โดยกำหนดให้กำลังรับแรงอัดเป็นแกนตั้ง ปริมาณน้ำในตะกอนเป็นแกนราบ
2. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดและความหนาแน่นของตะกอนที่อัตราส่วนผสมต่างๆ โดยกำหนดให้กำลังรับแรงอัดเป็นแกนตั้ง ความหนาแน่นของตะกอนเป็นแกนราบ
3. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดและอัตราส่วนผสมของตะกอนที่ความหนาแน่นของตะกอนต่างๆ โดยกำหนดให้กำลังรับแรงอัดเป็นแกนตั้ง อัตราส่วนผสมตะกอนต่อซีเมนต์เป็นแกนราบ
4. ทำเหมือนข้อที่ 3 แต่ให้เปลี่ยนแกนตั้งเป็นความเข้มข้นของโลหะหนักจากการสกัดสารหลังจากผ่านกระบวนการหล่อเป็นก้อนแข็ง
5. คำนวณการลดปริมาณ โลหะหนักในน้ำสกัดที่อัตราส่วนผสมต่างๆ เทียบกับเกณฑ์ที่ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540) ได้กำหนด

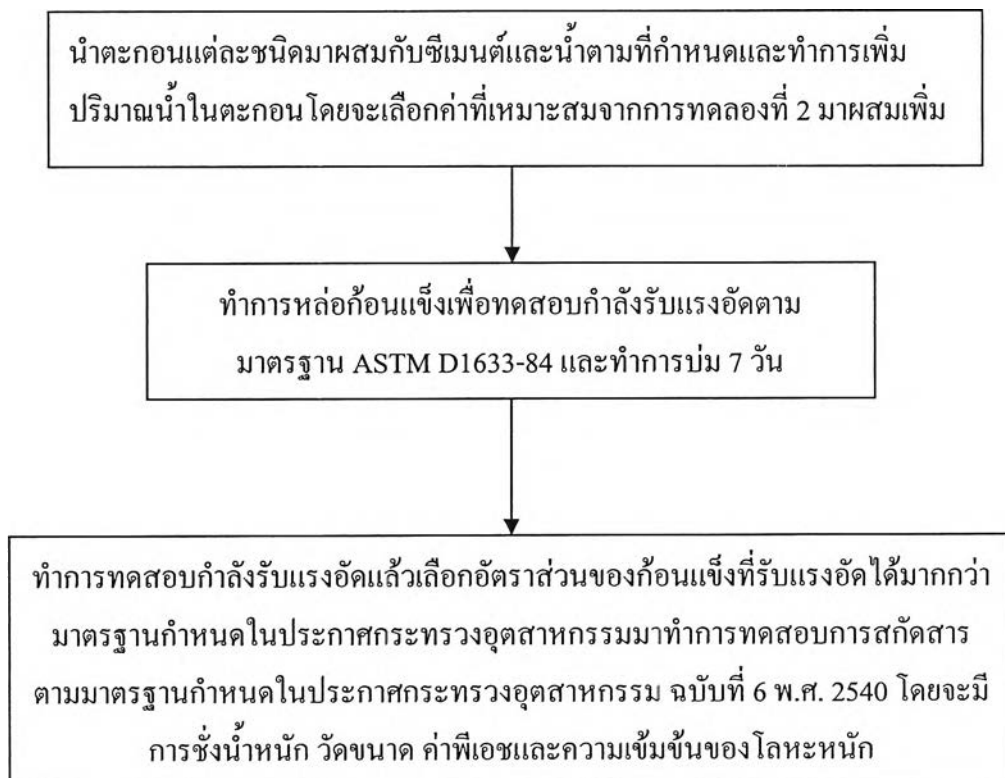
ลำดับขั้นตอนการทดลองแสดง ได้ดังรูปที่ 3.1 ถึง 3.3



รูปที่ 3.1 ลำดับขั้นตอนการทดลองที่ 1



รูปที่ 3.2 ลำดับขั้นตอนการทดลองที่ 2



รูปที่ 3.3 ลำดับขั้นตอนการทดลองที่ 3