

บทที่ 3

แผนการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 แผนการทดลอง

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนัก คือ โครเมียม เงิน และ
ปรอท ในน้ำเสียจากการวิเคราะห์ค่าซีไอดี (เรียกว่า "น้ำเสียซีไอดี") ด้วยกระบวนการไฟฟ้าเคมี
โดยใช้น้ำเสียซีไอดีเจือจางในการทดลอง (น้ำเสียซีไอดีเจือจาง หมายถึง การนำน้ำเสียจากการ
วิเคราะห์ค่าซีไอดีมาเจือจาง 10 เท่าด้วยน้ำกลั่น) ซึ่งจะแสดงในรูปที่ 3.1 ส่วนภาพรายละเอียด
สำหรับเครื่องมือและอุปกรณ์อื่น ๆ จะแสดงไว้ในภาคผนวก ก.

แผนการทดลองสำหรับงานวิจัยนี้ จะแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียซีไอดีเจือจางต่อการกำจัดโลหะ
หนัก 3 ชนิด คือ โครเมียม เงิน และปรอท

การทดลองที่ 2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนักทั้ง 3 ชนิด ในน้ำเสีย
ซีไอดีเจือจางด้วยกระบวนการไฟฟ้าเคมี โดยปรับเปลี่ยนตัวแปร 4 ชนิด ได้แก่ ชนิดของขั้วไฟฟ้า
ค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสีย ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสม
แล้วจึงนำสภาวะที่เหมาะสมทางด้านเทคนิคดังกล่าวมาศึกษาความเหมาะสมทางด้านราคา โดย
การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายเบื้องต้น

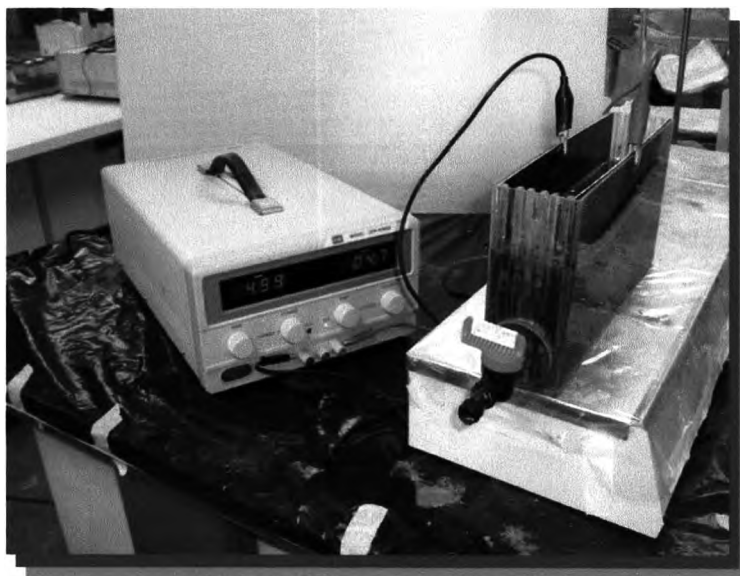
การทดลองที่ 3 ศึกษาน้ำหนักของขั้วไฟฟ้าที่สลายไปตามชนิดของขั้วไฟฟ้าที่เหมาะสม
และศึกษาชนิดของสารประกอบในตะกอนที่เกิดขึ้นจากการบำบัดด้วยกระบวนการไฟฟ้าเคมี

3.2 น้ำเสียที่ใช้ในการวิจัย

น้ำเสียที่ใช้ในการงานวิจัยนี้ คือน้ำเสียซีโอต์เจือจาง (น้ำเสียซีโอต์เข้มข้นมีค่าพีเอชเข้าใกล้ศูนย์และมีปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักสูง ซึ่งอาจเกิดอันตรายในขณะที่ทำการทดลอง ดังนั้นจึงนำไปทำการเจือจาง) ซึ่งเป็นการนำน้ำเสียที่เกิดจากการวิเคราะห์ค่าซีโอต์โดยวิธีฟลักซ์แบบเปิดของห้องปฏิบัติการน้ำเสียภาควิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มาเจือจาง 10 เท่าด้วยน้ำกลั่น ซึ่งน้ำเสียซีโอต์นี้จะมีปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนหลังจากการวิเคราะห์ค่าซีโอต์ โดยศึกษาโลหะหนักที่ต้องการกำจัดสำหรับงานวิจัยนี้เพียง 3 ชนิด คือ โครเมียม เงิน และปรอท

การเตรียมน้ำเสียซีโอต์เจือจางซึ่งใช้เป็นน้ำเสียในการวิจัยนี้ มีขั้นตอนดังนี้

- 1) นำน้ำเสียซีโอต์ที่ได้จากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำเสียภาควิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มาเก็บรวบรวมไว้ในถังเดียวกันและกวนผสมให้เข้ากัน ประมาณ 20 ลิตร
- 2) เมื่อจะทำการทดลองในแต่ละครั้ง จึงจะนำน้ำเสียซีโอต์มาเจือจาง 10 เท่าด้วยน้ำกลั่น เพื่อให้เป็นน้ำเสียเริ่มต้นในการทดลอง



รูปที่ 3.1 การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียซีโอต์ด้วยกระบวนการไฟฟ้าเคมี

3.3 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือ และอุปกรณ์ ที่ใช้ในงานวิจัย มีดังนี้

- 1) เครื่อง DC Power Supply Regulator (เครื่องจ่ายไฟกระแสตรง) สามารถปรับให้จ่ายไฟกระแสตรง ที่มีแรงดัน 0 ถึง 60 โวลต์ และจ่ายไฟสูงสุด 6 แอมแปร์
- 2) ขั้วไฟฟ้า (Electrode) คือ แผ่นอะลูมิเนียม แผ่นเหล็ก และแผ่นคาร์บอน
- 3) เครื่องกวนสารละลาย และแท่งแม่เหล็ก (Magnetic Stirrer)
- 4) อุปกรณ์ทดลองสถานะที่เหมาะสม เป็นกล่องพลาสติก ขนาดประมาณ 1.5 ลิตร
- 5) โมเดลการทดลอง เป็นกล่องพลาสติกอะครีลิก (Acrylic) ขนาดกว้าง 5.5 ซม. ยาว 30 ซม. สูง 15 ซม.
- 6) เครื่องวัดค่าพีเอช
- 7) เครื่องวัดค่าไออาร์พี
- 8) เครื่องวัดค่าสภาพนำไฟฟ้า
- 9) เครื่องอะตอมมิก แอบซอร์ปชัน สเปกโตรมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrometer)
- 10) เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรคชัน (XRD)
- 11) ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 103-105 องศาเซลเซียส
- 12) เครื่องดูดสูญญากาศ (Suction Pump) และกรวยบุคเนอร์ (Buchner Funnel)
- 13) เครื่องชั่งสารแบบละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 14) โถทำแห้ง (Desicator) พร้อมสารดูดความชื้น

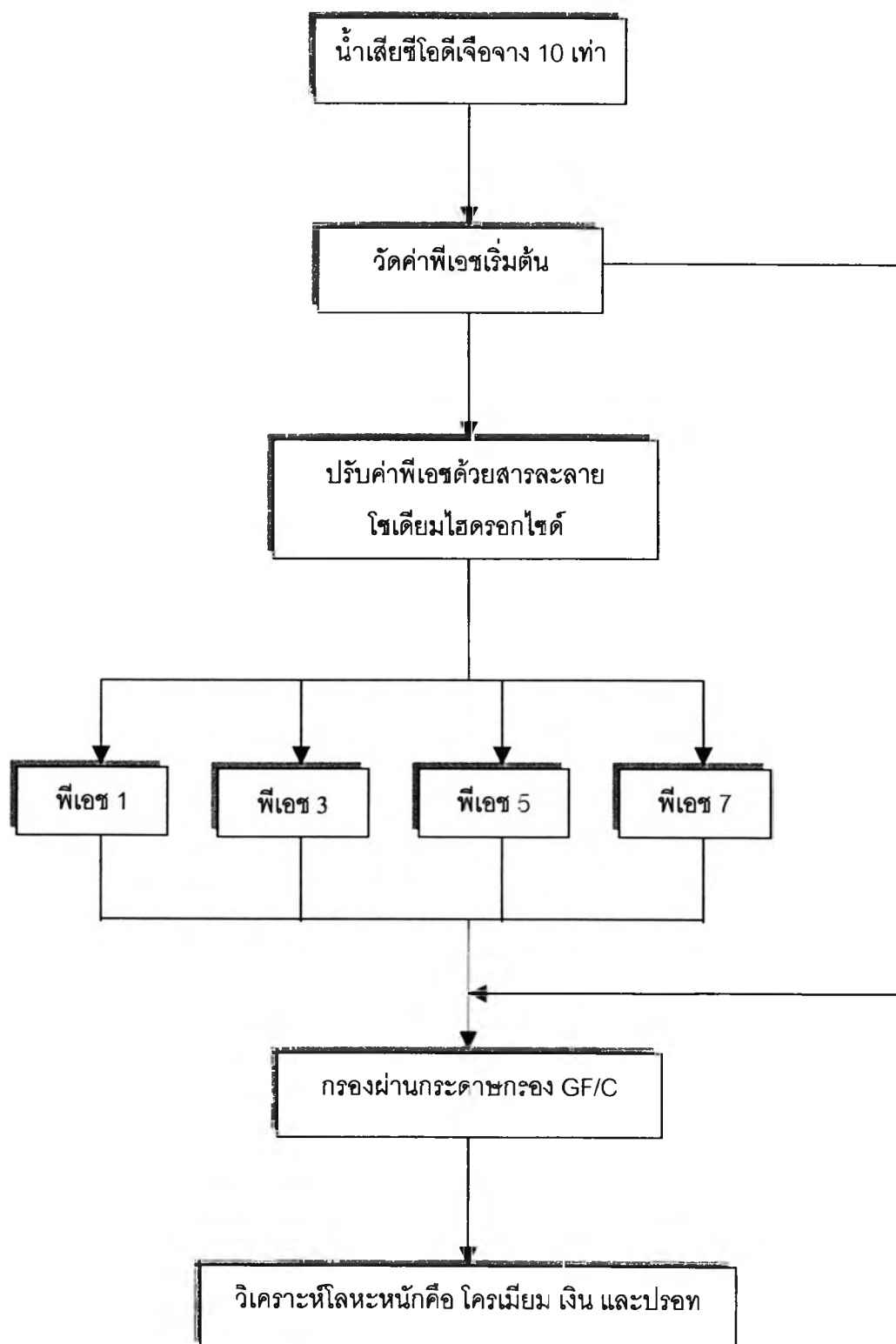
3.4 การดำเนินการทดลอง

งานวิจัยนี้ จะแบ่งขั้นตอนการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง ดังนี้

3.4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียซีไอดีเจือจาง

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของค่าพีเอชเริ่มต้นต่อการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียซีไอดีเจือจาง คือ โครเมียม เงิน และปรอท ซึ่งกระทำโดยการแปรผันค่าพีเอชเริ่มต้น โดยใช้สารละลายไฮดรอกไซด์เข้มข้น 50 % เป็นสารปรับพีเอช และนำไปกรองผ่านกระดาษกรอง แล้วเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก รายละเอียดการทดลอง มีดังนี้คือ

- 1) วัดค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียซีไอดีเจือจางปริมาตร 50 มล. และนำไปกรองผ่านกระดาษกรอง GF/C จากนั้นเก็บตัวอย่างที่กรองได้ไว้ในขวดเก็บตัวอย่าง
- 2) นำน้ำเสียซีไอดีเจือจาง ลงในบีกเกอร์จำนวน 4 บีกเกอร์ แล้วนำไปปรับค่าพีเอชเป็น 1 3 5 และ 7 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 50 % ในช่วงที่ค่าพีเอชยังเปลี่ยนแปลงไม่เร็วมาก หลังจากนั้นจึงใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจางปรับพีเอชเพื่อให้ได้ค่าพีเอชตามที่ต้องการ
- 3) นำน้ำเสียซีไอดีเจือจางที่ปรับค่าพีเอชแล้ว ในแต่ละค่าพีเอชไปกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C
- 4) นำตัวอย่างทั้ง 5 ตัวอย่างที่ผ่านการกรองแล้ว ไปวัดค่าปริมาณโลหะหนักที่เหลืออยู่ โดยแต่ละตัวอย่างจะวัดค่าปริมาณโครเมียม เงิน และปรอท



รูปที่ 3.2 ผังการทดลองศึกษาผลของค่าพีเอชเริ่มต้น

3.4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนักด้วยกระบวนการไฟฟ้าเคมี

การทดลองนี้ จะเป็นการศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนัก คือ โครเมียมเงิน และปรอท ในน้ำเสียซีโอดีเจือจาง ด้วยกระบวนการไฟฟ้าเคมี ซึ่งจะต้องหาสภาวะที่เหมาะสม คือ ชนิดของขั้วไฟฟ้า ค่าพีเอชเริ่มต้น ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา โดยนำค่าปริมาณโลหะหนักที่เหลือจากการบำบัดไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม และวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายเบื้องต้น เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาวะที่เหมาะสม

การทดลองที่ 2 นี้ จะแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

3.4.2.1 ขั้นตอนที่ 1 การหาชนิดของขั้วไฟฟ้า และค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสม

มีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

- 1) นำน้ำเสียซีโอดีเจือจางใส่ลงในกล่องพลาสติกจำนวน 4 ใบ ใบละ 1 ลิตร โดยใบที่ 1 จะเป็นน้ำเสียซีโอดีเจือจางที่ไม่ได้ปรับค่าพีเอช และปรับค่าพีเอชของน้ำเสียซีโอดีเจือจาง ในกล่องใบที่ 2 3 และ 4 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 50 % และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจางให้เป็นค่าพีเอชเริ่มต้น 1 3 และ 5 ตามลำดับ แล้วนำแต่ละกล่องไปวัดค่าไออาร์พี และค่าอุณหภูมิ
- 2) นำกล่องพลาสติกแต่ละใบ (มี 4 ใบ) ต่อเข้ากับชุดการทดลอง ซึ่งประกอบด้วยเครื่อง DC Power Supply Regulator ขั้วไฟฟ้า เครื่องกวนสารละลายกลายเป็นเซลล์อิเล็กโทรลิติก 4 เซลล์
- 3) ในแต่ละเซลล์ ใช้แผ่นอะลูมิเนียม กว้าง 6.5 ซม. ยาว 7 ซม.หนา 2 มม. เป็นขั้วแอโนด และแผ่นคาร์บอน กว้าง 6.5 ซม. ยาว 7 ซม.หนา 9 มม. เป็นขั้วแคโทด โดยให้ขั้วแอโนดและขั้วแคโทดห่างกัน 5 ซม.
- 4) เซลล์อิเล็กโทรลิติกแต่ละเซลล์ จะปรับค่าการกวนเป็น 180 รอบต่อนาที
- 5) ปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้า ไปที่ค่าสูงสุดที่เครื่อง DC Power Supply จะสามารถจ่ายได้
- 6) ทำการทดลองโดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ เป็นเวลา 120 นาที

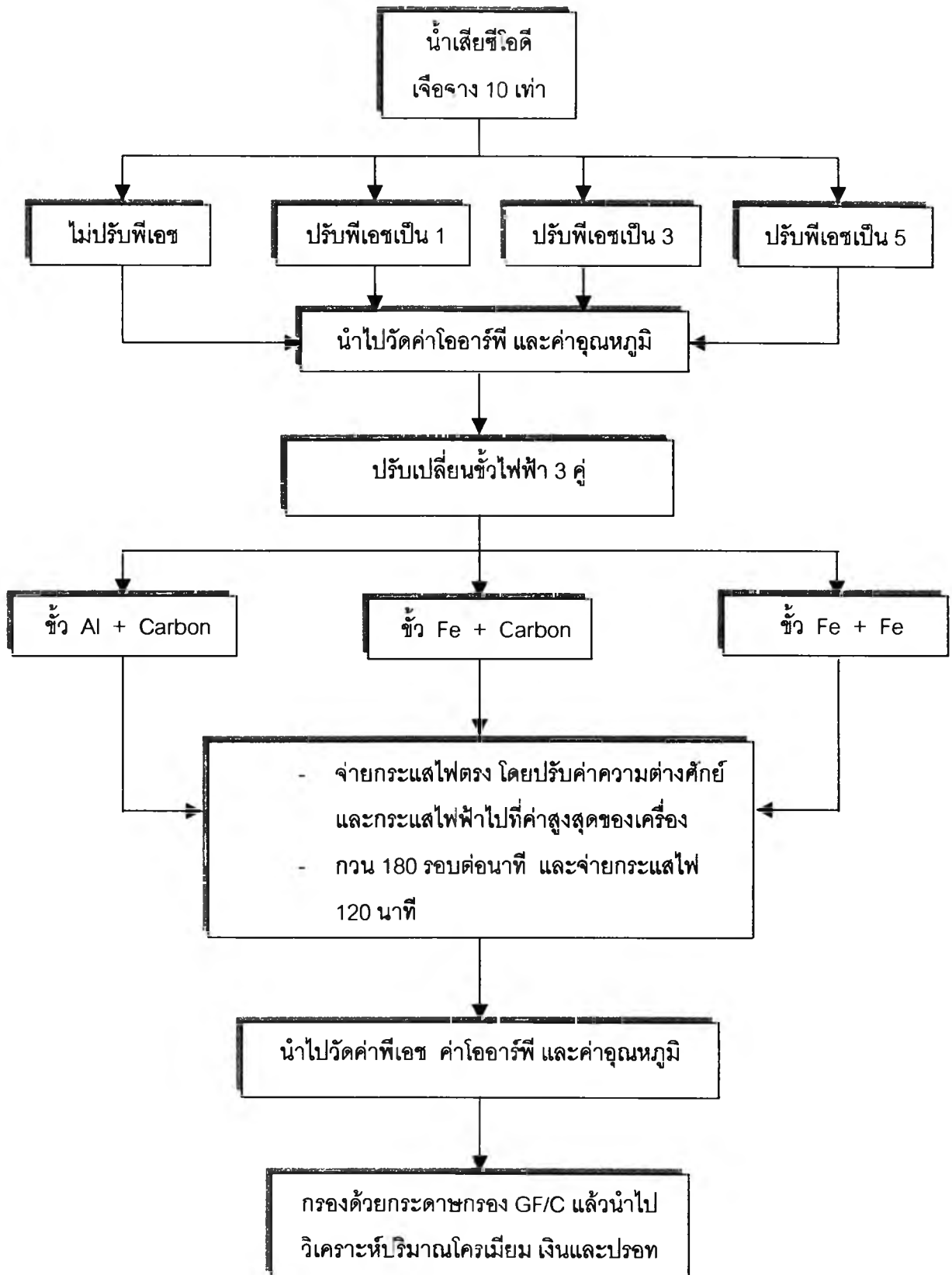
- 7) เก็บตัวอย่างน้ำ บริเวณกึ่งกลางของกล่องพลาสติก นำไปวัดค่าพีเอช (พีเอชสุดท้าย) ค่าไออาร์พี และค่าอุณหภูมิ จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C และเก็บไว้ในขวดตัวอย่าง พร้อมทั้งเติมกรดไนตริกเข้มข้นประมาณ 10 หยด
- 8) นำแต่ละตัวอย่างที่เก็บไว้ไปวิเคราะห์หาค่าปริมาณโครเมียม เงิน และปรอท
- 9) ทำการทดลองซ้ำเหมือนข้อ 1-7 แต่เปลี่ยนขั้วแอโนดจากแผ่นอะลูมิเนียมเป็นแผ่นเหล็ก (ขนาดเท่ากับแผ่นอะลูมิเนียม) ส่วนขั้วแคโทดยังคงใช้แผ่นคาร์บอนเดิม
- 10) ทำการทดลองซ้ำเหมือนข้อ 1-7 แต่เปลี่ยนขั้วแอโนดเป็นแผ่นเหล็ก (ขนาดเท่าเดิม) ส่วนขั้วแคโทดก็ใช้แผ่นเหล็กเช่นกัน

หมายเหตุ : ก่อนการทดลอง ให้นำแผ่นอะลูมิเนียมและแผ่นเหล็กไปแช่ในกรดไฮโดรคลอริก 5% ประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วล้างคราบตะกอนออกด้วยน้ำประปา จากนั้นเช็ดด้วยผ้าสะอาด

ตัวแปรที่ใช้ศึกษาในการทดลองที่ 2 (ขั้นตอนที่ 1) คือ

- 1) ตัวแปรอิสระ ได้แก่
 - ค่าพีเอชเริ่มต้น
 - ชนิดของขั้วไฟฟ้า
- 2) ตัวแปรตาม ได้แก่
 - ปริมาณโครเมียม เงิน และปรอท
 - ค่าพีเอชสุดท้าย
 - ค่าไออาร์พี
 - ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า





รูปที่ 3.3 วิธีการทดลองที่ 2 ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาค่าพีเอชเริ่มต้น และชนิดของขั้วไฟฟ้าที่เหมาะสม

3) ตัวแปรคงที่ ได้แก่

- ระยะเวลาในการทดลอง
- ปริมาณน้ำเสีย
- ความเร็วรอบการกวน
- ระยะห่างระหว่างขั้วแอโนดและขั้วแคโทด
- พื้นที่ผิวของขั้วไฟฟ้า

3.4.3.2 ขั้นตอนที่ 2 การหาความต่างศักย์ไฟฟ้า และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสม

จากการทดลองในขั้นตอนที่ 1 จะได้ชนิดของขั้วไฟฟ้า และค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียม เงิน และปรอท ในน้ำเสียซีไอดีเจือจาง ซึ่งสามารถนำมาใช้ทำการทดลองในขั้นตอนนี้ได้

มีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

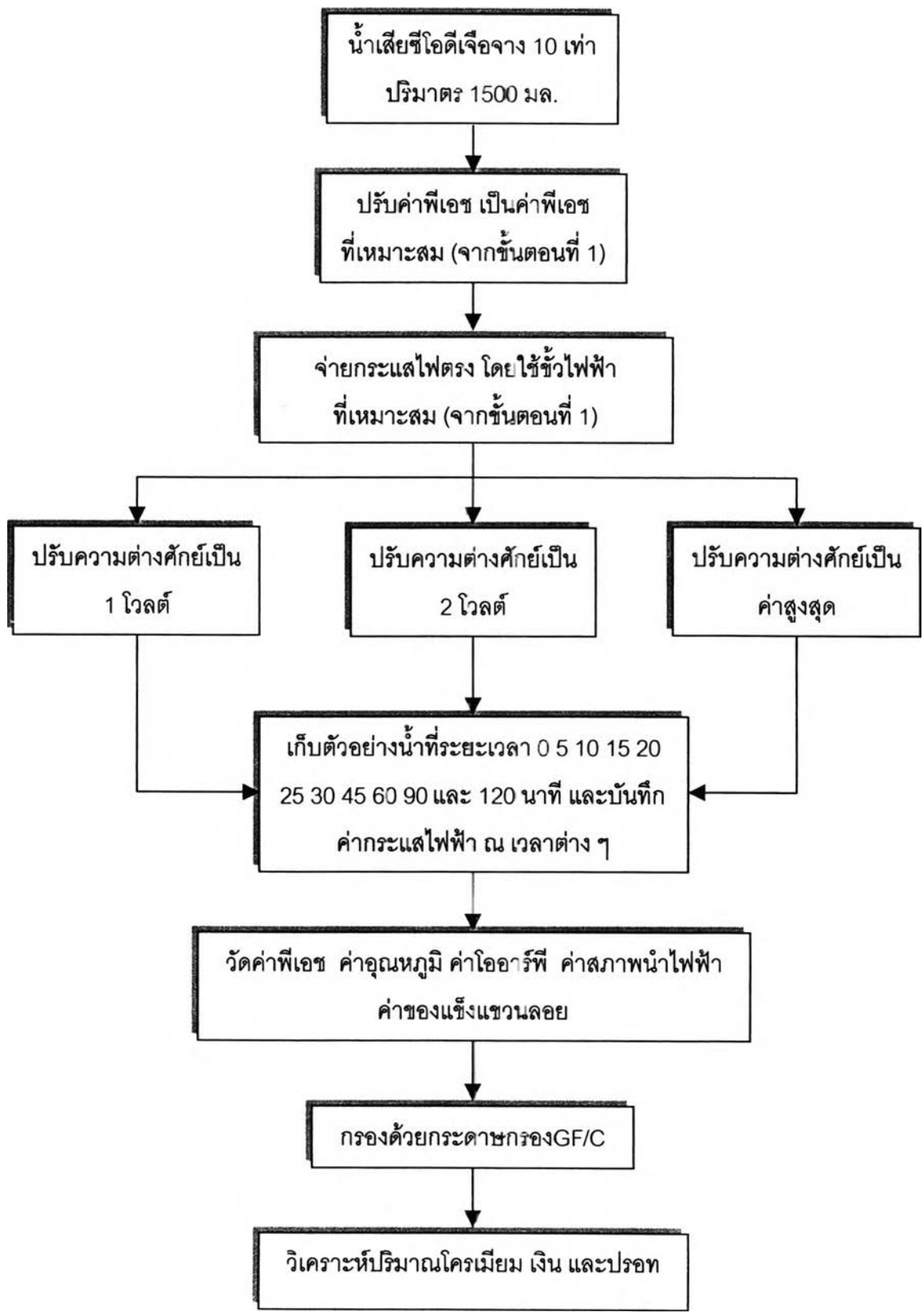
- 1) นำน้ำเสียซีไอดีเจือจางปริมาตร 1500 มล. ปรับพีเอชด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 50 % และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจาง เพื่อให้ได้ค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสม (จากขั้นตอนที่ 1)
- 2) นำน้ำเสียซีไอดีเจือจางที่ปรับพีเอชแล้ว (ค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมได้จากผลการทดลองในขั้นตอนที่ 1) ใส่ลงในกล่องพลาสติกอะครีลิก (Acrylic) ขนาด กว้าง 5.5 ซม. ยาว 30 ซม. สูง 15 ซม. ซึ่งตั้งอยู่บนเครื่องกวนสารละลาย
- 3) ใช้ขั้วไฟฟ้า (ชนิดของขั้วไฟฟ้าที่เหมาะสม จากขั้นตอนที่ 1) ขนาดกว้าง 14 ซม. ยาว 29.5 ซม. เป็นขั้วแอโนด และขั้วแคโทด ซึ่งมีระยะห่างกัน 5 ซม.
- 4) ต่อขั้วไฟฟ้าซึ่งจุ่มอยู่ในน้ำเสียซีไอดีเจือจางเข้ากับเครื่อง DC Power Supply Regulator แล้วปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าไปที่ค่าสูงที่สุดที่เครื่องสามารถจ่ายได้ พร้อมทั้งปรับค่าการกวนเป็น 180 รอบต่อนาที
- 5) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่เวลา 0 5 10 15 20 25 30 45 60 90 และ 120 นาที และบันทึกค่ากระแสไฟฟ้า ณ เวลาต่าง ๆ
- 6) นำตัวอย่างน้ำที่เก็บแต่ละระยะเวลาไปวัดค่าพีเอช (พีเอชสุดท้าย) ค่าอุณหภูมิ ค่าไออาร์พี ค่าสภาพนำไฟฟ้า และค่าของแข็งแขวนลอย

- 7) นำตัวอย่างน้ำที่เก็บแต่ละระยะเวลาไปกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C
- 8) นำไปวิเคราะห์หาค่าปริมาณโครเมียม เงิน และปรอท
- 9) ทำการทดลองซ้ำเหมือนข้อ 1-8 แต่เปลี่ยนค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็น 1 โวลต์
- 10) ทำการทดลองซ้ำเหมือนข้อ 1-8 แต่เปลี่ยนค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็น 2 โวลต์

หมายเหตุ : ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลองจะแปรผันตามกับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง

ตัวแปรที่ใช้ศึกษาในการทดลองที่ 2 (ขั้นตอนที่ 2) คือ

- 1) **ตัวแปรอิสระ** ได้แก่
 - ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา
 - ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า
- 2) **ตัวแปรตาม** ได้แก่
 - ปริมาณโครเมียม เงิน และปรอท ในน้ำหลังการทดลอง
 - ค่าพีเอชสุดท้าย
 - ค่าไออาร์พี
 - ค่าอุณหภูมิ
 - ค่าสภาพนำไฟฟ้า
 - ค่าของแข็งแขวนลอย
 - ค่ากระแสไฟฟ้า



รูปที่ 3.4 วิธีการทดลองที่ 2 ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาชนิดของขั้วไฟฟ้า และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสม

3) ตัวแปรคงที่ ได้แก่

- ชนิดของขั้วไฟฟ้า
- ค่าพีเอชเริ่มต้น
- ปริมาณน้ำเสีย

3.4.3.3 ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายเบื้องต้น เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัด

จากการทดลองขั้นตอนที่ 1 จะทำให้ทราบถึงชนิดของขั้วไฟฟ้าและค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมในการบำบัด ส่วนในขั้นตอนที่ 2 จะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียม เงิน และปรอท ที่สภาวะความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา แต่จะยังไม่ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัด เนื่องจากต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายเบื้องต้นในการบำบัดด้วย ดังนั้นในขั้นตอนที่ 3 จึงมีขั้นตอนดังนี้

- 1) ศึกษาถึงราคาของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และคำนวณราคาตามปริมาณที่ต้องใช้ในการปรับค่าพีเอชของน้ำเสีย ให้มีค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสม ตามหัวข้อ 3.4.2.1
- 2) ศึกษาถึงอัตราค่าไฟฟ้าตามอัตราของการไฟฟ้านครหลวง เพื่อใช้ในการคำนวณค่าไฟฟ้าเบื้องต้น
- 3) ศึกษาถึงอัตราค่าใช้จ่ายในการบำบัดและกำจัดตะกอนของศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรมแสมดำ เพื่อใช้ในการคำนวณค่าใช้จ่ายเบื้องต้น
- 4) คำนวณค่าใช้จ่ายรวมเบื้องต้นสำหรับกระบวนการไฟฟ้าเคมี คือ ค่าใช้จ่ายสำหรับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้ในการปรับค่าพีเอช ค่าไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายในการบำบัดและกำจัดตะกอนที่เกิดขึ้น ซึ่งใช้ในการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียซีไอดี คือ โครเมียม เงิน และปรอท เพื่อใช้วิเคราะห์ถึงสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัด

3.4.3 การทดลองที่ 3 การทดลองระบบบำบัดน้ำเสียซีโอไซด์ด้วยกระบวนการไฟฟ้าเคมี โดยศึกษาน้ำหนักของขั้วไฟฟ้าที่สลายไปตามชนิดของขั้วไฟฟ้าที่เหมาะสม และศึกษาชนิดของสารประกอบในตะกอนที่เกิดขึ้นจากการบำบัด

จากการทดลองที่ 2 จะทำให้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัด คือ ชนิดของขั้วไฟฟ้า ค่าพีเอชเริ่มต้น ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสม ดังนั้นค่าต่างๆ เหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในการทดลองที่ 3 ซึ่งจะออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียซีโอไซด์ด้วยกระบวนการไฟฟ้าเคมี โดยศึกษาน้ำหนักของขั้วไฟฟ้าที่สลายไปตามชนิดของขั้วไฟฟ้าที่เหมาะสม และศึกษาชนิดของสารประกอบในตะกอนที่เกิดขึ้นจากการบำบัด ดังมีรายละเอียดการศึกษาดังนี้

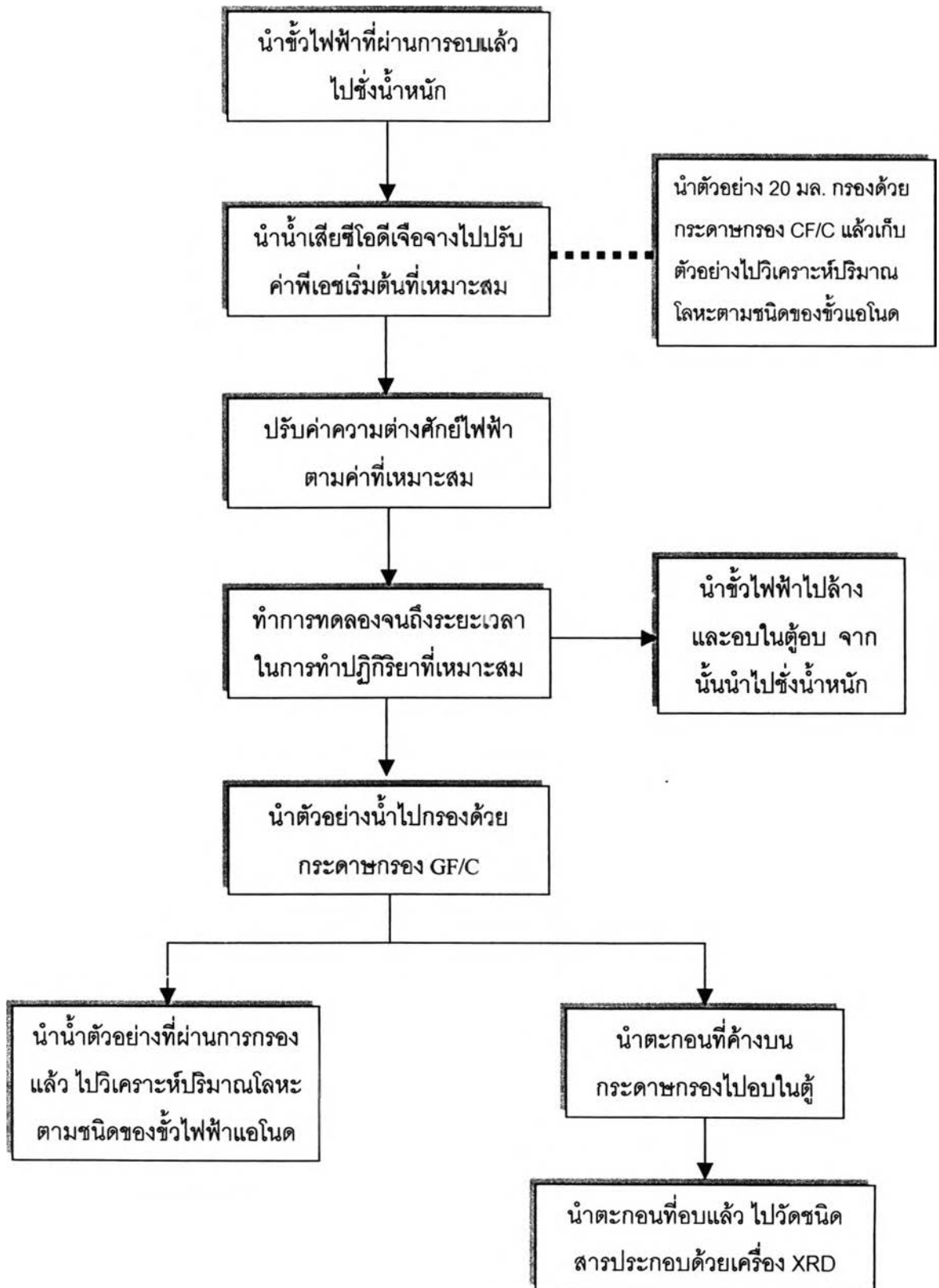
- 1) นำขั้วไฟฟ้าแอโนดและแคโทดที่เหมาะสม จากหัวข้อ 3.4.2.1 (การทดลองที่ 2 ขั้นตอนที่ 1) ซึ่งผ่านการเตรียมขั้วไฟฟ้ามาแล้วไปล้างในน้ำสะอาด แล้วเช็ดให้แห้ง จากนั้นนำไปอบในตู้อบ (105 องศาเซลเซียส) ประมาณ 1 ชั่วโมง
- 2) นำขั้วไฟฟ้าที่ผ่านการอบแล้วไปชั่งน้ำหนัก
- 3) ใช้ขั้วไฟฟ้าคู่นี้ทำการทดลองเหมือนกับหัวข้อ 3.4.2.2 (การทดลองที่ 2 ขั้นตอนที่ 2)
- 4) ทำการปรับค่าพีเอชเป็นค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสม (จากหัวข้อ 3.4.2.1) แล้วนำน้ำที่ปรับค่าพีเอชแล้ว ประมาณ 20 มล. ไปกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C แล้วเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะตามชนิดของขั้วไฟฟ้าแอโนดที่เหมาะสม
- 5) ใช้สภาวะที่เหมาะสมต่างๆ ในการทดลองจนครบระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสม (ค่าสภาวะที่เหมาะสมต่างๆ ได้จากการทดลองที่ 2)
- 6) เก็บน้ำตัวอย่างประมาณ 100 มล. นำไปกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C และนำน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองไปวัดปริมาณโลหะตามชนิดของขั้วไฟฟ้าแอโนดที่ใช้ในการทดลอง
- 7) นำตะกอนที่อยู่บนกระดาษกรองไปอบในตู้อบประมาณ 1 ชั่วโมง (105 องศาเซลเซียส)
- 8) นำตะกอนที่อบแล้วไปวิเคราะห์ชนิดของสารประกอบในตะกอนที่ผ่านการบำบัดด้วยเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (XRD)
- 9) นำขั้วไฟฟ้าแอโนดและแคโทดไปขัดตะกอนที่บริเวณผิวของขั้วออกและล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำไปอบภายในตู้อบ (105 องศาเซลเซียส) ประมาณ 1 ชั่วโมง
- 10) นำขั้วไฟฟ้าแอโนดและแคโทดไปชั่งน้ำหนัก

11) วิเคราะห์ และคำนวณปริมาณข้อผิดพลาดที่หายไปในการบำบัด

หมายเหตุ : ปริมาณโลหะตามชนิดของข้อผิดพลาดหมายถึงการใช้ชนิดของข้อผิดพลาดแอมโตนิด ก็ให้วัดปริมาณโลหะที่เหลือน้ำเสียหลังการบำบัดนั้น เช่น ถ้าใช้เหล็กเป็นข้อผิดพลาด ก็ให้วัดปริมาณเหล็กที่เหลือน้ำ

ตัวแปรที่ใช้ศึกษาในการทดลองที่ 3 คือ

- 1) ตัวแปรอิสระ ได้แก่
 - น้ำหนักของข้อผิดพลาด
- 2) ตัวแปรตาม ได้แก่
 - ปริมาณโลหะตามชนิดของข้อผิดพลาดแอมโตนิด
 - ชนิดของสารประกอบในตะกอนหลังการบำบัด
- 3) ตัวแปรคงที่ ได้แก่
 - ชนิดของข้อผิดพลาด
 - ค่าพีเอชเริ่มต้น
 - ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า
 - ระยะเวลาในการทดลอง
 - ระยะห่างระหว่างข้อผิดพลาดแอมโตนิด และข้อผิดพลาดแคโทด
 - พื้นที่ผิวของข้อผิดพลาด



รูปที่ 3.5 ผังการทดลองการบำบัดน้ำเสียซีไอดีด้วยกระบวนการไฟฟ้าเคมี