



3.1 กระบวนการโคแอกกูเลชัน

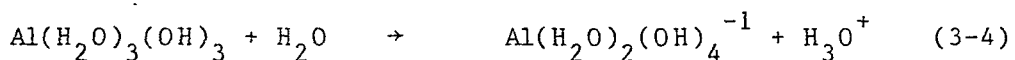
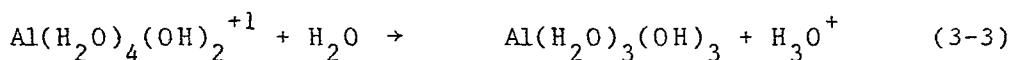
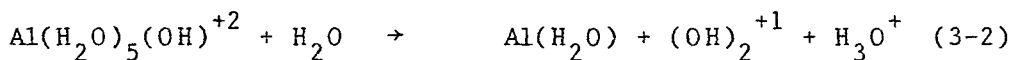
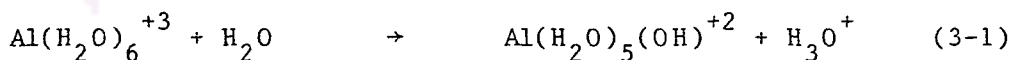
กระบวนการโคแอกกูเลชัน เป็นกระบวนการย่อยที่สำคัญมาก ในการขจัดความขุ่นที่มีขนาดเล็กและแขวนลอยในน้ำ โดยที่ไม่สามารถตกตะกอนเพียงลำพัง (3)

กระบวนการโคแอกกูเลชัน ประกอบด้วยขั้นตอน หรือส่วนสำคัญ 2 ส่วน ได้แก่กระบวนการไฟฟ้า-เคมี ในการลดหรือทำลายเสถียรภาพที่ผิวอนุภาคคอลลอยด์ และขั้นตอนทางกายภาพในการสร้างสภาวะที่เหมาะสมแก่อนุภาคคอลลอยด์ ที่สูญเสียเสถียรภาพให้เคลื่อนที่เข้าใกล้กัน เพื่อสร้างโอกาสสัมผัส และรวมตัวของอนุภาคฯ จนมีขนาดใหญ่ พร้อมทั้งจะรับการขจัดออกจากระบบ โดยกระบวนการตกตะกอน

กระบวนการโคแอกกูเลชันที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ย่อมเพิ่มประสิทธิภาพของความสามารถในการขจัดความขุ่นอันน่ารังเกียจที่แขวนลอยในน้ำ ลดความสูญเสียค่าของสารเคมี ตลอดจนเป็นการลดต้นทุนของกระบวนการผลิตน้ำประปา

3.2 เคมีของสารส้มในน้ำ

สารส้มเป็นสารเคมีที่มีบทบาทในกระบวนการโคแอกกูเลชัน ทั้งนี้ เนื่องจากคุณสมบัติของสารส้ม เมื่ออยู่ในน้ำแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาเคมี แดกตัวได้ไฮออนประจุลบและบวก ไฮออนบวกจะทำปฏิกิริยากับน้ำได้สารประกอบ $Al(H_2O)_6^{+3}$ ซึ่งเรียกสารประกอบนี้ว่า Aquametal Ion สารประกอบดังกล่าวนี้จะมีคุณสมบัติเป็นกรดที่ไร้เสถียรภาพ พร้อมทั้งจะให้ไฮออนบวกของไฮโดรเจน (H^+) แก่น้ำ ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่เรียกว่า Monomeric Hydroxo complex ต่าง ๆ ดังสมการ (3-1) - (3-4)



ในสมการ (3-1) - (3-4) ปฏิกริยาและชนิดของสารประกอบเชิงซ้อนของสารส้ม จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ Al^{+3} และพีเอช ปริมาณของสารประกอบเชิงซ้อนของสารส้มที่เกิดขึ้น สามารถคำนวณหาได้จาก สมดุลย์เคมีของสารส้มในน้ำ รายละเอียดสามารถศึกษาได้จากเอกสาร หมายเลขที่ 3 และ 17

นักวิจัยหลายท่านได้แสดงความสัมพันธ์ ระหว่างปฏิกริยาเคมี และสารประกอบเชิงซ้อน ของสารส้ม พร้อมทั้งผลการทดลองที่สนับสนุน สมมุติฐานของปฏิกริยาที่กล่าวมาแล้วนี้ (17)

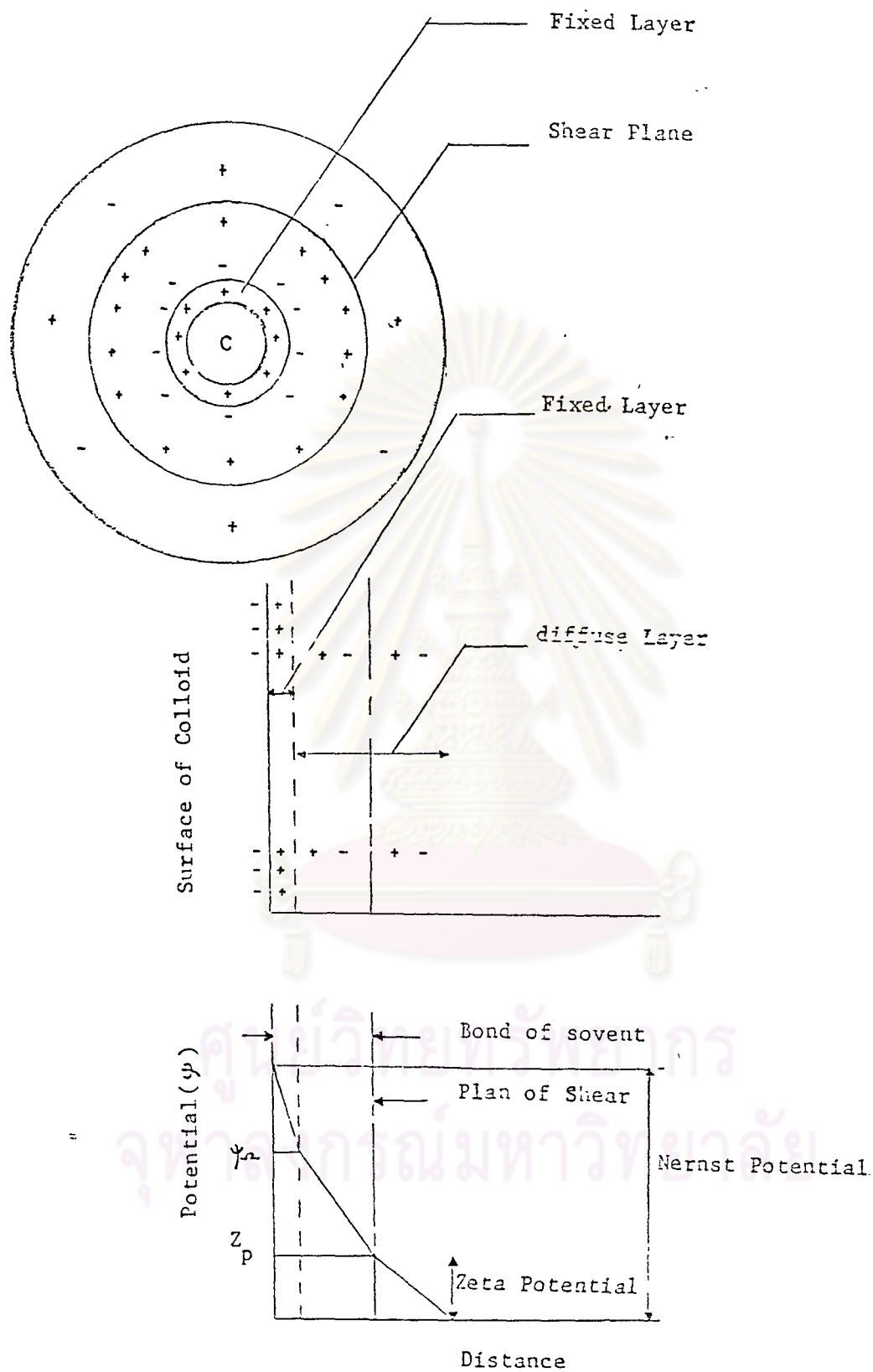
Brosette (19) ได้เสนอแนะไว้ว่า สารประกอบเชิงซ้อนของสารส้ม จะมีรูปแบบ $Al((OH)_3Al)_n^{3+}$ ในช่วงพีเอชเป็นกรด และ $(Al(OH)_3)_n OH^-$ ในช่วงที่พีเอชที่เป็นด่าง

โดยทั่วไปแล้วสารประกอบเชิงซ้อนเคมีที่มีประจุบวก จะดูดติดผิวอนุภาคคอลลอยด์ที่มี ประจุลบ ทำให้ศักย์ไฟฟ้าที่ผิวอนุภาคคอลลอยด์ (Nernst Potential) ลดลง และอาจลดลงจน ไม่มีค่าประจุลบเหลืออยู่ก็ได้ แต่โดยทั่วไปแล้วเชื่อว่าไอออนบวกของสารประกอบ Al^{+3} จะไม่สามารถ สัมผัสโดยตรงกับผิวอนุภาคคอลลอยด์ ทั้งนี้ เนื่องจากอนุภาคของน้ำที่ยึดเกาะหนา (ดูภาพที่ 3.1) เป็นแผ่นฟิล์ม ล้อมรอบอนุภาคคอลลอยด์ที่เรียกว่าชั้นถาวร (Fixed or stern Layer) และมี ศักย์ไฟฟ้าเป็น stern Potential (3)

ในทางปฏิบัติศักย์ไฟฟ้าของอนุภาคคอลลอยด์ จะวัดในรูปของค่า Zeta Potential (Z_p) ซึ่งเป็นศักย์ไฟฟ้าที่ผิวนอกสุดของน้ำ (Bond of solvent) ที่เคลื่อนที่ไปพร้อมกับอนุภาค คอลลอยด์ โดยที่ผิวนอกนี้เรียกว่า Plan of shear ซึ่งจะอยู่ในชั้นกระจาย (Diffuse Layer)

โดยทั่วไปแล้ว Z_p จะเป็นดัชนีบ่งออกถึงปริมาณศักย์ไฟฟ้า บนผิวอนุภาคคอลลอยด์ ถ้า Z_p สูง แสดงว่าอนุภาคคอลลอยด์มีเสถียรภาพมาก ทำให้การรวมตัวของอนุภาคคอลลอยด์ เป็นไปได้ ยากกว่าอนุภาคคอลลอยด์ ที่มีระดับ Z_p ต่ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

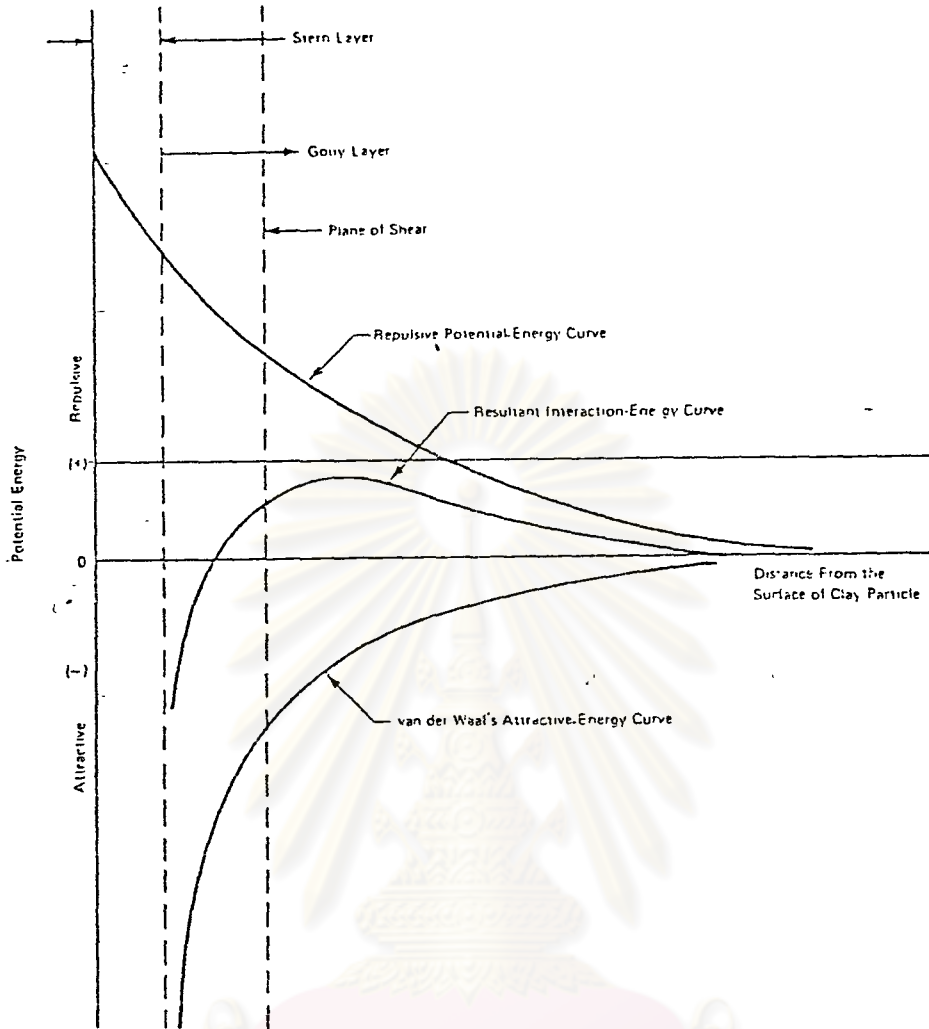


ภาพที่ 3.1 ลักษณะของการเกิดขึ้นของไอออนที่ผิวอนุภาคคอลลอยด์ (19)

อนุภาคคอลลอยด์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ มีแรงกระทำซึ่งกันและกันอยู่ ๒ ชนิดคือ แรงดูด (Vander waals force) และแรงผลัก (Electrical Repulsive force) แรงดูดเป็นแรงธรรมชาติของอนุภาคระดับโมเลกุลที่ดึงดูดซึ่งกันและกัน ส่วนแรงผลักเป็นแรงที่เกิดขึ้นจากประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน บทบาทของแรงทั้งสองชนิดที่มีผลต่อเสถียรภาพอนุภาคคอลลอยด์ ขึ้นอยู่กับระยะห่างของอนุภาคคอลลอยด์ ดังแสดงในภาพที่ 3.2 จากภาพจะเห็นได้ว่า อิทธิพลของแรงดึงดูด Vander waals จะมีผลก็ต่อเมื่ออนุภาคเข้าใกล้กันมาก ๆ เพราะฉะนั้นอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าสูง หรืออยู่ในน้ำที่มีความเข้มข้นของไอออนต่ำ จะมีชั้นกระจาย (Diffuse Layer) หนานั้น มักมีแรงผลักสูงจนทำให้อิทธิพลของแรงดูด ไม่สามารถแสดงออกมาได้ อนุภาคคอลลอยด์ในสภาพดังกล่าว จะมีเสถียรภาพมาก เกาะยี่ตรวมเป็นตะกอนที่มีขนาดใหญ่จนสามารถตกตะกอนเพียงลำพังได้มาก (3)



คุรุวิทยาลัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



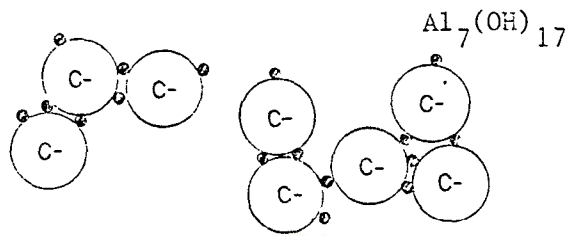
ภาพที่ 3.2 พลังงานระหว่างอนุภาคคอลลอยด์ (19)

3.3 กลไกโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม

ปฏิกิริยาเคมีของสารส้มในน้ำทำให้เกิดกลไกของการทำลายเสถียรภาพ อนุภาคคอลลอยด์ได้ 3 รูปแบบดังนี้

3.3.1 กลไกดูดติดผิวและทำลายประจุ (Adsorption-Destabilization)

กลไกการทำลายเสถียรภาพแบบดูดติดผิว และทำลายประจุ เกิดขึ้นจากอิทธิพลของสารประกอบเชิงซ้อนของสารส้ม ในช่วงพีเอชที่มีสภาพเป็นกรด เสถียรภาพอนุภาคคอลลอยด์ จะถูกทำลายโดยสารประกอบเชิงซ้อนของสารส้มที่มีประจุตรงข้าม (ดูภาพที่ 3.3) อนุภาคคอลลอยด์จะมีขนาดใหญ่ และสามารถตกตะกอนด้วยน้ำหนักอนุภาคเพียงลำพัง



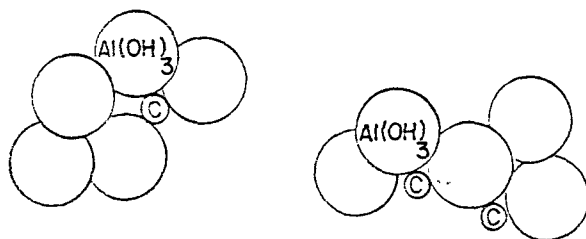
ภาพที่ 3.3 กลไกการทำลายเสถียรภาพแบบดูดติดผิว และทำลายประจุ (17)

กลไกการทำลายเสถียรภาพด้วยสารส้มแบบดูดติดผิว และทำลายประจุ เป็นกลไกที่มีประโยชน์มาก ทั้งนี้ เนื่องจากใช้ปริมาณสารส้มต่ำ ตะกอนน้อย มีความหนาแน่นสูง และแยกออกจากน้ำได้ง่าย ทำให้ลดต้นทุนในการกำจัดความขุ่น แต่ในการสร้างสภาวะที่เหมาะสมสำหรับควบคุมกลไกดังกล่าว ให้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์นั้นก็ไม่ใช่ว่าเรื่องง่าย ดังนั้น หากปรากฏว่าระบบการผลิตน้ำประปาใดก็ตาม ที่ไม่สามารถควบคุมกลไกการทำลายเสถียรภาพแบบดูดติดผิว-ทำลายประจุ ก็ไม่ใช่เรื่องแปลก

3.3.2 กลไกแบบกวาด (sweep coagulation)

กลไกการทำลายเสถียรภาพ อนุภาคคอลลอยด์แบบกวาดของสารส้ม เกิดขึ้นเมื่อเติมปริมาณสารส้มลงในน้ำจนเกิดผลึกของ $Al(OH)_3$ ซึ่งจะมีลักษณะเหนียว สามารถเป็นที่ยึดเกาะของอนุภาคคอลลอยด์ จนทำให้อนุภาคคอลลอยด์ไม่สามารถแสดงอิทธิพลทางประจุไฟฟ้า (ดูภาพที่ 3.4) ในลักษณะดังกล่าว $Al(OH)_3$ และคอลลอยด์จะรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่ขึ้นเอง สามารถตกตะกอนได้เพียงลำพัง

กระบวนการโคแอกกูเลชัน ที่พบเสมอในระบบผลิตน้ำประปา มักจะอยู่ในประเภทดังกล่าวนี้ เพราะเป็นกลไกที่เกิดขึ้นได้ง่าย เพียงแต่อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารส้มที่สูงพอ และสภาพความเป็นต่างของน้ำดิบที่เหมาะสม ตะกอนจะเกิดขึ้นมากและยากต่อการแยกออกจากน้ำ อย่างไรก็ตามต้นทุนในการขจัดความขุ่น จะสูงกว่าการขจัดความขุ่นโดยอาศัยกลไกแบบแรก เนื่องจากต้องสิ้นเปลืองสารส้มมากกว่า



ภาพที่ 3.4 กลไกการทำลายเสถียรภาพแบบกวาด (17)

3.2.3 กลไกโคแอกกูเลชันแบบผสม (combination coagulation)

กลไกโคแอกกูเลชันแบบผสม เป็นการทำลายเสถียรภาพ อนุภาคคอลลอยด์ร่วมกัน ระหว่าง กลไกแบบดูดติดผิวและทำลายประจุ และแบบกวาด โดยที่ความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของ กลไกทั้งสองมีไม่เด่นชัด สถานะดังกล่าวจัดว่าเป็นกลไกแบบผสม ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อมีการใช้ปริมาณ สารส้ม และพีเอชของน้ำดิบภายหลังการทำลายเสถียรภาพ เพิ่มสูงขึ้นกว่ากลไกการทำลายเสถียรภาพ แบบดูดติดผิวและทำลายประจุ แต่จะใช้ปริมาณสารส้มต่ำกว่ากลไกแบบกวาด

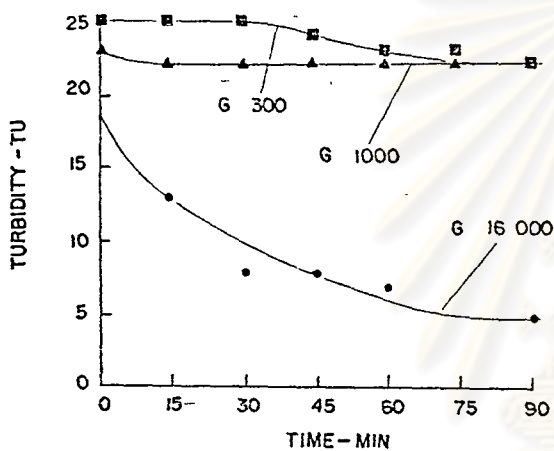
3.4 พารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการโคแอกกูเลชัน

3.4.1 ความเร็วแกระเดียนท์ (Velocity Gradients)

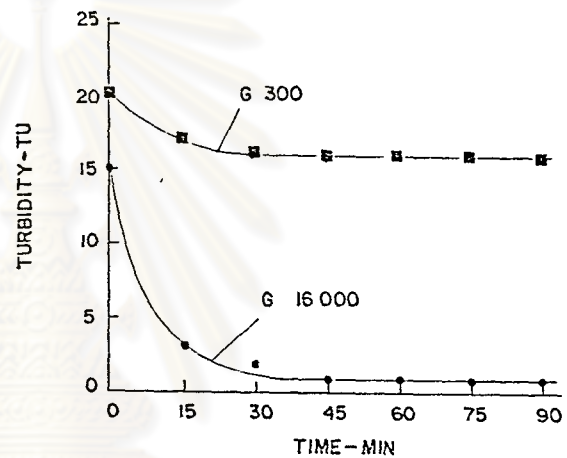
ความเร็วแกระเดียนท์ "G" หมายถึงความปั่นป่วนของน้ำ การกวนเร็วจะต้องมีระดับ G สูงมาก ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดการผสมระหว่างสารเคมี, น้ำ และคอลลอยด์ เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และ พร้อม ๆ กันทุกจุด ในทางตรงกันข้ามการกวนช้าจะมีระดับความปั่นป่วนต่ำกว่ามาก เพื่อป้องกันมิให้ ตะกอนฟล็อกเกิดการแตกแยก ดังนั้น จะเห็นได้ว่าความเร็วแกระเดียนท์มีความสำคัญต่อกระบวนการ โคแอกกูเลชันเป็นอย่างยิ่ง ระดับ G ที่เหมาะสมสำหรับการกวนเร็วต้องไม่น้อยกว่า $300 (\text{วท})^1$ และ สำหรับการกวนช้าก็มีค่าไม่เกิน $60-100 (\text{วท})^1$

ในปัจจุบัน Amircharajah และ Mills (17) พยายามแสดงให้เห็นว่า G มีความสำคัญต่อการกำหนดชนิดของกลไกโคแอกกูเลชันด้วย จากการทดลองของวิศวกรทั้งสองท่าน พบว่า กลไกแบบดูดติดผิวและทำลายประจุจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อการกวนเร็วมีค่า G สูงมาก ดังตัวอย่างในภาพที่

3.5 (ก) ซึ่งจะเห็นได้ว่า โคแอกกูเลชันที่ $G = 16,000 \text{ (วท)}^{-1}$ เกิดขึ้นได้ดีมากกว่าที่ $G = 300$ และ $1,000 \text{ (วท)}^{-1}$ ภาพที่ 3.5 (ข) ก็แสดงเช่นเดียวกันว่า โคแอกกูเลชันแบบดูดติดผิว จะเกิดได้ดีที่ G สูงมาก ๆ ในภาพหลังนี้ยังแสดงอีกด้วยว่า การเพิ่มปริมาณสารส้ม (จาก 5 มก/ล ในภาพ 3.5 (ก) เป็น 30 มก/ล ในภาพ 3.5 (ข)) ทำให้โคแอกกูเลชันได้ผลดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามถ้ากลไกเป็นแบบ Sweep coagulation แล้ว Amirtharajah และ Mills พบว่าระดับ G ไม่มีบทบาทมากนักในการกำหนดประสิทธิภาพของโคแอกกูเลชัน ดังจะเห็นได้จาก 3.6 (ก) และ (ข)



(ก)



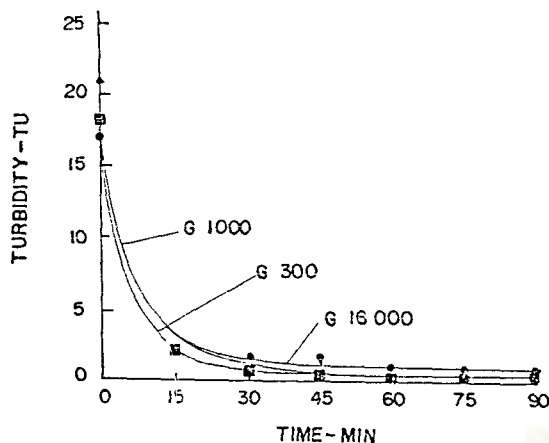
(ข)

ภาพที่ 3.5 กลไกการทำลายเสถียรภาพแบบดูดติดผิวและทำลายประจุ (17)

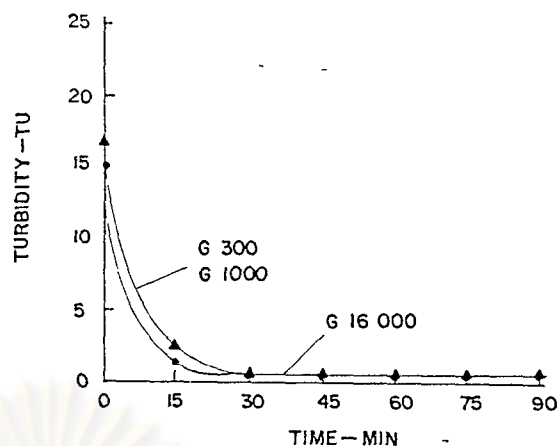
ก) ปริมาณสารส้ม 5 มก/ล พีเอช 7

ข) ปริมาณสารส้ม 30 มก/ล พีเอช 4-6.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3.6 กลไกโคแอกกูเลชันแบบกวาด (17)

ก) ปริมาณสารส้ม 15 มก/ล พีเอช พีเอช 7.7-8

ข) ปริมาณสารส้ม 30 มก/ล พีเอช พีเอช 7.8

3.4.2 เวลากักน้ำ (Detention time or Mixing time)

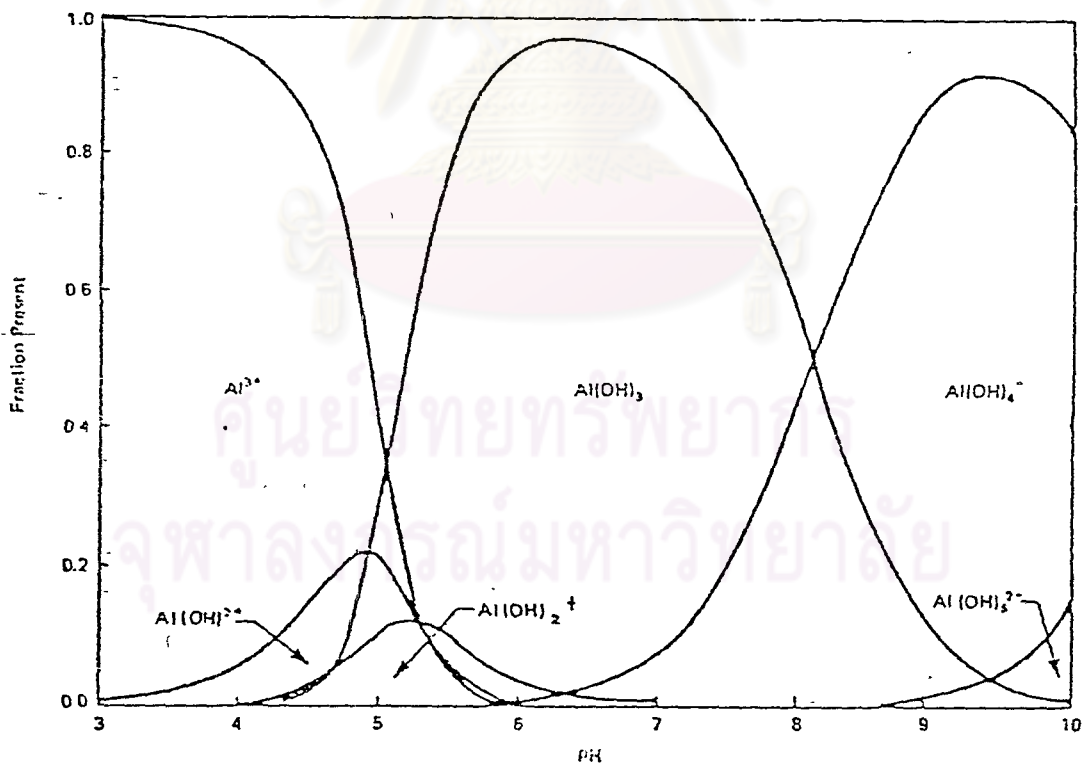
เวลากักน้ำ หมายถึงระยะเวลาที่ใช้ในการกระจายสารละลายเคมี และครอบคลุมถึงระยะเวลา ที่สารประกอบเชิงซ้อนเคมีส้มฟอสฟอรัสโคอลลอยด์ เพื่อทำลายเสถียรภาพอนุภาคโคอลลอยด์ให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่อัน โดยทั่วไปแล้วเวลาในการกระจายสารเคมี มักจะหมายถึงเวลาในการกักน้ำในขณะที่ทำการกวนเร็ว (Rapid Mixing)

ในการออกแบบระบบการกวนเร็ว ASCE และ AWWA ได้เสนอแนะให้ใช้เวลากักน้ำ 10-30 วินาที โดยอาศัยอุปกรณ์การกวนน้ำที่มีพลังงานสูง (0.25-1.0 hp/mgd) แต่ในปัจจุบันที่เชื่อกันว่า เวลากักน้ำที่เหมาะสมของการกวน ควรมีค่าไม่เกิน 1 วินาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่สอดคล้องกับปฏิกิริยาเคมีไฮโดรไลซิสของสารส้ม การทำลายเสถียรภาพอนุภาคโคอลลอยด์แบบจุดติดผิว และทำลายประจุจะเกิดขึ้นในช่วงเวลา 10^{-4} - 1.0 วินาที และ 1-7 วินาที สำหรับกลไกแบบกวาด (17) เนื่องจากระยะเวลาที่น้อยมาก อุปกรณ์เบล็นเดอร์ (Blender) ซึ่งถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง มีความสามารถให้การกวนน้ำ และกระจายสารส้มได้ทั่วถึง จะมีบทบาทเพิ่มมากขึ้นในกระบวนการโคแอกกูเลชัน

3.4.3 พีเอช (pH)

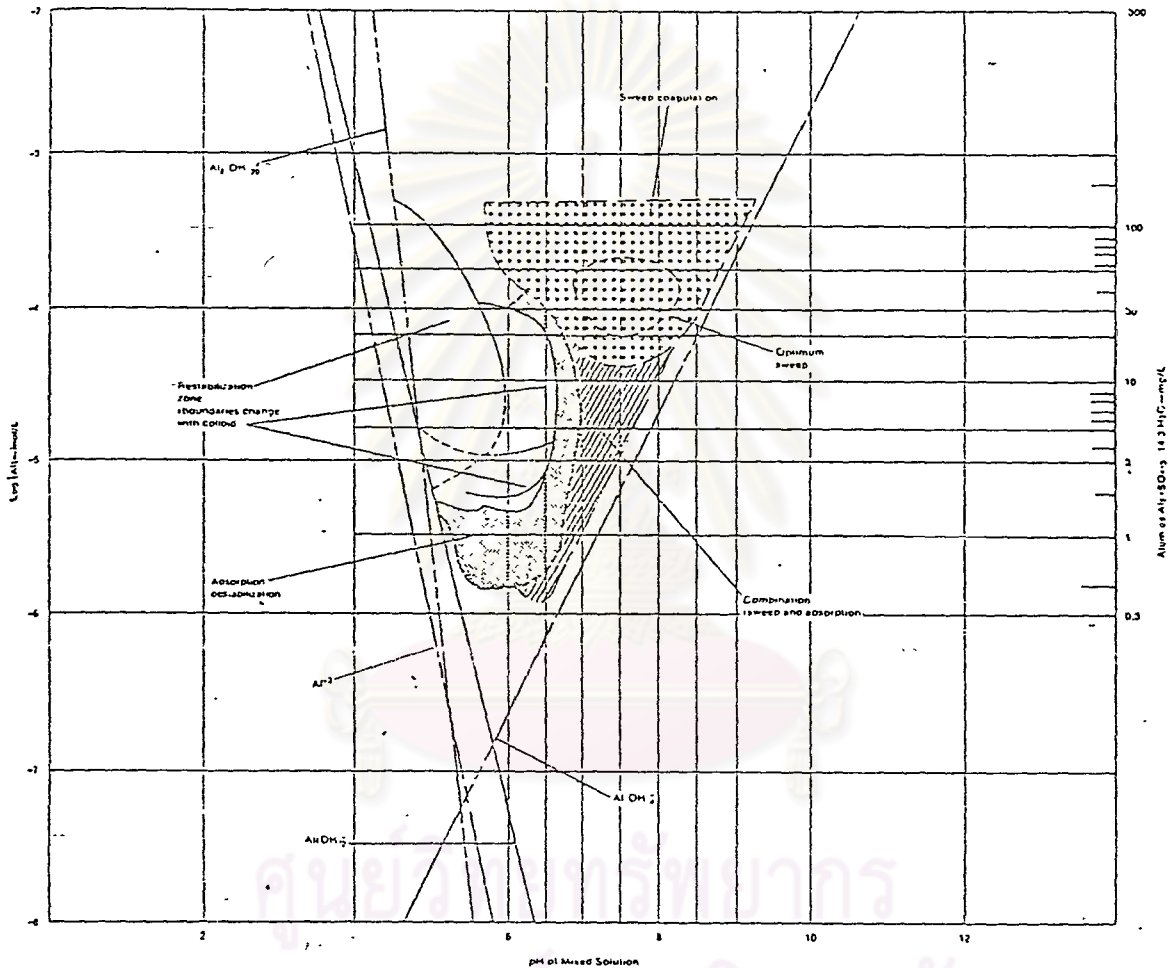
พีเอช หมายถึง พีเอชสุดท้ายภายหลังจากการทำลายเสถียรภาพอนุภาคคอลลอยด์:

(17) ซึ่งถือว่าเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญมากในกระบวนการโคแอกกูเลชัน ทั้งนี้ เพราะมีผลกระทบต่อ การเกิดของสารประกอบเชิงซ้อนสารส้มในลักษณะต่าง ๆ กัน อาทิเช่น $Al(OH)^{+2}$, $Al(OH)_2 + Al^{+3}$ และ $Al(OH)_4^-$ (ดูภาพที่ 3.7) เมื่อนำสารส้มมาละลายในน้ำ ปฏิกริยาเคมีไฮโดรไลซิส ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนสารส้ม ที่มีประจุบวกและลบในสภาพน้ำคิบที่เป็นกรด และค่าตามลำดับ สารประกอบเชิงซ้อนของสารส้มที่อยู่ระดับพีเอช 4-6 จะอยู่ในรูป $Al(OH)^{+2}$ และ $Al(OH)_2^+$ ประจุบวกเหล่านี้จะมีประโยชน์มาก ต่อการทำลายเสถียรภาพอนุภาคคอลลอยด์แบบจุดติดผิวและทำลายประจุเช่นเดียวกับผลึกของ $Al(OH)_3$ ที่มีบทบาทสูงมากในกลไกแบบกวาดผลึก $Al(OH)_3$ จะปรากฏในช่วงพีเอช 6-8 ในกรณีที่มีพีเอชสูงมากกว่า 9 นั้น อิทธิพลของสารประกอบเชิงซ้อนของสารส้ม จะอยู่ในรูปสารละลายประจุลบของ $Al(OH)_4^-$ ประจุลบนี้ไม่มีผลดีต่อกระบวนการโคแอกกูเลชัน เนื่องจากเป็นประจุชนิดเดียวกับของคอลลอยด์



ภาพที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบเชิงซ้อนสารส้มและพีเอช (19)

Amirtharajah และ Mills (17) ได้กำหนดให้พีเอชเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการควบคุมกลไกโคแอกกูเลชัน (ดูภาพที่ 3.8) น้ำดิบที่มีพีเอชสุดท้ายต่ำกว่า 5 สารประกอบเชิงซ้อนของสารส้มจะมีประจุบวก เมื่อปริมาณสารส้มต่ำ ความหนาแน่นของประจุจะลดลง การควบคุมกระบวนการโคแอกกูเลชันที่น้ำดิบความขุ่นต่ำ จะทำได้ยาก ทั้งนี้ เนื่องจากเป้าหมายในการส้มฝัดน้ำ



ภาพที่ 3.8 แผนภูมิที่ใช้ในการควบคุมกลไกโคแอกกูเลชันของสารส้ม (17)

เมื่อพีเอชอยู่ในช่วง 5-7 สารส้มจะอยู่ในลักษณะของสารประกอบเชิงซ้อนที่มีประจุบวกมากขึ้น และเหมาะสมกับการทำลายเสถียรภาพแบบจุดติดผิว และทำลายประจุ ในสภาวะดังกล่าว หากมีการเพิ่มปริมาณสารส้ม ก็อาจทำให้เกิดการพกผันของประจุบนผิวอนุภาคคอลลอยด์ เกิดปรากฏการณ์

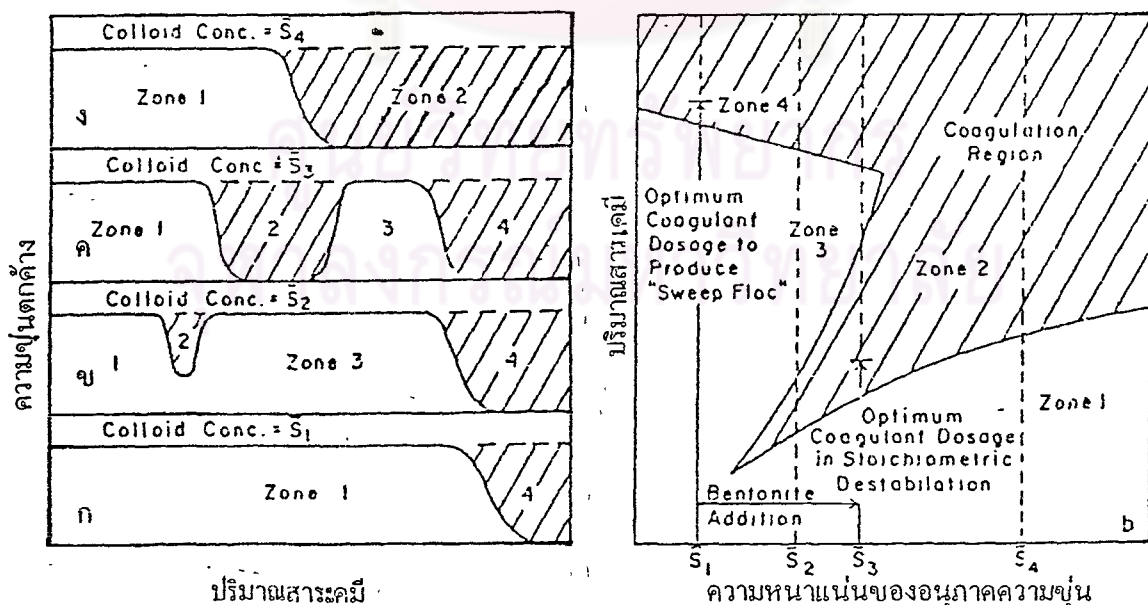
คืนกลับของเสถียรภาพ (Restabilization) อนุภาคคอลลอยด์รวมตัวยากตกตะกอนช้า สำหรับพีเอช 7-8 นั้น สารประกอบเชิงซ้อนของสารส้มจะมีประจุบวกลดลง แต่ปริมาณของฟล็อก $Al(OH)_3$ จะเพิ่มขึ้น เกิดกลไกการทำลายเสถียรภาพอนุภาคคอลลอยด์แบบผสม และแบบกวาด เมื่อเพิ่มปริมาณสารส้มมากยิ่งขึ้น ถ้าเพิ่มพีเอชสูงกว่า 8 จะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีประจุลบ เช่น $Al(OH)_4^-$ ซึ่งทำให้เกิดผลเสียต่อกระบวนการโคแอกกูเลชัน

3.4.4 อิทธิพลของระดับความขุ่น

ระดับความขุ่นในน้ำ หมายถึง ความหนาแน่นของอนุภาคความขุ่นในน้ำ ความหนาแน่นของอนุภาคความขุ่นมากย่อมหมายถึง เป้าสัมผัสและประจุบนผิวอนุภาคความขุ่นสูง ลักษณะเช่นนี้จะมีผลต่อการควบคุมกลไกโคแอกกูเลชัน O'melia (3) ได้กำหนดบทบาทของความขุ่นไว้ดังนี้

3.4.4.1 เมื่อระดับน้ำดิบความขุ่นต่ำ

น้ำดิบความขุ่นต่ำ (S1) (ดูภาพ 3.9 (ก)) จะมีเป้าสัมผัสต่ำ เมื่อปริมาณสารส้มไม่สูงพอ การควบคุมกลไกแบบจุดติดผิวและทำลายประจุทำได้ยาก บทบาทของกลไกแบบกวาดจะมากขึ้น แต่ก็จะใช้ปริมาณสารส้มเพิ่มมากขึ้นด้วย ปริมาณสารส้มจะอยู่ในรูปของฟล็อก $Al(OH)_3$ ฟล็อกเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นเป้าสัมผัส และทำหน้าที่ในการทำลายเสถียรภาพอนุภาคคอลลอยด์ อนุภาคคอลลอยด์จะถูกยึดเกาะด้วยฟล็อก $Al(OH)_3$ และในที่สุดก็จะตกตะกอน (พื้นที่แฉงา 4



ภาพที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความขุ่นตกค้างและสารเคมี (3)

3.4.4.2 ระดับความขุ่นสูง

น้ำดิบความขุ่นสูง (S2 & S3) (ดูภาพ 3.9 ข.ค) การควบคุมกระบวนการโคแอกกูเลชัน ทำได้ง่ายเมื่อปริมาณสารส้มต่ำจะเกิดกลไกแบบดูดติดผิว และทำลายประจุ (พื้นที่แลงเงา 2) จะมีช่วงการทำงานแคบ เมื่อปริมาณสารส้มเพิ่มขึ้น จะทำลายเสถียรภาพอนุภาค คอลลอยด์ได้มากขึ้นด้วย โดยมีความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นสัดส่วนตรงต่อกัน หลังจากนั้นถ้ามีการเพิ่มสารส้มต่อไปอีก ก็จะเกิดกลไกการคืนกลับของเสถียรภาพ (พื้นที่แลงเงา 3) และกลไกแบบกวาด (พื้นที่แลงเงา 4)

3.4.4.3 ระดับความขุ่นสูงมาก

น้ำดิบที่มีความขุ่นสูงมาก (S 4) (ดูภาพที่ 3.9 ง) การทำลายเสถียรภาพอนุภาคคอลลอยด์จะใช้ปริมาณสารส้มมาก ทั้งนี้เนื่องจากประจุบนผิวของอนุภาคคอลลอยด์มาก ภายใต้สภาวะดังกล่าวนี้ บทบาทของกลไกแบบดูดติดผิวและทำลายประจุ จะมากกว่ากลไกแบบกวาด ทั้งนี้ เพราะที่ใช้ปริมาณสารส้มต่ำกว่านั่นเอง

3.5 การควบคุมกระบวนการโคแอกกูเลชัน

การควบคุมกระบวนการโคแอกกูเลชัน เป็นการควบคุมสภาวะที่เหมาะสมของพารามิเตอร์ หรือตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อกลไกการทำลายเสถียรภาพ และการรวมตัวของอนุภาคคอลลอยด์ หรืออาจกล่าวได้ว่า เป็นการสร้างสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม ทั้งทางด้านเคมีและกายภาพ ในกระบวนการโคแอกกูเลชัน

ในทางปฏิบัติ การควบคุมความเร็วแปรเตียนท์ สามารถควบคุมได้สะดวกกว่าตัวแปรอื่น ๆ ทั้งนี้ เพราะที่ตัวแปรอื่น ๆ สามารถแปรเปลี่ยนตามสภาพแวดล้อม ฤดูกาล ฯลฯ อาทิเช่น ลักษณะน้ำดิบ ทำให้ยุ่งยากต่อการควบคุม สำหรับปริมาณสารส้มก็แปรผันสภาพน้ำดิบ และกลไกการทำลายเสถียรภาพอนุภาคคอลลอยด์ ปริมาณสารส้มจะมากหรือน้อย ก็ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการควบคุมระดับความเร็วแปรเตียนท์ที่เหมาะสมกับกลไกโคแอกกูเลชัน ที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.4.1