บทที่ 1.

บทนำ

1.1 ลักษณะทั่วไปของขบวนการโคแอกกูเลชัน

โคแอกกูเลชันเป็นขบวนการทางเคมีและกายภาพ ที่ใช้กำจัดอนุภาคแขวนลอยต่างๆในน้ำ โดยการทำให้อนุภาคต่าง ๆ เกาะกันจนเป็นตะกอนใหญ่ขึ้น จนจมตัวหรือกรองออกได้

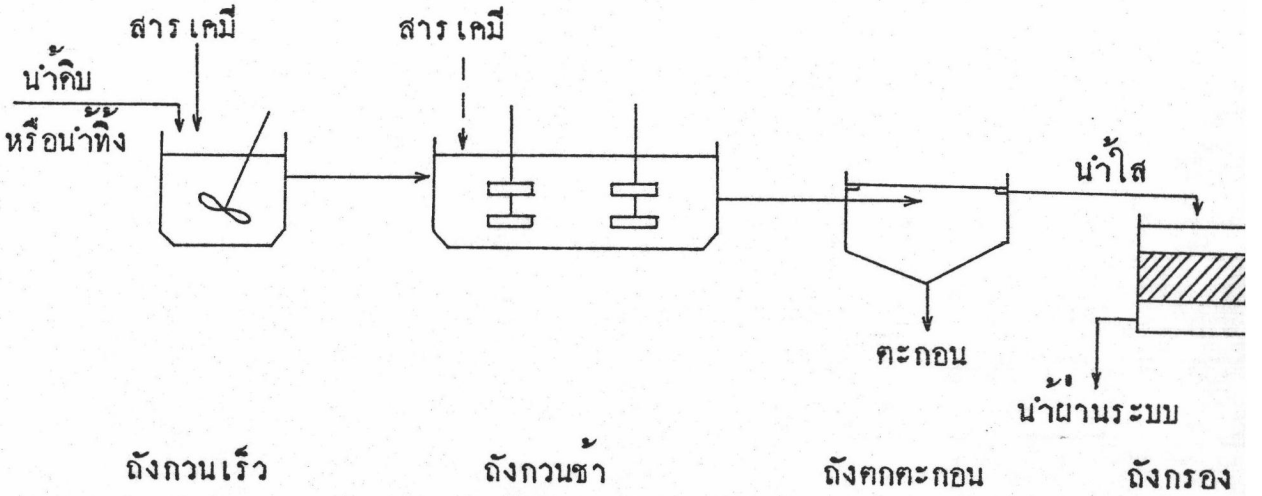
โคแอกกูเลชันประกอบด้วยกลไก 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการลดเสถียรภาพ (destabilization) ของอนุภาคโดยใช้สารเคมี ขั้นตอนที่สองเป็นการทำให้อนุภาคเกาะกัน ซึ่งอาจจะใช้วิธีทางกายภาพอย่างเดียว หรือใช้สารเคมีด้วยก็ได้ ในระบบผลิตน้ำประปาและระบบกำจัดน้ำเสียที่ใช้ขบวนการโคแอกกูเลชัน โดยทั่วไปจะประกอบด้วยหน่วยย่อย (unit) สำคัญ ๆ (ดูภาพ 1.1) คือ

1. ถังกวนเร็ว ใช้ผสมสารเคมีที่จะไปลดเสถียรภาพของอนุภาคให้กระจายไปในน้ำอย่างทั่วถึง
2. ถังกวนช้า ใช้กวนให้อนุภาคที่ถูกลดเสถียรภาพแล้วสัมผัสกัน แล้วเกาะกันเป็นตะกอนที่ใหญ่ขึ้น
3. ถังตกตะกอน เป็นถังพักที่ปล่อยให้ตะกอนจมตัวลง เพื่อแยกน้ำใสออก
4. ถังกรอง ใช้กรองตะกอน , อนุภาค และจุลินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่ในน้ำใสออก เพื่อให้น้ำสะอาดยิ่งขึ้น

1.2 ความสำคัญของขบวนการโคแอกกูเลชัน

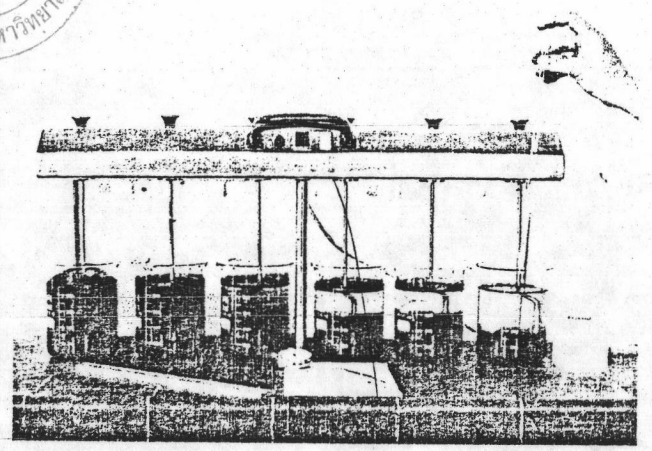
การใช้ขบวนการโคแอกกูเลชัน ในการผลิตน้ำประปาและในการกำจัดน้ำเสีย โดยทั่วไปมีจุดประสงค์ในการกำจัดอนุภาคต่าง ๆ ที่ทำให้น้ำมีความขุ่นและสี แต่ในขณะเดียวกัน กลไกของขบวนการโคแอกกูเลชันยังสามารถกำจัดสิ่งอื่น ๆ ที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ อีกด้วย ซึ่งอาจแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

1. แบคทีเรียและจุลินทรีย์ต่าง ๆ รวมทั้งไข่และตัวอ่อนของพยาธิ ที่ก่อให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บ
2. สารอินทรีย์ตามธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากการเน่าเปื่อยของพืช โดยเฉพาะกรดฮิวมิค สามารถทำปฏิกริยากับคลอรีน เกิดคลอโรฟอร์มและสารประกอบแฮโรมิเทน (halomethane) ซึ่งเป็นสารพิษ
3. สารอินทรีย์สังเคราะห์ที่เป็นอันตรายต่าง ๆ เช่น DDT, PCB ตลอดจนสารอนินทรีย์ที่เป็นพิษ ซึ่งเกาะติดอยู่กับอนุภาคต่าง ๆ ในน้ำ จะถูกกำจัดไปพร้อมกับอนุภาคด้วย



ภาพ 1.1 ส่วนประกอบทั่วไปของระบบที่ใช้ขบวนการโคแอกกูเลชัน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพ 1.2 เครื่องจาร์เทสต์

4. ใยหินหรือแอสเบสตอส ซึ่งเชื่อกันว่าเป็นสารที่เป็นต้นเหตุของโรคมะเร็ง (1)

การผลิตน้ำบริบาลด้วยขบวนการโคแอกกูเลชัน มีมาตั้งแต่ปลายคริสตศตวรรษที่ 19 จนถึงปัจจุบันนี้ ความสำคัญของขบวนการนี้เพิ่มขึ้นตลอดเวลา เพราะความต้องการน้ำสะอาดเพื่ออุปโภคและบริโภคเพิ่มขึ้น แต่แหล่งน้ำดิบต่าง ๆ กลับขาดแคลนและเสื่อมโทรมลงตามลำดับ ซึ่งถึงแม้ว่าความรู้ทางด้านทฤษฎีของขบวนการนี้จะรุดหน้าไปมาก แต่เทคนิคในการควบคุมต่าง ๆ ยังไม่เอื้ออำนวยให้สามารถใช้ความรู้ดังกล่าวไปตรวจสอบและติดตามการทำงานของระบบได้ดีเท่าที่ควร

1.3 วิธีการควบคุมขบวนการโคแอกกูเลชัน

1. การควบคุมโดยจาร์เทสต์ (Jar Test)

การออกแบบและควบคุมขบวนการโคแอกกูเลชัน จำเป็นต้องรู้ชนิดและปริมาณของสารเคมีที่เหมาะสม ตลอดจนภาวะต่าง ๆ ที่เอื้ออำนวยต่อกลไกโคแอกกูเลชัน วิธีทดลองหาค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังกล่าว ที่ใช้กันมาแต่ดั้งเดิมและปัจจุบันก็ยังใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุด คือ วิธีทดสอบในบีคเกอร์ ที่เรียกว่า จาร์เทสต์

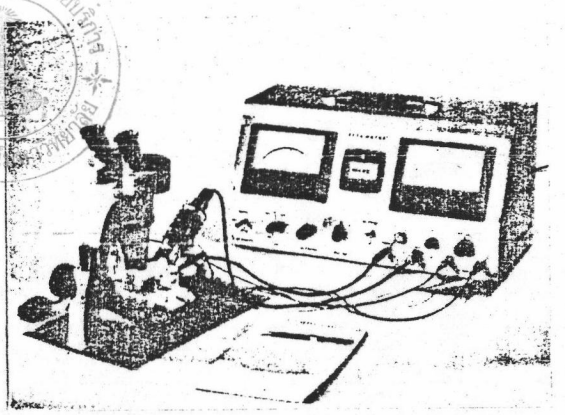
เครื่องมือทดสอบ เป็นเครื่องกวนที่ปรับความเร็วรอบได้ ซึ่งส่วนมากจะมีใบพัดสำหรับกวน 6 ใบ (ดูภาพ 1.2) ในการทดสอบแต่ละครั้ง จะเลือกชนิดของสารเคมีและกำหนดภาวะต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ ปริมาตรของตัวอย่างน้ำ, ความเร็วรอบและระยะเวลาของการกวนผสมและการกวนช้า, และระยะเวลาจมตัวของตะกอน ไว้ค่าหนึ่ง แล้วทดลองโดยแปรปริมาณสารเคมีและ/หรือพีเอชในตัวอย่างน้ำในแต่ละบีคเกอร์ ก็จะได้ค่าปริมาณสารเคมีและ/หรือพีเอช ที่เหมาะสมที่สุดในการทดลองนั้น ๆ

การทดสอบวิธีนี้มักจะต้องทำหลายครั้ง เพื่อให้ได้ค่าของตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดจริง ๆ โดยเฉพาะในการออกแบบระบบใหม่ ๆ ซึ่งอาจจะมีสารเคมีให้เลือกใช้หลายชนิด และรายละเอียดของหน่วยย่อยต่าง ๆ สามารถกำหนดได้หลายแบบ ก็จะต้องทำการทดสอบหลายครั้งยิ่งขึ้น จึงจะได้ข้อมูลที่ครอบคลุมตัวแปรต่าง ๆ อย่างทั่วถึง

2. การควบคุมโดยการวัดศักย์ไฟฟ้า (Zeta potential)

ศักย์ไฟฟ้าของอนุภาค ทั้งที่มีอยู่เดิมและที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากกลไกโคแอกกูเลชัน มีอิทธิพลต่อผลของโคแอกกูเลชัน (ดูบทที่ 3) ดังนั้นในโคแอกกูเลชันของน้ำหนึ่ง ๆ เมื่อได้ตรวจสอบศักย์ไฟฟ้าของอนุภาคควบคู่กับจาร์เทสต์หรือในระบบจริง จนรู้ค่าศักย์ไฟฟ้าของอนุภาคที่จะได้ผลโคแอกกูเลชันที่ดีที่สุดแล้ว จะสามารถนำไปใช้ติดตามและควบคุมการทำงานของระบบได้ (2)

การวัดศักย์ไฟฟ้าของอนุภาคใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Zeta meter (ดูภาพ 1.3) ตรวจสอบการเคลื่อนที่ของอนุภาคในสนามไฟฟ้า ค่าที่วัดได้จะเป็น Electrophoretic Mobility (EM) ของอนุภาค ซึ่งนำไปคำนวณค่า Zeta petential ได้ แต่เนื่องจากเครื่องมือนี้วัดได้เฉพาะอนุภาคที่เห็นได้ด้วยกล้องจุลทัศน์เท่านั้น และค่าคงที่ต่าง ๆ ที่ใช้คำนวณอาจมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการตรวจสอบ นักวิจัยส่วนใหญ่จึงนิยมระบุคุณสมบัติทางไฟฟ้าของอนุภาคที่วัดได้โดยวิธีนี้เป็นEM มากกว่าเป็น Zeta potential (3)



ภาพ 1.3 เครื่องมือวัดศักย์ไฟฟ้าของอนุภาค (Zeta meter)

1.4 ปัญหาของการควบคุมขบวนการโคแอกกูเลชัน

การทดสอบแบบจาร์เทสต์ ซึ่งนิยมใช้ในการควบคุมขบวนการโคแอกกูเลชัน มีจุดบกพร่องอยู่หลายประการคือ

1. โครงร่าง (configuration) ของหน่วยย่อยต่าง ๆ ในระบบ เช่น ถังกวนเร็ว, ถังกวนช้า แตกต่างกับบีคเกอร์หรือถ้วยทดลองที่ใช้ในการทดสอบ ดังนั้นถึงแม้ว่าจะพยายามกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ในขณะทดลอง (ความเร็วรอบในการกวน, ระยะเวลาในการจมตัว ฯลฯ) ให้ใกล้เคียงกันในระบบจริง ๆ สักเพียงใดก็ตามอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ เหล่านั้นก็ยังแตกต่างกันอยู่ดี โดยเฉพาะค่าความปั่นป่วนที่เรียกว่าvelocity gradient และการกระจายของมัน ซึ่งมีอิทธิพลต่อกลไกโคแอกกูเลชันเป็นอย่างมากนั้น (ดูบทที่ 3) จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จนอาจทำให้กลไกโคแอกกูเลชันในขณะทดสอบกับในระบบจริง มีความสมบูรณ์ต่างกัน

2. การจมตัวของตะกอนจากขบวนการโคแอกกูเลชัน เป็นแบบ flocculant settling ซึ่งระยะทางในการจมตัวมีผลต่อขนาดและความเร็วในการจมตัวของตะกอน ดังนั้นการจมตัวในบีคเกอร์หรือถ้วยทดลองซึ่งมีความลึกน้อย ๆ จึงไม่สามารถเป็นตัวแทนของถังตกตะกอน ซึ่งมีความลึก

มากกว่าหลาย ๆ เท่าได้ คุณภาพของน้ำใสที่ผ่านขบวนการใน 2 กรณีนี้ จึงไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ดีนัก

3. จาร์เทสท์ เป็นเพียงการหาผลลัพธ์สุดท้ายของขบวนการ จึงไม่สามารถใช้ติดตาม การเปลี่ยนแปลงของอนุภาคซึ่งเกิดขึ้นจริงที่จุดต่าง ๆ ในระบบได้

4. ในกรณีของน้ำที่บำบัดได้ยาก ตัวแปรต่าง ๆ มักจะมีช่วงที่เหมาะสมแคบ ซึ่งทำให้ต้องทดสอบหลายครั้ง จึงจะได้ค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่เหมาะสมจริง ๆ จึงเป็นการสิ้นเปลืองเวลา และแรงงาน โดยเฉพาะในระบบซึ่งทำงานอย่างต่อเนื่อง เมื่อคุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไป การทดสอบหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมใหม่ มักจะไม่ทันการ

การควบคุมโดยการวัดศักย์ไฟฟ้าของอนุภาค ไม่ได้เลียนแบบการทำงานของระบบ และสามารถใช้ตรวจสอบและติดตามการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าของอนุภาคที่ทุก ๆ จุดในระบบ จึงไม่เกิดปัญหาแบบเดียวกับจาร์เทสท์ แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากเครื่องมือZeta meter มีราคาแพง และการวัดต้องอาศัยความชำนาญมาก เทคนิคนี้จึงไม่ได้รับความนิยมมากนัก

1.5 <u>การแก้ปัญหาโดยการใช้เทคนิคการไตเตรทคอลลอยด์</u>

อนุภาคมีศักย์ไฟฟ้าได้ เนื่องจากมีประจุไฟฟ้าที่ผิว ดังนั้นเทคนิคไตเตรทคอลลอยด์ ซึ่งเป็นการวัดประจุไฟฟ้าของอนุภาค (4, 5) จึงควรที่จะใช้ตรวจสอบและควบคุมขบวนการโคแอกกูเลชัน ได้เช่นเดียวกับการวัดศักย์ไฟฟ้า

เทคนิคไตเตรทคอลลอยด์นี้ ใช้ง่ายกว่าการวัดศักย์ไฟฟ้ามาก และไม่ต้องอาศัยเครื่องมือพิเศษใด ๆ (4, 5) แต่ยังไม่แพร่หลายและเป็นที่เชื่อถือมากนัก เพราะเป็นเทคนิคใหม่ ซึ่งยังมีงานวิจัยน้อยอยู่ ดังนั้นหากมีผลวิจัยเพียงพอที่จะยืนยันว่า เทคนิคนี้สามารถใช้ควบคุมขบวนการโคแอกกูเลชันได้ดีและสะดวกจริงแล้ว จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานด้านวิศวกรรมสุขาภิบาล