กระบวนการบำบัดน้ำทิ้งด้วยวิธีการตกตะกอนหนัก (Coagulation)

นุษรา สินบัวทอง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
ฝ่ายเครื่องมือและวิจัยทางวิทยาศาสตร์
สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มก.

การบำบัดน้ำทิ้งทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมมีทั้งการบำบัดทางกายภาพ (Physical treatment) ทางเคมี (Chemical treatment) และทางชีวภาพ (Biological treatment) การจะเลือกใช้วิธีการใดนั้นขึ้นกับสิ่งสกปรกที่อยู่ในน้ำ การบำบัดน้ำทิ้งทางเคมีคือการใช้สารเคมีเพื่อบำบัดน้ำเสีย ซึ่งในกระบวนการอาจเกิดปฏิกิริยาหรืออาจไม่เกิดปฏิกิริยาเคมีก็ได้ คำว่า “การตกตะกอน” เป็นคำที่ใช้กันในภาษาไทย แต่เมื่อใช้เป็นคำวิชาการในภาษาอังกฤษจะมีความหมายที่แตกต่างกันดังนี้

Sedimentation คือการตกตะกอนตามแรงโน้มถ่วงของโลก เป็นการที่สารที่มีน้ำหนักมากกว่าน้ำตกตะกอนลงมาตามแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity) เช่นการตกตะกอนของกรวด หิน ดิน ทราย ในน้ำเสีย จัดเป็นการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ (Physical treatment)

Precipitation คือการตกตะกอนทางเคมีหรือการตกตะกอนผลึก โดยการเติมสารเคมีที่เรียกว่ารีแอกแตนท์ (Reactant) เข้าทำปฏิกิริยา (Reaction) กับสารที่ละลายอยู่ในน้ำแล้วเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ (Product) สารที่ละลายน้ำจะกลายเป็นตะกอน (Precipitate) ที่ไม่ละลายน้ำ เช่นปฏิกิริยาการกำจัดความกระด้างเนื่องจากแคลเซี่ยมไบคาร์บอนเนต ($Ca(HCO_3)_2$) ด้วยปูนขาวหรือน้ำปูนใส ($Ca(OH)_2$) เมื่อแคลเซี่ยมไบคาร์บอนเนตอยู่ในน้ำจะอยู่ในรูป Ca^{2+} และ HCO_3^- ซึ่ง Ca^{2+} นี้เป็นสาเหตุของความกระด้าง เมื่อเติมน้ำปูนใสซึ่งเป็นรีแอกแตนท์ลงไปจะเกิดปฏิกิริยา ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ (Product) เกิดขึ้นคือเป็นตะกอนผลึกของแคลเซี่ยมคาร์บอนเนต ($\underline{CaCO_3}$) ที่ไม่ละลายน้ำ ส่วน Ca^{2+} ที่ละลายน้ำจะหมดไป น้ำจึงไม่กระด้างอีก ดังสมการที่ (1)

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2\ \underline{CaCO_3} + 2\ H_2O \qquad (1)$$

ปริมาณรีแอกแตนท์ที่ใช้ในปฏิกิริยาหาได้จากการคำนวณปริมาณสารสัมพันธ์ (Stoichiometry)

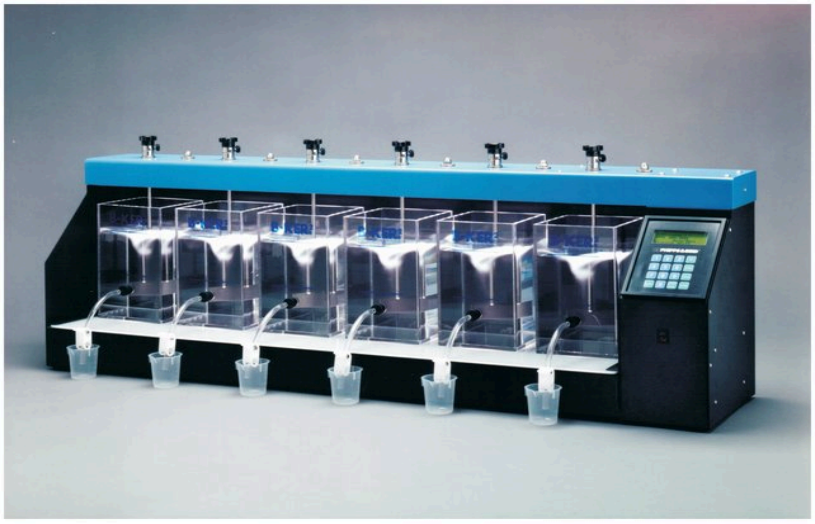
Coagulation คือการตกตะกอนหนัก โดยการเติมสารเคมีที่เรียกว่าโคแอกกูแลนท์ (Coagulant) เพื่อเปลี่ยนสภาพของของแข็งแขวนลอย (Suspended solids) ที่มีขนาดเล็กให้มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นและตกตะกอนลงมา เมื่อเติมโคแอกกูแลนท์ลงไปจะต้องมีการผสมโดยการกวนเร็ว (Rapid mixing) เพื่อให้สารเข้าผสมกันอย่าทั่วถึง จากนั้นจะทำการกวนช้า (Flocculation) เพื่อให้สารแขวนลอยและโคแอกกูแลนท์จับตัวกัน กระบวนการทั้งหมดเรียกว่า Coagulation ตลอดทั้งกระบวนการไม่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น แต่เป็นเพียงกลไกให้สารได้สัมผัสกันเท่านั้น เช่นกระบวนการตกตะกอนความขุ่นโดยสารส้ม (Alum, Al $(SO_4)_2.12H_2O$) หรือการกำจัดสีด้วยสารเฟอร์ริคคลอไรด์ (Ferric chloride, $FeCl_3$) เป็นต้น ทั้งสารส้มและเฟอร์ริคคลอไรด์เป็นโคแอกกูแลนท์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

การหาปริมาณโคแอกกูแลนท์ที่เติมลงไป และสภาวะที่เหมาะสมได้แก่ค่าพีเอช (pH) อัตราการกวนเร็ว และการกวนช้า สำหรับน้ำเสียและโคแอกกูแลนท์แต่ละชนิดได้จากการทดลอง โดยอาศัยวิธีการที่เรียกว่า JAR test

JAR test

คือการหาเงื่อนไขหรือสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอน ได้แก่ 1. การเปรียบเทียบชนิดของโคแอกกูแลนท์ 2. การเปรียบเทียบค่าพีเอช (pH) ที่ทำให้การตกตะกอนดีที่สุด 3. หาปริมาณของโคแอกกูแลนท์ที่เลือกใช้เพื่อไม่ให้เติมในปริมาณที่สูงเกินไป เป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย และอื่น ๆ อีกได้แก่การหาอัตราการกวนเร็ว กวนช้า เป็นต้น เงื่อนไขเหล่านี้มีประโยชน์อย่างมากเมื่อนำไปใช้กับระบบใหญ่ ๆ เช่นการผลิตน้ำประปา และการกำจัดสีในน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม

การทำ JAR test โดยทำให้อนุภาคแขวนลอยขาดเสถียรภาพและรวมตัวกับโคแอกกูแลนท์ที่เติมลงไป อาศัยชุดอุปกรณ์ที่ใช้สร้างตะกอนซึ่งประกอบด้วยใบพัด 4-6 หน่วย (ดังภาพที่ 1) ชุดอุปกรณ์แต่ละหน่วยจะทำงานพร้อมกันในการทดลองเดียว อุปกรณ์เพิ่มเติมที่จำเป็นต้องใช้คือบีกเกอร์ความจุ 1 หรือ 2 ลิตร (หรืออาจเป็นภาชนะพลาสติกสี่เหลี่ยมดังภาพที่ 1) จำนวนเท่ากับชุดอุปกรณ์ที่ใช้สร้างตะกอน นาฬิกาจับเวลา



ภาพที่ 1 ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ทำ JAR test ประกอบด้วยใบพัด 6 หน่วย ผลิตภัณฑ์ของ Phipps & Bird

วิธีการทดสอบเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของการตกตะกอนโดยทำ JAR test จะต้องวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่นำมาศึกษาเพื่อลดสารที่ต้องการเช่นวัดความขุ่น หรือวัดความเข้มสีของน้ำที่นำมาศึกษาไว้ หลังการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการทดลองเช่น เปลี่ยนพีเอชในน้ำที่นำมาทดลอง (ในแต่ละชุดอุปกรณ์) ปรับเปลี่ยนชนิดโคแอกกูแลนท์ ปริมาณโคแอกกูแลนท์ หลังการตกตะกอนด้วยเงื่อนไขต่าง ๆ แล้ว ให้วิเคราะห์คุณภาพน้ำ เช่นวัดความขุ่น หรือวัดความเข้มสีอีกครั้ง ผลการทดลองจะได้เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดในการปรับคุณภาพน้ำได้แก่ พีเอชในการตกตะกอน ชนิดและปริมาณโคแอกกูแลนท์ นำมาสู่การเลือกโคแอกกูแลนท์ที่เหมาะสมในปริมาณที่ไม่มากหรือน้อยเกินไป และสภาวะที่เหมาะสมในการ Coagulation การทำ JAR test อาจนำมาใช้เพื่อหาโคแอกกูแลนท์ชนิดใหม่ ๆ นอกจากนี้นิยมใช้ในการหาชนิดและปริมาณตัวช่วยตกตะกอน (Coagulant aid) ประเภทสารโพลีเมอร์ด้วย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

https://www.fishersci.com/shop/products/phipps-bird-pb-900-series-programmable-jar-testers-5/p-4643499