



## บทที่ 3

### โคแอกกู เลชัน

#### 3.1 ความสำคัญของกระบวนการโคแอกกู เลชัน

การใช้กระบวนการโคแอกกู เลชันในการผลิตน้ำประปานั้น มีบันทึกมาตั้งแต่สมัยโบราณในประเทศอียิปต์, อินเดีย และจีน (30) จวบจนกระทั่งมาถึงยุคปัจจุบันนี้ ความสำคัญของกระบวนการโคแอกกู เลชันยังเพิ่มมากขึ้นตลอดเวลา ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ เช่น แหล่งน้ำดิบขาดแคลน เสื่อมโทรม และมีสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ หลายชนิดซึ่งไม่ใช่ความขุ่นแต่จำเป็นต้องกำจัดออกเพื่อให้ได้น้ำที่สะอาดและปลอดภัยเพื่อการอุปโภคและบริโภค เดิมนั้นการใช้กระบวนการโคแอกกู เลชันในการผลิตน้ำประปามีวัตถุประสงค์หลักคือ กำจัดอนุภาคคอลลอยด์ต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดความขุ่นและสีในน้ำดิบ แต่จากการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในปัจจุบันพบว่า กลไกการกำจัดของกระบวนการโคแอกกู เลชัน สามารถใช้กำจัดสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ อีกหลายชนิดที่อาจเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ สิ่งปนเปื้อนเหล่านี้สามารถแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

3.1.1 ใยหิน (Asbestos) ซึ่งเชื่อกันว่าเป็นต้นเหตุอันหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง

3.1.2 สีและสารอินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่อื่น ๆ เช่น กรดฮิวมิก (Humic acid)

3.1.3 สารร้าย แบคทีเรีย และจุลินทรีย์อื่น ๆ

3.1.4 สารอินทรีย์สังเคราะห์ที่เป็นพิษ เช่น PCB, DDT ตลอดจนสารอินทรีย์ที่เป็นพิษ ซึ่งจะถูกดูดซับโดยตะกอนของโลหะไฮดรอกไซด์ของโคแอกกูแลนท์หรือกับอนุภาคต่าง ๆ ในน้ำและจะถูกกำจัดออกด้วยการตกตะกอนและการกรอง

สารหนูเป็นสารอินทรีย์ที่เป็นพิษ พบได้ในแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน (1, 17) จากการศึกษากลไกการกำจัดสารหนูในน้ำที่ผ่านมา (7, 14, 17, 20, 22) พบว่ากระบวนการโคแอกกู เลชันสามารถใช้กำจัดสารหนูในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะมีความสัมพันธ์กับค่าวาเลนซ์ของสารหนู ชนิดและปริมาณโคแอกกูแลนท์ พีเอชของน้ำหลังการบำบัด และปริมาณความเข้มข้น เริ่มต้นของสารหนูในน้ำ



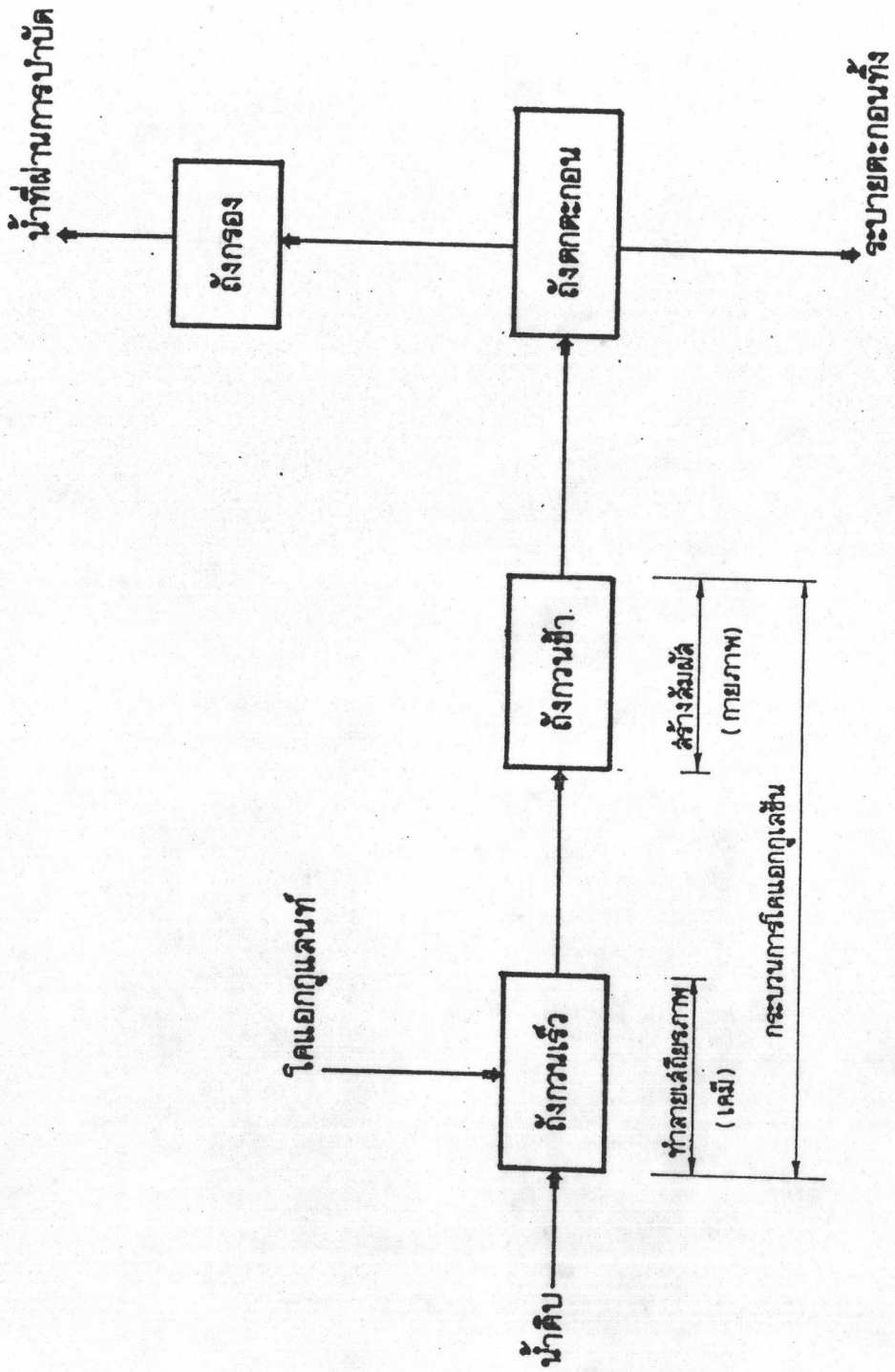
### 3.2 กลไกของโคแอกกู เลชัน

โคแอกกู เลชัน เป็นกระบวนการทาง เคมีและกายภาพ ถูกนำมาใช้ในการกำจัดอนุภาค คอลลอยด์ ของแข็งละลายน้ำและสารละลายต่าง ๆ ออกจากน้ำ กลไกโคแอกกู เลชันมีสองขั้นตอน คือ หนึ่งการทำลายเสถียรภาพ และสองหลังจากทำลายเสถียรภาพ ต้องทำให้เกิดการ เคลื่อนที่ เพื่อให้สัมผัสกันมากที่สุดความสำคัญของทั้งสองขั้นตอนมีค่าเท่าเทียมกัน และต้องมีทั้งสองขั้นจึงจะ เกิดโคแอกกู เลชันที่สมบูรณ์ การแบ่งขั้นตอนของการทำโคแอกกู เลชัน สามารถเห็นได้ชัดเจนมาก คือ น้ำดิบถูกส่งไปยังถังกวนเร็วซึ่งมีการ เติมโคแอกกูแลนท์เพื่อทำลายเสถียรภาพ การกวนน้ำจะ เกิดอย่างรุนแรงแต่ใช้เวลาไม่นานมากประมาณ 1 นาทีหรือน้อยกว่า หลังจากการทำลายเสถียรภาพ ในถังกวนเร็ว น้ำจะถูกส่งไปยังถังกวนช้า เพื่อสร้างโอกาสสัมผัสให้เกิดขึ้นภายในถังกวนช้า การ กวนช้าเกิดขึ้นโดยใช้ใบพายที่หมุนด้วยความ เร็วรอบต่ำ ทำให้เกิดการปั่นป่วนน้อย แม้ว่าถังกวนช้า จะสามารถสร้างฟล็อกที่มีขนาดใหญ่ แต่การตกตะกอนจะไม่เกิดขึ้นภายในถังกวนช้า การกำจัด ฟล็อกออกจากน้ำ เป็นหน้าที่ของถังตกตะกอนและตามด้วยถังกรอง รูปที่ 3.1 เป็นแผนผังแสดง ส่วนประกอบต่าง ๆ ของกระบวนการโคแอกกู เลชัน

### 3.3 การทำลาย เสถียรภาพ

การทำลาย เสถียรภาพ เป็นขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการโคแอกกู เลชัน กลไกของการ ทำลาย เสถียรภาพสามารถแบ่งออกเป็นสองแบบคือ หนึ่งกลไกทางกายภาพและสองกลไกทาง เคมี

3.3.1 กลไกทางกายภาพ เป็นกลไกที่ใช้ในการทำลาย เสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ แบบไฮโดรโฟบิกที่มีแรงยึดเหนี่ยวอ่อน ตัวอย่างเช่น ดินเหนียวเป็นต้น เสถียรภาพแบบนี้เกิดขึ้น เนื่องจากผลของแรงผลักระหว่างอิออนชนิดเดียวกัน แรงผลักรนี้เป็นแรง Electrostatic ที่ เกิดขึ้นจาก Electrical Double Layer ที่ล้อมรอบอนุภาคการทำลายเสถียรภาพด้วยกลไก กายภาพ ทำได้โดยการลดความหนาของชั้นกระจาย และหรือโดยการดูดติดอิออนต่างประจุ (Counter Ion) และทำลายอานาจประจุไฟฟ้า ผลที่เกิดขึ้นก็คือ ค่าซีตาโพเทนเชียลของ Electrical Double Layer จะมีค่าลดลงและเกิดการทำลาย เสถียรภาพขึ้นเนื่องจาก แรงดึงดูดระหว่างอนุภาคหรือ van der Waals Forces แต่ด้วยเหตุที่หลักการของ Electrical Double Layer ที่เน้นถึงความสำคัญแต่เฉพาะอานาจประจุไฟฟ้า โดยไม่คำนึง



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงส่วนต่างๆของกระบวนการโคแอกกูเลชั่น (9)

ถึงอำนาจหรือกลไกทางเคมี (Chemical Force) อื่น ๆ แต่อย่างใด ดังนั้นจึงทำให้การใช้  
กลไกทางกายภาพมีขอบเขตจำกัดอยู่แต่เพียงกับอนุภาคคอลลอยด์แบบไฮโดรโฟบิก เท่านั้น (30, 31)

3.3.2 กลไกทางเคมี เป็นกลไกที่ซับซ้อน แนวคิดเริ่มแรกคิดว่าอนุภาคคอลลอยด์จะถูกดูด  
เกาะให้จับตัวอยู่บน Gelationous Hydroxides ของโคแอกกูแลนต์ที่เติมลงไป สารประกอบ  
Gelationous Hydroxides มีลักษณะเหนียวเหนอะทำให้สามารถดูดเกาะอนุภาคไว้เมื่อเกิด  
การสัมผัส กลไกแบบนี้ปัจจุบันเรียกว่า Sweep Coagulation กลไกแบบนี้ไม่จำเป็นต้องทำลาย  
อำนาจประจุไฟฟ้าที่ผิว และไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นในขณะที่ซีตาโพเทนเชียลมีค่าต่ำที่สุดดังเช่นกลไก  
แบบกายภาพ แต่จะมีความสัมพันธ์ระหว่างที่เอชและค่าคงที่การละลาย ( $K_{sp}$ ) ของสารต่าง ๆ  
ต่อมา Stumm และ Morgan ได้ตรวจสอบกลไก Specific Chemical Interaction ที่มีต่อ  
ของแข็งละลายน้ำและสารละลาย พบว่า Function Group ของสารละลาย เช่น Amino,  
Hydroxyl, Carboxylic และ Phosphate Group สามารถทำปฏิกิริยากับ Polyvalent  
metal ion เป็นรูปคอมเพล็กซ์ที่ไม่ละลายน้ำ การทดลองของ Stumm และ Morgan แสดงถึง  
ความสำคัญของกลไกเคมีแบบ Specific Chemical Interaction ในกระบวนการ  
โคแอกกูแลชั่นว่า สามารถใช้กำจัดสารละลายที่ไม่ใช่อนุภาคคอลลอยด์ เช่น phosphate, phe-  
nolate และ aromatic และ aromatic carboxylic acid ออกจากน้ำได้ (30, 31)

### 3.4 การสร้างสัมผัส

การสร้างสัมผัส เป็นขั้นตอนที่สองของกระบวนการโคแอกกูแลชั่น กลไกของการสร้าง  
สัมผัสสามารถแบ่งออกเป็นสองแบบคือ

#### 3.4.1 เพอริไคเนติกฟล็อกคูเลชั่น (Perikinetic Flocculation)

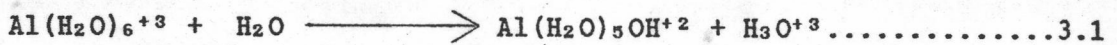
การรวมตะกอนเกิดขึ้นเมื่อเกิดการเคลื่อนที่เนื่องจากความร้อน ซึ่งแปรรูปเป็น  
พลังงานที่ทำให้โมเลกุลของน้ำเกิดการเคลื่อนที่ และชนกับอนุภาคที่กระจายอยู่ในน้ำ ทำให้  
อนุภาคมีการเคลื่อนที่สัมผัสกันจนเป็นฟล็อกที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำและจำนวน  
ของอนุภาค แต่กลไกนี้จะมีบทบาทเมื่ออนุภาคมีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน

3.4.2. ออร์โธไคเนติกฟลอคคูเลชัน (Orthokinetic Flocculation)

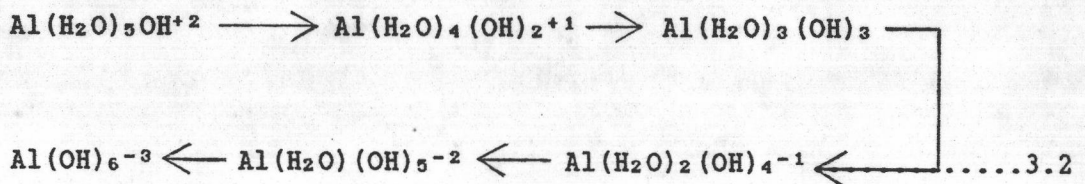
การสร้างสัมผัสเกิดขึ้น เมื่อการเคลื่อนที่ของน้ำอยู่ในภาวะกวนช้า ความเร็วในการเคลื่อนที่ของน้ำจะแตกต่างกันตามตำแหน่งและเวลา ดังนั้นอนุภาคที่เคลื่อนที่ไปกับน้ำจะมีความเร็วแตกต่างกันไปด้วย ซึ่งทำให้เกิดการสัมผัสและรวมตัวกันจนเป็นฟลอคที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

3.5 เคมีของโคแอกกูแลนต์สารส้ม

สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ชนิดหนึ่งที่มีนิยมนำใช้กันมากในระบบผลิตน้ำประปา สารส้มมีสูตรโมเลกุล  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14.3H_2O$  หรือ  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  เมื่อเติมสารส้มลงในน้ำ สารส้มจะแตกตัวเป็นไอออนและอยู่รวมกับน้ำอีก 6 โมเลกุล ( $Al(H_2O)_6^{+3}$ ) ไอออนที่ประกอบด้วยโลหะและน้ำเรียกว่า Aquametal ion เนื่องจาก  $Al(H_2O)_6^{+3}$  มีอำนาจเป็นกรดซึ่งสามารถให้  $H^+$  จึงพร้อมที่จะไฮโดรไลซ์ให้เป็นไอออนต่าง ๆ ของอลูมิเนียม ซึ่งมี  $OH^-$  เป็น Ligand ดังสมการ 3.1



สมการ 3.1 เป็นปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสขั้นแรกสุด ซึ่งน้ำ 1 โมเลกุลของ  $Al(H_2O)_6^{+3}$  ถูกแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซิล ( $OH^-$ ) 1 หมู่ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสสามารถเกิดขึ้นต่อไปได้อีก ทำให้โมเลกุลของน้ำถูกแทนที่เพิ่มขึ้น ประจุบวกจะลดลงเรื่อย ๆ จนหมดและกลายเป็นประจุลบ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นดังสมการ 3.2

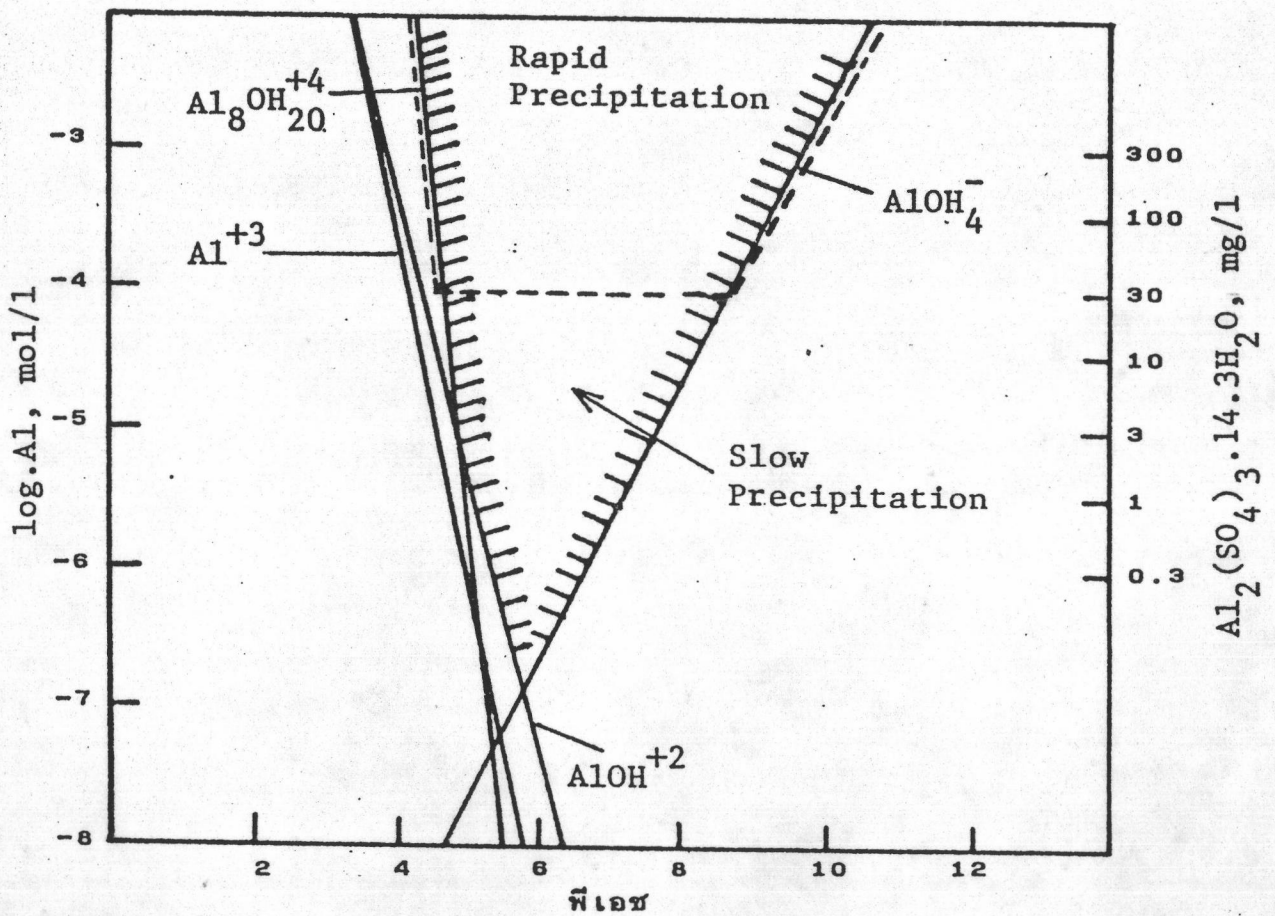


นอกจากนี้ไอออนลบต่าง ๆ ในน้ำเช่น  $SO_4^{-2}$ ,  $PO_4^{-3}$ ,  $Cl^-$  ก็สามารถแทนที่โมเลกุลของน้ำในสารประกอบคอมเพล็กซ์ของสารส้ม ซึ่งทำให้สารประกอบคอมเพล็กซ์เปลี่ยนรูปและลักษณะสมบัติอีกด้วย (31, 32) ในปัจจุบันสารประกอบคอมเพล็กซ์ของอลูมิเนียมในน้ำที่อยู่ภายใต้สภาวะปกติของระบบผลิตน้ำประปามี 4 ชนิดคือ  $Al^{+3}$ ,  $Al(OH)^{2+}$ ,  $Al_6(OH)_2O^{+4}$  และ  $Al(OH)_4^-$  พีเอชของน้ำเป็นปัจจัยกำหนดความเข้มข้นและชนิดของสารประกอบคอมเพล็กซ์ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชและความเข้มข้นของสารประกอบคอมเพล็กซ์ชนิดต่างๆ แสดงได้ด้วย Stability Diagram ดังรูปที่ 3.2 ในรูป 3.2 ยังแสดงให้เห็นถึงขอบเขตของการตกตะกอนของ  $Al(OH)_3$  อีกด้วย ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อผลคูณของความเข้มข้น  $[Al^{+3}]$  กับ  $[OH^-]$  มีค่ามากกว่าค่าคงที่การละลาย ( $K_{sp}$ ) และ  $K_{sp}$  ของ  $Al(OH)_3 = 2 \times 10^{-32}$

### 3.6 เคมีของโคแอกกูแลนที่ปูนขาว

เมื่อเติมปูนขาวลงไปในน้ำ ปูนขาวจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำและกับความกระด้างคาร์บอเนต เกิดเป็นตะกอนของ  $CaCO_3$  (S) ตกแยกตัวออกจากน้ำดังสมการ





รูปที่ 3.2 Stability Diagram ของสารส้มในน้ำที่ไม่มีความขุ่น พื้นที่ภายใน เส้นประ เป็น บริเวณที่มีการตกตะกอนของ  $Al(OH)_3$  เกิดขึ้นได้รวดเร็ว ส่วนพื้นที่ภายนอกเส้นประ แต่ยังมีแรเงาอยู่มีการตกตะกอน  $Al(OH)_3$  เกิดขึ้นอย่างช้าๆ (9)

### 3.7 การกวนเร็ว

อุปกรณ์ใดๆ ก็สามารถใช้เป็นถังกวนเร็วได้ถ้าสามารถทำให้น้ำและโคแอกกูแลนต์เกิดการผสมกันจนกลายเป็นเนื้อเดียวกันภายในเวลาสั้น ๆ ประมาณ 1 นาทีหรือน้อยกว่า อุปกรณ์การกวนเร็วมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด เช่น แบบที่ใช้ใบพัดกวนดังแสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งถือเป็นแบบธรรมดาที่นิยมใช้ในระบบผลิตน้ำประปา อุปกรณ์กวนเร็วที่ไม่ใช่ใบพัดก็มี เช่น แบบเวียร์ แบบ Orifice และแบบ Static Mixer เป็นต้น

#### พารามิเตอร์สำหรับการออกแบบและความคมถังกวนเร็ว

พารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้ในการออกแบบอุปกรณ์กวนน้ำของถังกวนเร็วคือ ความเร็วแกรเดียนท์ (Velocity Gradient) ใช้  $G$  เป็นสัญลักษณ์ ความเร็วแกรเดียนท์หมายถึงความปั่นป่วนของน้ำ น้ำในถังกวนเร็วจะต้องมีระดับความปั่นป่วนสูงทั้งนี้เพื่อให้การผสมระหว่างโคแอกกูแลนต์กับน้ำเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและพร้อมๆ กันทุกจุด ถังกวนเร็วควรมีค่า  $G$  ไม่นต่ำกว่า  $300 \text{ วินาที}^{-1}$  (34) พารามิเตอร์อีกตัวหนึ่งได้แก่ เวลาผสมใช้  $T$  เป็นสัญลักษณ์ เวลาผสมหมายถึงเวลาสัมผัสระหว่างโคแอกกูแลนต์กับน้ำในถังกวนเร็ว ถังกวนเร็วควรมีเวลาผสมประมาณ 1 นาทีหรือน้อยกว่า

พลังงานที่ใช้ในการกวนน้ำเพื่อสร้างความปั่นป่วนในระดับหนึ่ง อาจคำนวณได้จากสมการของ Camp และ Stein ดังสมการ

$$G = (P/\mu V)^{0.5} \dots\dots\dots 3.6$$

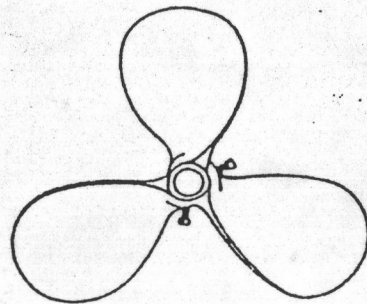
โดยที่  $G$  = ความเร็วแกรเดียนท์หรือระดับความปั่นป่วน มีหน่วยต่อวินาที

$P$  = พลังงานที่ใช้ในการสร้างความปั่นป่วน มีหน่วยฟุต-ปอนด์ต่อวินาที

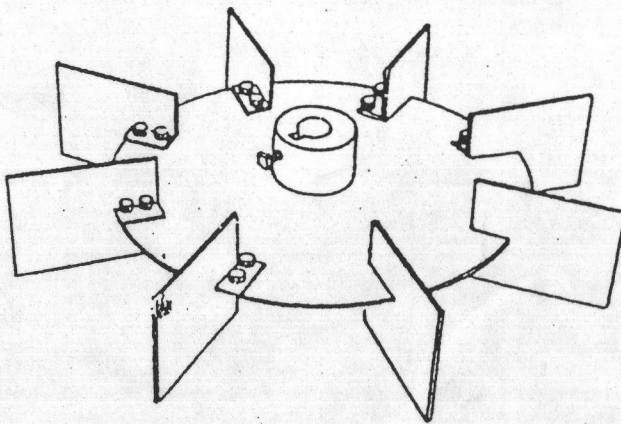
$\mu$  = ความหนืดของน้ำ มีหน่วยปอนด์-วินาทีต่อตารางฟุต

$V$  = ปริมาตรของน้ำในถังกวนเร็ว มีหน่วยลูกบาศก์ฟุต

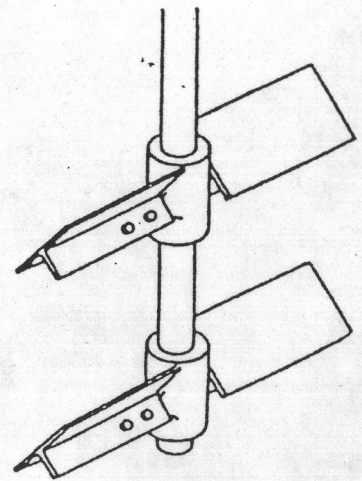




(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 3.3 ใบพัดกวน 3 แบบ (ก) แบบใบพัดเรือ (ข) แบบเทอร์ไบน์ (ค) แบบใบพาย หรือใบแบน (ง)

ในกรณีที่ใช้เครื่องกวนน้ำแบบธรรมดาที่ใช้ใบพัด ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานและขนาดของใบพัด รวมทั้งจำนวนรอบที่หมุน เป็นดังสมการ

$$P = k\rho N^3 D^5 \dots\dots\dots 3.7$$

โดยที่  $k$  = ค่าคงที่

$\rho$  = ความหนาแน่นของน้ำ มีหน่วย ชล็กต่อลูกบาศก์ฟุต

$N$  = จำนวนรอบหมุนของใบพัดต่อวินาที

$D$  = เส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัด มีหน่วยฟุต

$k$  มีค่าตั้งแต่ 1 สำหรับเครื่องกวนที่มี 3 ใบพัด จนถึง 6.3 สำหรับเทอร์ไบน์ที่มีใบแบบ 6 ใบ

เมื่อรวมสมการที่ 3.6 และ 3.7 จะได้สมการ 3.8 คือ

$$G = (k\rho N^3 D^5 / \mu V)^{0.5} \dots\dots\dots 3.8$$

หรือ  $G \propto N^{1.5} \dots\dots\dots 3.9$

สมการที่ 3.9 แสดงว่าสามารถเปลี่ยนแปลงค่า  $G$  ได้โดยการใช้ความเร็วรอบของใบพัดให้เหมาะสม

### 3.8 การกวนช้า

การกวนช้ามีหน้าที่สร้างโอกาสสัมผัส เพื่อให้เกิดการรวมตัวกัน เป็นกลุ่มก้อนหรือฟล็อก วิธีการดังกล่าวนี้เรียกว่าฟลอคคูเลชัน (Flocculation) อุปกรณ์การกวนช้าแบ่งเป็นสองประเภทคือ ประเภทที่ใช้แผ่นกั้นน้ำ และประเภทที่ใช้ใบพัดแบบต่าง ๆ เช่น แบบใบพาย แบบเทอร์ไบน์ และแบบใบพัดเรือ

### พารามิเตอร์สำหรับออกแบบและความคุมกังวณซ้ำ

พารามิเตอร์หลักที่ใช้ในการออกแบบกังวณซ้ำ เหมือนกับที่ใช้ในการออกแบบกังวณเร็วสิ่งที่แตกต่างกันอยู่ที่ระดับของพารามิเตอร์เท่านั้น กังวณซ้ำต้องการความปั่นป่วน (G) ต่ำ ใช้ค่า G ออกแบบไม่เกิน 60-100 วินาที<sup>-1</sup> แต่ต้องการเวลาสัมผัสหรือเวลารวมตะกอน (T) นานประมาณ 30-60 นาที

สำหรับกังวณซ้ำที่ใช้ใบพายในการกวนน้ำ พลังงานที่ต้องการ (P) คำนวณได้จากสมการที่ 3.10 และสมการ 3.6

$$P = 0.5C_d A \rho v^3 \dots\dots\dots 3.10$$

$$G = (P/\mu V)^{0.5} \dots\dots\dots 3.6$$

- โดยที่
- P = พลังงานที่ใช้สร้างการปั่นป่วน มีหน่วยฟุต-ปอนด์ต่อวินาที
  - C<sub>d</sub> = สัมประสิทธิ์ความหน่วง
  - v = ความเร็วสัมผัสของใบพัด มีหน่วยฟุตต่อวินาที  
= 0.75 เท่าของความเร็วของใบพัด
  - o = ความหนาแน่นของน้ำ มีหน่วยชลิกต่อลูกบาศก์ฟุต
  - A = พื้นที่ของใบพัดมีหน่วยตารางฟุต

เมื่อรวมสมการที่ 3.6 และ 3.10 จะได้สมการ 3.11 คือ

$$G = (0.5C_d A \rho v^3 / \mu V)^{0.5} \dots\dots\dots 3.11$$

หรือ  $G \propto v^{1.5} \dots\dots\dots 3.12$

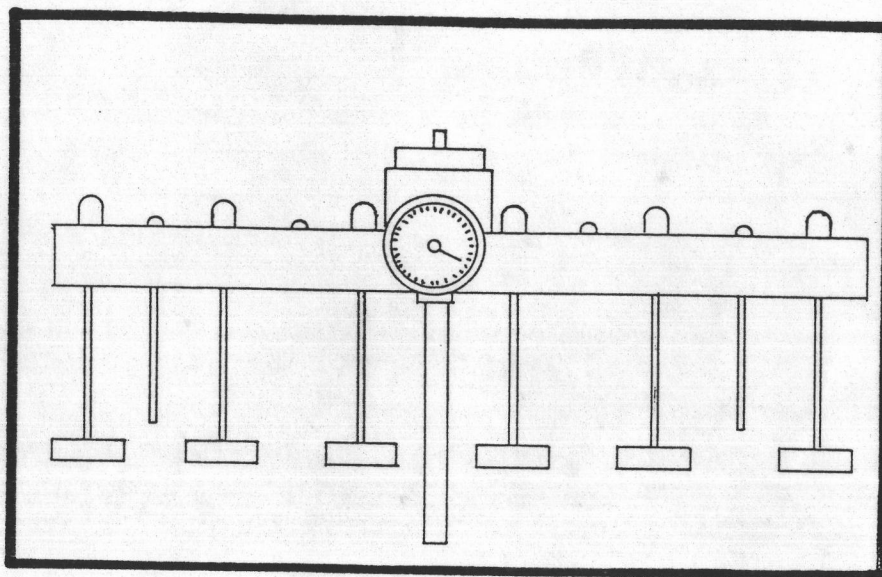
สมการ 3.12 แสดงว่าสามารถเปลี่ยนแปลงค่า G ได้โดยการใช้ความเร็วสัมผัสของใบพัดให้เหมาะสม

### 3.9 การควบคุมกระบวนการโคแอกกู เลชัน

การควบคุมกระบวนการโคแอกกู เลชันให้ได้ผลดี จะต้องควบคุมสภาวะต่าง ๆ ใด ๆ ที่เหมาะสม ปัจจัยสำคัญที่ต้องควบคุมได้แก่ ปริมาณและชนิดของโคแอกกูแลนท์ระดับที่เอชของน้ำ หลังการบำบัด ความเร็วแกรเดียนท์ (G) และระยะเวลาทวนน้ำ แต่เนื่องจากความเร็วแกรเดียนท์และระยะเวลาทวนน้ำมักกำหนดให้คงที่ไว้ก่อนแล้วในขั้นตอนออกแบบ ดังนั้นการควบคุมกระบวนการโคแอกกู เลชันจึง เน้นที่จะควบคุมปริมาณ และชนิดของโคแอกกูแลนท์ที่เหมาะสมกับระดับที่เอชของน้ำหลังผ่านการบำบัด การควบคุมกระบวนการโคแอกกู เลชันสามารถทำได้โดยวิธีจาร์เทสต์

#### การควบคุมด้วยวิธีจาร์เทสต์

วิธีควบคุมโคแอกกู เลชันที่ได้รับความนิยมมากที่สุดและใช้กันมานานแล้วคือ วิธีจาร์เทสต์ (Jar Test) ซึ่งเป็นวิธีทดสอบในบีกเกอร์ (Beaker) เครื่องมือทดสอบเป็น เครื่องกวนที่ปรับความเร็วรอบได้ และส่วนมากมักแบบที่มีเป็นใบพัดกวนน้ำ 6 ใบดังรูปที่ 3.4



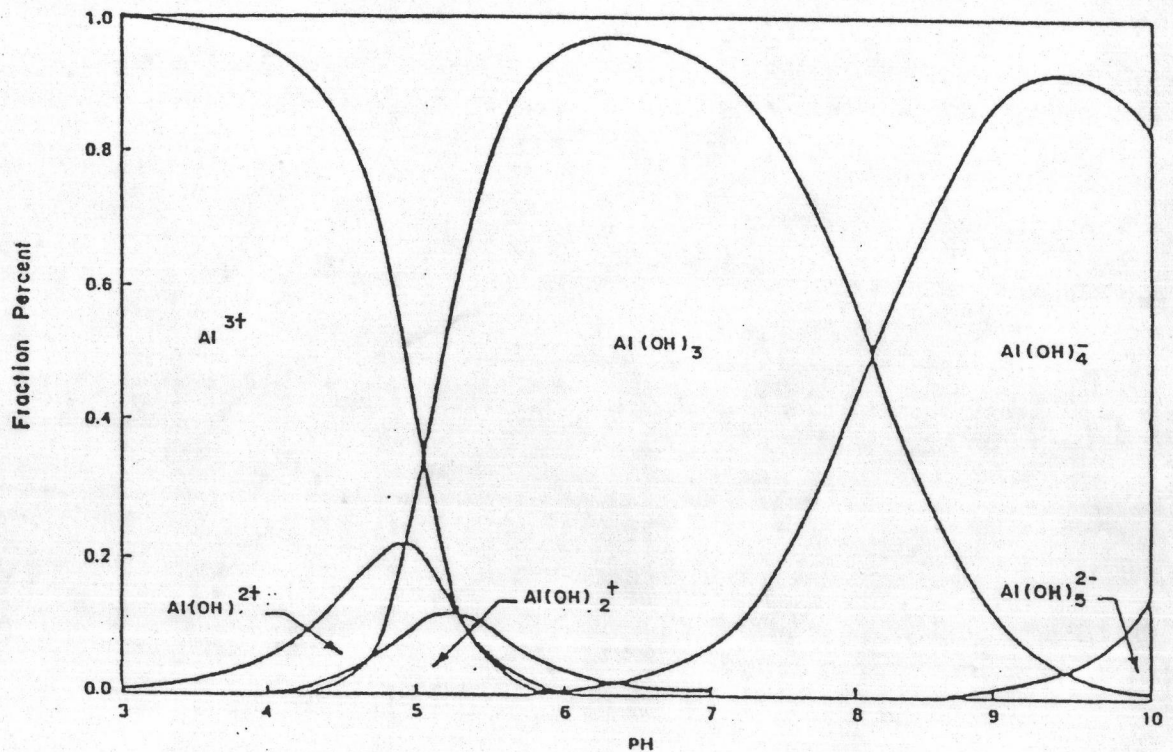
รูปที่ 3.4 อุปกรณ์จาร์เทสต์ (9)

ในการทดลองแต่ละครั้งจะ เลือกชนิดและปริมาณของสารเคมี กำหนดสภาวะต่าง ๆ ซึ่ง ได้แก่ ปริมาตรของตัวอย่างน้ำ ความเร็วรอบและระยะเวลาปั่นแห้งแบบกวนช้าและกวนเร็ว และระยะเวลาตกตะกอน จากนั้นจึงทดลองโดยเติมสารเคมีปริมาณต่าง ๆ ลงไปในบีกเกอร์แต่ละใบ ระดับที่เอชอาจรักษาให้คงที่หรือแปรเปลี่ยน ทั้งนี้แล้วแต่วัตถุประสงค์ของการทำจาร์เทสต์

### 3.10 พารามิเตอร์ที่มีผลต่อโคแอกกูเลชัน

#### 3.10.1 พีเอชและปริมาณสารส้ม

พีเอชหมายถึง พีเอชสุดท้ายภายหลังจากการทำลายเสถียรภาพ ถือว่าเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญ เนื่องจากมีผลกระทบต่อ การเกิดสารประกอบคอมเพล็กซ์ของสารส้มในลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น  $Al(OH)^{2+}$ ,  $Al(OH)^{+}$ ,  $Al^{3+}$  และ  $Al(OH)_4^-$ , ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบคอมเพล็กซ์ของสารส้มและพีเอชที่สภาวะไม่เกิดสมมูลย์ (30)

เมื่อนำสารส้มมาละลายในน้ำ ปฏิกิริยาเคมีไฮโดรไลซิสทำให้เกิดสารประกอบคอมเพล็กซ์ที่มีประจุบวกและลบในสภาพน้ำที่เป็นกรดและต่างตามลำดับ ในน้ำที่มีพีเอชต่ำจะมี  $Al^{+3}$  เกิดขึ้นมากที่สุด เมื่อพีเอชเพิ่มสูงขึ้นจะได้สารประกอบคอมเพล็กซ์ที่มีประจุลดลง เมื่อพีเอชเข้าใกล้ความเป็นกลางประมาณ 6-8  $Al(OH)_3$  ซึ่งเป็นของแข็งจะเกิดมากกว่าสารประกอบคอมเพล็กซ์ตัวอื่น ๆ ในกรณีที่มีพีเอชอยู่ในช่วงความเป็นด่างประมาณพีเอช 9 ขึ้นไป สารประกอบคอมเพล็กซ์จะมีประจุลบ ด้วยเหตุนี้การทำให้โคแอกกูเลชันด้วยสารส้มให้กับน้ำตามธรรมชาติจึงควรมีพีเอชเป็นกลางหรือกรดเล็กน้อย น้ำไม่ควรมีพีเอชต่ำเนื่องจาก  $Al^{+3}$  ไม่คอลลิดนิวอนภาค น้ำไม่ควรมีพีเอชสูงเนื่องจากจะได้สารประกอบคอมเพล็กซ์ที่มีประจุลบ ซึ่งไม่มีประโยชน์ในการทำให้โคแอกกูเลชันให้กับสิ่งปนเปื้อนซึ่งที่ประจุลบเหมือนกัน

