

## การตกตะกอนสารแขวนลอย (Clarification)

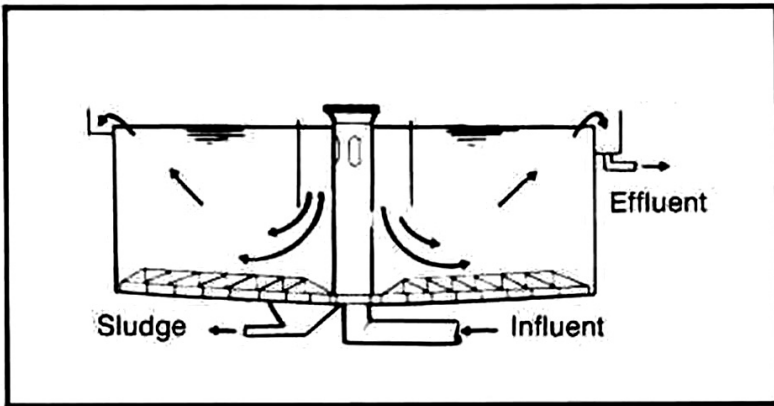
## บทที่ 2

ความขุ่นของน้ำเกิดจากสารแขวนลอยต่างๆ ในน้ำ ซึ่งสารแขวนลอยเหล่านี้ มีหลายชนิด ได้แก่ กรวด ทราย เศษดิน โคลนเลน แปะคทีเรีย และคอลลอยด์ การกำจัดความขุ่นจึงเป็นการแยกสารแขวนลอยออกจากน้ำเพื่อทำให้น้ำใส วิธีทำน้ำให้ใส มีหลายวิธี แต่วิธีที่ใช้กันแพร่หลายทั่วไปคือการตกตะกอนสารแขวนลอยในถังตกตะกอน โดยน้ำใสจะไหลล้นออกจากถัง ส่วนตะกอนที่จมตัวอยู่ด้านล่าง จะถูกแยกออกไปกำจัดต่อไป

ในการใช้ระบบถังตกตะกอนเพื่อกำจัดความขุ่นของน้ำ สิ่งที่ต้องการและสำคัญมากที่สุดคือ การทำให้น้ำใสแขวนลอยในน้ำเกือบทั้งหมดตกตะกอนให้ได้ในถังตกตะกอน จากหลักการของการตกตะกอน พบว่าสารแขวนลอยจะสามารถตกตะกอนได้เร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับขนาดของสารแขวนลอยนั้นๆ สารแขวนลอยที่มีขนาดใหญ่และตกตะกอนเร็วได้แก่กรวด ทราย และชนิดที่มีขนาดรองลงมาและตกตะกอนได้ช้ากว่าได้แก่เศษดิน โคลนเลน แต่ยังมีสารแขวนลอยขนาดเล็กมากๆ ที่ไม่สามารถตกตะกอนในถังตกตะกอน ที่มีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า “คอลลอยด์” ซึ่งน้ำจะยังคงขุ่นอยู่ เมื่อยังมีคอลลอยด์ล่องลอยอยู่ในน้ำ

ดังนั้น เพื่อให้ได้น้ำที่ใสออกจากถังตกตะกอน จำเป็นต้องทำให้สารแขวนลอยกลุ่มคอลลอยด์ตกตะกอนในถังตกตะกอนให้เกือบทั้งหมด และเพื่อให้เข้าใจวิธีการกำจัดสารแขวนลอยโดยใช้ถังตกตะกอนได้อย่างถูกต้อง ควรต้องทำความเข้าใจในประเด็นที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. การทำน้ำให้ใส (Clarification)
2. สารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอน
  - 2.1 สารโคแอกกูแลนต์
  - 2.2 สารเคมีเพิ่มประสิทธิภาพการตกตะกอน (Coagulant Aids)
3. การควบคุมกระบวนการโคแอกกูเลชัน



รูปที่ 2.1 ถังตกตะกอนแบบ Solids Contact

## 2.1 การทำให้น้ำใส

นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรด้านน้ำได้ศึกษาการกำจัดความขุ่นของน้ำและออกแบบวิธีการกำจัดความขุ่นไว้ 2 ขั้นตอน คือ การทำน้ำให้ใส หรือ Clarification และการกรองน้ำ หรือ Filtration

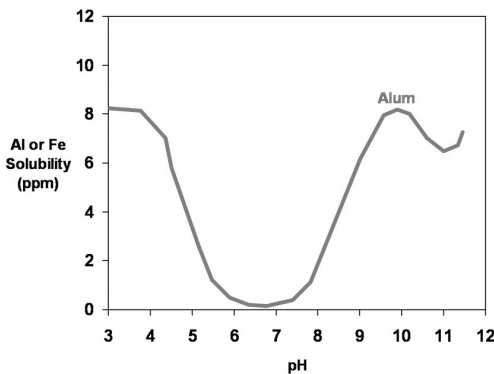
ขั้นตอนการทำให้ใส เป็นขั้นตอนของกระบวนการกำจัดความขุ่นที่ถังตกตะกอน ส่วนขั้นตอนการกรองน้ำไม่จัดว่าเป็นการกำจัดความขุ่น

โดยตรง แต่เป็นการกำจัดตะกอนบางส่วนที่หลุดลอยออกมาจากถังตกตะกอน เพื่อให้ได้น้ำใส และปราศจากตะกอน ในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับการตกตะกอน สิ่งที่เราควรรู้คือการทำให้ใสเกิดจากกระบวนการที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ที่ต้องเกิดเรียงตามลำดับกันอย่างเคร่งครัด และถ้ามีการสลับลำดับขั้นตอนจะส่งผลให้น้ำไม่ใสได้ ขั้นตอนทั้งหมดคือ

1. การควบคุมค่าพีเอชให้เหมาะสมกับการจับตัวของสารแขวนลอย
2. การจับตัวของสารแขวนลอยเล็กๆ (Coagulation)
3. การรวมตัวของสารแขวนลอยชิ้นเล็กๆ จนมีขนาดใหญ่ (Flocculation)
4. การตกตะกอน (Sedimentation)

### ● การควบคุมค่าพีเอชที่เหมาะสมกับการจับตัว

สารโคแอกกูแลนต์แต่ละชนิดสามารถทำงานได้ดีที่พีเอชต่างกัน บางชนิดทำให้ค่าพีเอชของน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น การเติมสารส้มมีผลกระทบทำให้ค่าพีเอชลดลง และส่งผลให้ความสามารถในการตกตะกอนของสารส้มลดลงตาม ดังนั้นจึงต้องมีการปรับค่าพีเอชของน้ำให้เหมาะสมกับสารแต่ละชนิด เพื่อให้เกิดกระบวนการจับตัวของสารแขวนลอยเล็กๆ (Coagulation) ในกรณีสารส้ม ค่าพีเอชที่เหมาะสมในการตกตะกอนจะอยู่ที่ 6.0-7.8 ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงค่าการละลายของสารส้มที่พีเอชต่างๆ

## ● การจับตัวของสารแขวนลอยขนาดเล็ก (Coagulation)

เป็นขั้นตอนของกระบวนการตกตะกอนที่ต้องเกิดขึ้นก่อนเสมอในการทำให้น้ำใส เนื่องจากสารแขวนลอยที่มีขนาดเล็กมาก หรือที่เรียกว่า “อนุภาคคอลลอยด์” ซึ่งมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น โดยมีขนาดอยู่ระหว่างประมาณ  $10^{-9}$  ม. (0.000001 มม.) ถึง  $10^{-6}$  ม. (0.001 มม.) จากการที่มีขนาดเล็กมากๆ ทำให้เกิดการจมตัวลงได้ช้า เนื่องจากที่ผิวด้านนอกของอนุภาคคอลลอยด์จะมีประจุไฟฟ้าลบ แต่ละอนุภาคมีประจุเดียวกัน เมื่อล่องลอยอยู่ในน้ำก็จะผลักกัน ทำให้ไม่สามารถรวมตัวเข้าหากันเป็นสารแขวนลอยที่มีขนาดใหญ่ขึ้นได้

วิธีการทำให้ประจุบนผิวของอนุภาคคอลลอยด์หายไปทำได้โดยการเติมสารโคแอกกูแลนต์ ซึ่งทำให้ประจุของอนุภาคเป็นกลาง ส่งผลให้อนุภาคสามารถรวมตัว เข้าด้วยกันเพื่อให้มีขนาดใหญ่ขึ้นได้ สารที่นิยมใช้ได้แก่ สารส้ม และโพลลิอูมิเนียมคลอไรด์ ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถละลายน้ำได้ดีและเมื่อละลายน้ำแล้วให้ประจุบวก

เมื่อสารโคแอกกูแลนต์สัมผัสหรือชนกับอนุภาคคอลลอยด์ ประจุบนสารโคแอกกูแลนต์จะทำให้ประจุบนผิวของอนุภาคคอลลอยด์กลายเป็นศูนย์ ส่งผลให้แรงผลักดันระหว่างอนุภาคคอลลอยด์หมดไป สามารถจับตัวกันได้ และจะจับตัวกันเรื่อยๆ จนมีขนาดใหญ่ขึ้น แรงที่ดึงดูดอนุภาคคอลลอยด์ คือแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของอนุภาคคอลลอยด์เอง ในขณะที่อนุภาครวมตัวกันก็จะจับรวมกับสารโคแอกกูแลนต์ด้วย จนมีขนาดใหญ่ขึ้นกลายเป็นตะกอนเล็กๆ ที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มีขนาดใกล้เคียงขนาดปลายเข็มหมุดซึ่งเรียกว่า ฟินฟลอค (Pin Floc) การเกิดฟินฟลอคเป็นปรากฏการณ์อย่างง่ายที่ทำให้ทราบวา ประจุของอนุภาคคอลลอยด์เปลี่ยนเป็นศูนย์แล้ว และสามารถจับตัวกันจนมีขนาดใหญ่ขึ้น หมายถึงกระบวนการจับตัวของสารแขวนลอยเล็กๆ เกิดขึ้น

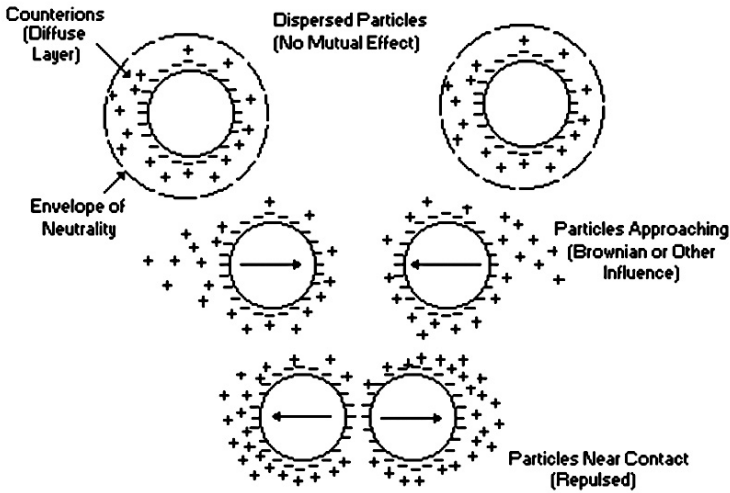
สมบูรณ์แล้ว และในการทำให้น้ำใสต้องทำให้อนุภาคคอลลอยด์เปลี่ยนเป็นพินฟลอคให้หมดหรือเกือบหมด เพราะยิ่งเปลี่ยนเป็นพินฟลอคได้มากเท่าใด น้ำที่ผลิตได้ก็จะยิ่งใสขึ้นเท่านั้น ดังนั้นต้องทำให้เกิดพินฟลอคขึ้นให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

เพื่อให้ถังตกตะกอนสามารถผลิตน้ำใสได้มากที่สุด เทคนิคสำคัญที่ใช้ปฏิบัติกันคือทำให้สารโคแอกกูแลนต์กระจายตัวได้อย่างทั่วถึงในน้ำดิบ เพื่อให้สารโคแอกกูแลนต์สัมผัสกับอนุภาคคอลลอยด์ได้อย่างทั่วถึงหรือเกือบทั้งหมด จึงควรเติมสารลงในบริเวณที่มีการกวนอย่างแรงในระบบถังตกตะกอนและด้วยเวลาที่มากพอ ซึ่งมักจะเป็นในเส้นท่อที่ส่งน้ำเข้าถังตกตะกอน ตัวอย่างวิธีการเติมสารโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสม

1.เติมสารเข้าไปในท่อน้ำดิบที่ติดตั้ง static mixer โดยเติมสารโคแอกกูแลนต์ลงในน้ำก่อนเข้า static mixer และถ้ามีการเติมสารช่วยตกตะกอน (สารโพลีเมอร์) ควรเว้นระยะห่าง ระหว่างจุดเติมสารโพลีเมอร์ให้ห่างจากจุดเติมสารโคแอกกูแลนต์ให้มากพอ โดยที่ให้น้ำใช้เวลาไหลจากจุดเติมแรกไปถึงจุดเติมที่สอง เป็นเวลาอย่างน้อยประมาณ 20 วินาที

2.เติมสารโคแอกกูแลนต์ลงในถังกวนเร็วที่มีการกวนเร็วอย่างน้อย 5 นาที แล้วจึงปล่อยไหลไปสู่จุดที่เติมสารโพลีเมอร์

สิ่งที่ควรระวังในการเติมสารโคแอกกูแลนต์ คือควรเติมในปริมาณที่เหมาะสมไม่มากหรือน้อยเกินไป ทั้งนี้เนื่องจากถ้าเติมน้อยเกินไป จะมีอนุภาคคอลลอยด์ที่มีประจุลบหลงเหลืออยู่มาก ทำให้น้ำไม่ใสเท่าที่ต้องการ แต่ในทางกลับกันถ้าเติมสารมากเกินไปมากๆ อนุภาคคอลลอยด์ที่ประจุเปลี่ยนเป็นศูนย์แล้ว จะถูกเหนี่ยวนำจากสารที่เหลืออยู่ให้เปลี่ยนเป็นประจุลบอีกครั้ง ทำให้อนุภาคไม่จับรวมตัวกันเป็นพินฟลอค



รูปที่ 2.3 แสดงกระบวนการเกิด Coagulation

● การรวมตัวของสารแขวนลอยจนเป็นก้อนใหญ่ (Flocculation)

เนื่องจากฟิโนลอคยังมีขนาดเล็กอยู่ ทำให้ตะกอนจมตัวในถังตกตะกอนได้ไม่เร็วพอที่จะเอาชนะการไหลขึ้นของน้ำในถังตกตะกอนได้ ดังนั้นต้องทำให้ตะกอนจมตัวได้เร็วขึ้น ด้วยการทำให้ฟิโนลอคมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งเรียกว่าฟลอค (Floc) เมื่อตะกอนสารแขวนลอย หรือฟลอคมีขนาดใหญ่มากพอ ทำให้สามารถจมตัวลงสู่ก้นถังได้เร็วพอที่จะไม่ถูกน้ำพาหลุดออกจากถังไปพร้อมกับน้ำใสที่ออกจากถังตกตะกอน การทำให้ฟิโนลอคมีขนาดใหญ่ขึ้น สามารถทำได้ทั้งวิธีที่ไม่ต้องเติมสารเคมี และวิธีเติมสารโพลีเมอร์ช่วยเพิ่มขนาด

การสร้างฟิโนลอคให้มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยไม่ต้องเติมสารเคมีช่วยสามารถทำได้ในกรณีที่ถังตกตะกอนมีขนาดใหญ่ มีเวลากักเก็บน้ำนานเพียงพอ โดยทั่วไปควรมากกว่า 3 ชั่วโมง และมีความเร็วของการไหลต่ำ

มาก เช่น ถังตกตะกอนสำหรับผลิตน้ำประปาแบบคลองวนเวียน หรือแบบบ่อรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเป็นต้น ฟินฟล็อกที่เกิดขึ้นจะมีเวลามากพอทำให้มีโอกาสสัมผัสกับฟินฟล็อกอื่นๆ แล้วยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงระหว่างโมเลกุลทำให้ขนาดใหญ่ขึ้นและจมลงสู่ก้นถังได้ ฟล็อกที่เกิดขึ้นในกรณีนี้จะมีขนาดเล็กกว่า 1 มม.

สำหรับวิธีการเติมสารโพลีเมอร์ ควรใช้เมื่อถังตกตะกอนมีเวลากักเก็บน้ำสั้น ประมาณ 45 นาที - 2 ชั่วโมง จึงจำเป็นต้องทำให้ฟล็อกมีขนาดใหญ่พอที่จะทำให้ความเร็วในการตกตะกอนของฟล็อกสูงจนตกตะกอนได้หมดหรือเกือบหมดในถังตกตะกอน ในการเติมสารละลายโพลีเมอร์จะต้องเติมในตำแหน่งที่มีการเกิดฟินฟล็อกขึ้นมาแล้ว หรือเติมในถังกวนช้าที่มีเวลากวนประมาณ 7-15 นาที เช่น เติมในบริเวณ Center Well ของถังตกตะกอนแบบ Solids Contact สารโพลีเมอร์ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลมากและมีประจุอยู่บนตัวมากจะจับฟินฟล็อกได้ใน 2 รูปแบบ คือ ใช้ประจุที่มีอยู่มากบนตัวดึงดูดสารแขวนลอยที่ไม่มีประจุหรือประจุเป็นศูนย์ไว้ หรือโดยอาศัยแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของสารโพลีเมอร์กับสารแขวนลอย ในการจับขนาดฟล็อกที่เกิดจากการเติมสารเคมีจะมีขนาดประมาณ 1-4 มม.

### ● การตกตะกอน (Sedimentation)

เป็นขั้นตอนที่สารแขวนลอยที่ผ่านกระบวนการทั้ง Coagulation และ Flocculation แล้ว จมตัวลงสู่ก้นถังตกตะกอน และจะถูกรวบรวมไว้ด้านล่างของถัง เพื่อปล่อยออกไปสู่ระบบจัดการตะกอนต่อไป ซึ่งเป็นการสิ้นสุดกระบวนการทำน้ำใส

น้ำใสที่ล้นออกจากถังตกตะกอนแล้ว จะถูกเติมคลอรีนเพื่อป้องกันการเติบโตของจุลินทรีย์ หรือรา ในถังกรองทรายที่ติดตั้งหลังจากถังตกตะกอน เพื่อทำหน้าที่กรองตะกอนที่อาจหลุดลอยออกมาจากถังตกตะกอน

## 2.2 สารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอน

### ● สารโคแอกกูแลนต์ (Coagulant)

สารโคแอกกูแลนต์ที่นิยมใช้กัน ได้แก่ สารส้ม และโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ ซึ่งเป็นสารประกอบของอะลูมิเนียม นอกจากนี้ยังมีสารประเภทอื่นเช่น สารโคแอกกูแลนต์เอ็ด (Coagulant Aids) ที่นำมาใช้ร่วมกับสารโคแอกกูแลนต์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบและช่วยลดต้นทุนรวมของระบบ แต่จะมีราคาต่อหน่วยแพงกว่าสารโคแอกกูแลนต์ที่อื่นๆ มาก ควรเลือกใช้ในกรณีที่สารโคแอกกูแลนต์ทั่วไปไม่สามารถตกตะกอนได้ตามต้องการ

- สารส้ม ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ )

การตรวจวัดคุณภาพของสารทางเคมี จะอ้างอิงตามปริมาณ Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ที่มีอยู่ โดยสารส้มก้อนควรมีปริมาณ Alumina ประมาณร้อยละ 17 และในสารส้มน้ำควรมีปริมาณ Alumina ประมาณร้อยละ 8 ประสิทธิภาพของสารส้มจะตกตะกอนน้ำได้ดีเพียงใด ขึ้นอยู่กับปัจจัยค่าพีเอชของน้ำเป็นอย่างมาก การใช้สารส้มในการสร้างตะกอนและรวมตะกอน ควรให้มีพีเอชของน้ำอยู่ในช่วง 6.0-7.8 ซึ่งเป็นช่วงที่ดีที่สุดของสารส้ม ในการตกตะกอน และควรระมัดระวังการเติมสารส้มให้เหมาะสม เนื่องจากยิ่งใส่ปริมาณมากค่าพีเอชก็จะลดลงมากตามกัน



- Polyaluminium Chloride-PAC :  $(Al_n(OH)_m Cl_{(3n-m)})$

PAC เป็นเกลือสังเคราะห์ของอลูมิเนียมคลอไรด์ ซึ่งสังเคราะห์ขึ้นเป็นพิเศษเพื่อใช้ในกระบวนการตกตะกอน ลักษณะทั่วไปของ PAC อาจอยู่ในรูปของสารละลายใส หรือขุ่นเล็กน้อย และอาจอยู่ในรูปของผงละเอียดสีขาวจนถึงเหลือง เมื่อละลายน้ำจะให้สารมีฤทธิ์เป็นด่างและมีเปอร์เซ็นต์ของ Active  $Al_2O_3$  สูงถึง 30% PAC สามารถใช้ได้กับน้ำในแม่น้ำ น้ำผิวดิน น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจาก PAC มีโครงสร้างโมเลกุลใหญ่ และมีหลายนิวเคลียสทำให้เกิดตะกอนหนัก จึงสามารถตกตะกอนได้อย่างรวดเร็ว ช่วงของค่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับใช้งานอยู่ในช่วง 5-11

### ● สารเคมีเพิ่มประสิทธิภาพการตกตะกอน (Coagulant Aids or Polyelectrolytes)

การใช้สารเคมีเพิ่มประสิทธิภาพการตกตะกอนจะใช้ในกรณีที่มีขนาดของฟลอค ที่เกิดขึ้นไม่ใหญ่พอที่จะทำให้ฟลอคนั้นตกตะกอนได้ทันในถัง ซึ่งมีผลทำให้เกิดปัญหาฟลอคลอยออกไปกับน้ำใสจากถังตกตะกอน สารเคมีที่นำมาใช้เพิ่มประสิทธิภาพการตกตะกอนเป็นกลุ่มสารโพลีเมอร์ ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลสูง และมีประจุอยู่บนโมเลกุลจำนวนมาก เมื่อละลายน้ำจะยึดตัวออก ช่วยจับฟลอคให้เป็นรวมตัวเป็นฟลอคที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและสามารถจมตัวได้เร็ว

สารโพลีเมอร์นี้แบ่งตามชนิดของประจุได้เป็น 3 ชนิด คือ ชนิดที่มีประจุลบ (Anionic Polymer) ชนิดที่มีประจุบวก (Cationic Polymer) และชนิดที่ให้ประจุลบเล็กน้อย (Nonionic Polymer) โดยที่สารโพลีเมอร์ชนิดที่มีประจุลบ (Anionic Polymer) เหมาะที่จะใช้กับน้ำหลากหลายประเภท ทั้งการผลิตน้ำประปาและการบำบัดน้ำเสีย แต่เพื่อให้เกิดความถูกต้องควรทำการทดลองใช้สารโพลีเมอร์กับน้ำที่จะบำบัดโดยการทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบว่าสารโพลีเมอร์ชนิดใดสามารถสร้างฟลอคได้ใหญ่ที่สุดในปริมาณการใช้ที่เท่ากัน

สารโพลีเมอร์มีทั้งในรูปของแข็งและของเหลว ในการใช้งานต้องทำการละลายสารโพลีเมอร์ลงในน้ำให้ได้ความเข้มข้นที่พอเหมาะก่อนนำไปใช้งาน ความเข้มข้นที่เหมาะสม ควรอยู่ที่ 0.1- 0.2% หรือทำการผสมสารโพลีเมอร์ประมาณ 1-2 กิโลกรัมลงในน้ำ 1 ลบ.ม. โดยในการละลายผสมโพลีเมอร์ควรค่อยๆ เติมโพลีเมอร์ลงในน้ำที่มีการกวนอย่างทั่วถึง และเมื่อกวนผสมสารโพลีเมอร์จนละลายเข้ากันดีแล้ว ควรหยุดการกวนเพื่อไม่ให้มีการกวนที่มากเกินไปจนทำให้สายของโพลีเมอร์ขาด ส่งผลให้ความสามารถของสารโพลีเมอร์ในการสร้างขนาดฟลอคคูลดลง และสารละลายโพลีเมอร์ที่เตรียมไว้แต่ละครั้ง ควรเตรียมในปริมาณที่เพียงพอ สำหรับการนำไปใช้ให้หมดภายใน 2-3 วัน เพราะถ้าเก็บไว้นาน ประสิทธิภาพของโพลีเมอร์จะลดลง

ในการจัดเก็บสารโพลีเมอร์ก่อนใช้งานต้องเก็บอยู่ในที่แห้ง ไม้ให้สัมผัสกับน้ำโดยเด็ดขาด เพราะเมื่อสารโพลีเมอร์ทั้งชนิดของแข็งและของเหลวสัมผัสกับน้ำ หรือความชื้นจะพองตัวและจับตัวเป็นก้อนซึ่งไม่สามารถละลายน้ำหรือนำกลับมาใช้ได้อีก

### 2.3 การควบคุมกระบวนการโคแอกกูเลชัน

ในการควบคุมกระบวนการโคแอกกูเลชันจำเป็นต้องรู้ชนิดและปริมาณสารที่เหมาะสม ตลอดจนสภาวะต่างๆ ที่เอื้ออำนวยต่อกลไกการเกิดโคแอกกูเลชันซึ่งได้แก่ ระดับพีเอชของน้ำ ความเร็วในการกวน และระยะเวลาในการกวนน้ำ

ซึ่งในทางปฏิบัติจะทำการทดลองจาร์เทสต์ในการควบคุม

#### ● การทดลองจาร์เทสต์

จาร์เทสต์เป็นวิธีทดสอบอย่างง่าย เป็นการจำลองสถานการณ์จากระบบถังตกตะกอนของโรงงาน โดยนำมาทำการทดลองในบีกเกอร์

ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ทำการทดลองสามารถปรับความเร็วรอบได้ตามสภาพจริงของถังตกตะกอน ส่วนมากมักมีใบพัดกวนน้ำ 6 ชุด ดังแสดงในรูปที่ 2.4

ในการทดลองแต่ละครั้งจะเลือกชนิดของสารโคแอกกูแลนต์และกำหนดสภาวะต่างๆ ได้แก่ ปริมาตรของน้ำตัวอย่างความเร็วรอบ ระยะเวลาการกวนน้ำและระยะเวลาในการตกตะกอนไว้ค่าหนึ่ง แล้วจึงทดลองโดยแปรเปลี่ยนปริมาณสารโคแอกกูแลนต์ส่วนระดับพีเอชอาจแปรเปลี่ยนหรือคงที่ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการทดลอง และจากการทดลองจะได้ค่าปริมาณ ชนิดของสารโคแอกกูแลนต์และระดับพีเอชที่เหมาะสมต่อการเกิดโคแอกกูเลชัน ในการทดลองควรทำหลายๆ ครั้ง เพื่อให้ได้ค่าตัวแปรที่เหมาะสมยิ่งขึ้น โดยมีขั้นตอนการทดสอบต่อไปนี้

- 1.เตรียมน้ำตัวอย่างที่ทราบปริมาตรลงในบีกเกอร์ และกวนด้วยความเร็วสูง
- 2.เติมสารโคแอกกูแลนต์ที่ทราบปริมาณแน่นอนลงไปจนกระทั่งสังเกตเห็นอนุภาคแขวนลอยรวมตัวกัน วัด pH ที่เกิดเป็นฟล็อก
- 3.เติมสารโพลีเมอร์ลงไป แล้วลดอัตราเร็วของการกวนให้ลดลงตามความเหมาะสม โดยต้องไม่ทำให้ฟล็อกแตก และสามารถจมตัวลงได้
- 4.เมื่อสังเกตพบว่าอนุภาคที่เกิดทั้งหมดรวมตัวกันเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ให้หยุดการกวน
- 5.รอให้อนุภาคทั้งหมดตกตะกอนลงมา แล้วบันทึกปริมาณของสารโคแอกกูแลนต์ที่ใช้ สารโพลีเมอร์ที่ใช้เวลาที่ใช้ในการตกตะกอน และหรือปริมาตรของตะกอน
- 6.ทำการวิเคราะห์ผลที่ได้ และนำค่าที่ทำให้น้ำตกตะกอนได้ไ้ดีที่สุดไปปรับใช้กับระบบตกตะกอนจริง



รูปที่ 2.4 แสดงการทดลองจาร์เทสต์

## ● ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการจับตัวและรวมตัวเป็นฟลอค

### 1. ความเป็นกรด-ด่าง

ดังที่กล่าวมาแล้ว การใช้สารส้มจะได้ผลดีเมื่อพีเอชอยู่ในช่วง 6.0-7.8 ถ้าน้ำที่ได้ไม่ใส หากมีการใส่สารส้มลงไปเพิ่ม เพื่อพยายามเร่งให้ การตกตะกอนได้ดียิ่งขึ้น ก็ยิ่งจะทำให้ น้ำมีสภาพเป็นกรดมากขึ้น เมื่อน้ำ มีพีเอชไม่อยู่ในช่วงที่ดีที่สุดสำหรับการตกตะกอน น้ำยังคงไม่ใสเช่นเดิม

### 2. เกลือแร่ต่างๆ

การมีซัลเฟตหรือฟอสเฟตจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการจับตัวเป็น ฟลอคเปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงช่วงพีเอชที่เหมาะสม ในการเกิดฟลอค เปลี่ยนแปลงระยะเวลาในการเกิดฟลอค เปลี่ยนแปลง ปริมาณที่เหมาะสมของสารโคแอกกูแลนต์ และเปลี่ยนแปลงปริมาณ สารโคแอกกูแลนต์ที่หลงเหลือในน้ำไป ตัวอย่างเช่น ซัลเฟตและฟอสเฟต สามารถเปลี่ยนแปลงช่วงพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอนของ สารส้มให้กว้างขึ้นได้เป็น 5.0-7.8

### 3.คุณสมบัติของความขุ่น

ถ้าความขุ่นของน้ำประมาณไม่เกิน 20 NTU อาจจะต้องใช้สารช่วยเพิ่มความขุ่น เนื่องจากโอกาสที่อนุภาคจะมาชนกันและรวมตัวเป็นฟlocsมีน้อย ทำให้ตกตะกอนได้ยาก ในกรณีที่มีความขุ่นประมาณ 20-100 NTU ควรต้องใส่สารโคแอกกูแลนต์เพิ่มขึ้น ตามความขุ่นที่เพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มของสารโคแอกกูแลนต์ที่ไม่จำเป็นต้องเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความขุ่นที่เพิ่มขึ้น ถ้าระบบมีความขุ่นมากกว่า 100 NTU ควรใส่สารโคแอกกูแลนต์เพียงเล็กน้อยเพราะโอกาสที่อนุภาคจะมาชนกันและจับตัวกันมากอยู่แล้ว สำหรับปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมสามารถหาได้จากการทำจาร์เทสต์

### 4.ชนิดของสารโคแอกกูแลนต์

สารโคแอกกูแลนต์แต่ละชนิดสามารถทำงานได้ที่สภาวะต่างกัน นอกจากนี้ชนิดของสารที่สามารถตกตะกอนได้ของสารโคแอกกูแลนต์แต่ละชนิดก็ไม่เหมือนกัน จึงต้องมีการเลือกชนิดของสารให้เหมาะสม เช่น สารส้มมีแนวโน้มที่จะตกตะกอนสารอินทรีย์ หรือสีในน้ำได้ดีกว่าสารชนิดอื่น

### 5.อุณหภูมิ

เมื่ออุณหภูมิลดลงความหนืดของน้ำเพิ่มขึ้น อัตราการตกตะกอนจะช้าลงเพราะแรงเสียดทานเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ค่าพีเอชจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ซึ่งจะมีผลมากในกรณีที่ใส่สารโคแอกกูแลนต์ช่วยตกตะกอน ในปริมาณต่ำและเมื่ออุณหภูมิลดลง อัตราการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ของสารโคแอกกูแลนต์ในน้ำย่อมลดลงไปด้วย

### 6.การกวน

การกวนเร็วเพื่อให้เกิดความปั่นป่วนขึ้นในน้ำ ในขณะที่เติมสารโคแอกกูแลนต์จะช่วยเพิ่มอัตราการชนระหว่างอนุภาคความขุ่นกับสารให้มากขึ้น ยิ่งกวนมาก โอกาสที่จับตัวเป็นฟlocsจะเพิ่มขึ้น

การกวนช้า ทำให้ฟินฟลอคที่เกิดจากการกวนเร็วมีโอกาสชนกันเพิ่มขึ้น เพื่อจับตัวรวมกันเป็นฟลอคขนาดใหญ่เพิ่มขึ้น แต่ถ้ากวนแรงเกินไป จะทำให้ฟลอคที่รวมตัวแล้วแตกได้

## 7. อัตราการเกิดฟลอค

ระยะแรกของการเกิดฟลอคจะมีอนุภาคมาชนกันถี่มากเท่าใด อัตราการจับตัวเป็นฟลอคก็จะมีมากขึ้นเท่านั้น นอกจากนี้จะช่วยเพิ่มจำนวนฟลอคแล้วยังช่วยเพิ่มน้ำหนักและขนาดฟลอคอีกด้วย ทำให้จมตัวได้ง่ายยิ่งขึ้น ถ้าน้ำดิบมีความขุ่นน้อยจะพบปัญหาว่าเกิดฟลอคยากและตกตะกอนช้า แก้ได้โดยนำน้ำตะกอนที่ตกแล้วส่วนหนึ่งหมุนเวียนกลับมาใช้เพื่อเพิ่มโอกาสที่จะชนกันมากขึ้น