

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสีย

2.1.1 สารประกอบไนโตรเจน

น้ำเสียชุมชนที่ยังไม่ได้ผ่านการบำบัด มีสารประกอบไนโตรเจน ในรูปอินทรีย์ไนโตรเจน และแอมโมเนียเป็นส่วนใหญ่ โดยเรียกรวมๆ กันว่า ทีเคเอ็น (TKN, Total Kjeldahl Nitrogen) ซึ่งเป็นของเสียจากเมแทบอลิซึมของโปรตีนในร่างกายมนุษย์ โดยมีไนไตรต์และไนเตรต อยู่เล็กน้อยมากหรือไม่มีอยู่เลย สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนมีทั้งที่อยู่ในรูปสารละลาย และสารแขวนลอย อินทรีย์ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปสารละลายส่วนใหญ่ได้แก่ ยูเรีย และกรดอะมิโน ส่วนที่อยู่ในรูปสารแขวนลอยบางส่วนจะถูกแยกออกในขั้นต่อนตกตะกอนขั้นต้น (primary sedimentation) ในระหว่างขั้นตอนการบำบัดทางชีวภาพ อินทรีย์ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปสารแขวนลอยส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียมไอออน และสารอินทรีย์ไนโตรเจนรูปอื่นๆ แอมโมเนียบางส่วนถูกนำไปสร้างเซลล์ สารประกอบไนโตรเจนในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นที่สอง ด้วยกระบวนการทางชีวภาพแล้ว ส่วนใหญ่อยู่ในรูปแอมโมเนียมไอออน การบำบัดขั้นที่สองโดยทั่วไปสามารถลดไนโตรเจนทั้งหมดได้ประมาณร้อยละ 30 (Tchobanoglous and Burton, 1991)

2.1.2 สารประกอบฟอสฟอรัส

สารประกอบฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชนที่ยังไม่ได้ผ่านการบำบัด ส่วนใหญ่อยู่ในรูป ออร์โทฟอสเฟต และโพลีฟอสเฟต ส่วนที่เหลืออยู่ในรูปอินทรีย์ฟอสเฟต โดยปกติแล้ว ออร์โทฟอสเฟตและโพลีฟอสเฟตจะละลายน้ำ เป็นส่วนใหญ่ ส่วนอินทรีย์ฟอสเฟตนั้นมีทั้งที่ละลายน้ำหรือแขวนลอย เมื่อผ่านการบำบัดขั้นที่สอง ด้วยกระบวนการทางชีวภาพแล้ว สารประกอบฟอสฟอรัสจะถูกเปลี่ยนรูปเป็นออร์โทฟอสเฟตเป็นส่วนใหญ่

ทั้งนี้ถึงตกตะกอนขั้นต้นสามารถลดสารประกอบฟอสเฟตที่อยู่ในรูปสารแขวนลอยได้เล็กน้อย ในขณะที่การบำบัดขั้นที่สองด้วยกระบวนการทางชีวภาพ ก็กำจัดฟอสฟอรัสได้ไม่มากนัก

2.2 ปัญหาของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นที่สอง

น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นที่สองโดยทั่วไปยังคงมีของแข็งแขวนลอย สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ในรูปของฟอสฟอรัสและไนโตรเจนเหลืออยู่ ฟอสฟอรัสในน้ำที่บำบัดแล้วส่วนใหญ่อยู่ในรูปออร์โทฟอสเฟต ส่วนไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแอมโมเนีย (Gregory and Dhond, 1972)

เนื่องจากไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำ ดังนั้นถ้ามีการปล่อยน้ำทิ้งที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสลงสู่แหล่งน้ำก็จะกระตุ้นให้สาหร่ายและพืชน้ำเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจนในเวลากลางคืน จนอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ (ศักดิ์ชัย สุริยจันทร์ทอง, 2542) นอกจากนี้การย่อยสลายไนโตรเจนต้องใช้ออกซิเจนมาก อีกทั้งไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียอิสระก็เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำอีกด้วย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีการบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

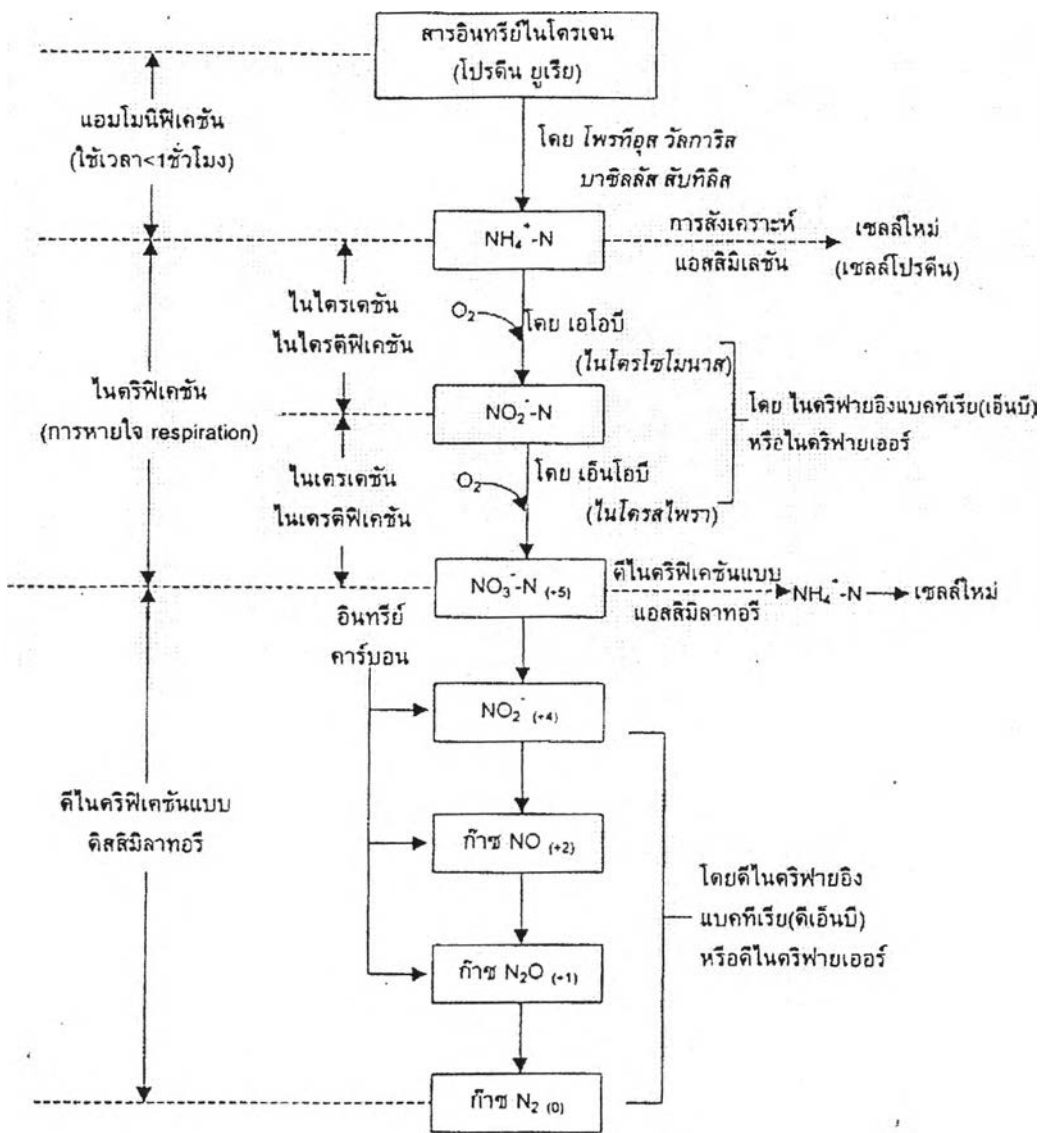
2.3 การกำจัดไนโตรเจนทางชีวภาพ

2.3.1 หลักการกำจัดไนโตรเจนทางชีวภาพ

การกำจัดไนโตรเจนทางชีวภาพใช้จุลินทรีย์หรือแบคทีเรียสองกลุ่ม กลุ่มแรกมีหน้าที่ออกซิไดซ์ไนโตรเจน (ในรูปรีดิวซ์) ให้เป็นไนเตรต จากนั้นแบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งจะลดรูปไนโตรเจนนี้ให้กลายเป็นก๊าซไนโตรเจนออกจากระบบ (รูปที่ 2.1) กระบวนการในการบำบัดประกอบด้วย 3 กระบวนการด้วยกัน (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2544) คือ (1) แอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) (2) ไนตริฟิเคชัน (nitrification) และ (3) ดีไนตริฟิเคชัน (denitrification)

2.3.1.1 แอมโมนิฟิเคชัน (ammonification)

แอมโมนิฟิเคชัน เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนรูปสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนไปอยู่ในรูปแอมโมเนีย ด้วยเอนไซม์ของจุลินทรีย์ แอมโมเนียถูกกำจัดโดยถูกจุลินทรีย์ดึงไปใช้เป็นสารอาหารและใช้ในการสร้างเซลล์



หมายเหตุ: ไนโตรเจนที่ลดลงเนื่องจากการเอาไปสร้างเซลล์ใหม่นั้นมีปริมาณน้อยมาก ประมาณร้อยละ 3 ของค่าซีไอทีที่ถูกกำจัด

รูปที่ 2.1 ขั้นตอนต่างๆ ในการกำจัดไนโตรเจนทางชีวภาพ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2544)

2.3.1.2 ไนตริฟิเคชัน (nitrification)

ไนตริฟิเคชัน เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันทางชีวภาพที่เปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนไตรต์ก่อน แล้วจึงเปลี่ยนเป็นไนเตรต โดยแบคทีเรียที่เปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนไตรต์ได้แก่ แบคทีเรียกลุ่มไนโตรโซโมแนซ (nitrosomonas) และแบคทีเรียที่เปลี่ยนไนไตรต์ให้เป็นไนเตรต ได้แก่ แบคทีเรียกลุ่มไนโตรแบคเตอร์ (nitrobacter) อย่างไรก็ตามในระบบบำบัดน้ำเสียทั่วไป จะไม่เกิดไนตริฟิเคชันอย่างสมบูรณ์ เพราะมีอินทรีย์ไนโตรเจนบางส่วนที่ไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ ทำให้น้ำทิ้งมีไนโตรเจนอยู่ประมาณไม่น้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เสมอ

2.3.1.3 ดีไนตริฟิเคชัน (denitrification)

เมื่อไนโตรเจนถูกเปลี่ยนรูปมาอยู่ในรูปไนเตรตแล้ว จะสามารถถูกลดรูปหรือถูกกำจัดออกจากระบบได้สองทางคือ (1) แอสสิมิลาทอรี (assimilatory) และ (2) วิธิดิสสิมิลาทอรี (dissimilarity)

เมื่อจุลินทรีย์ต้องการไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียหรือไนไตรต์เพื่อการสังเคราะห์โปรตีน แต่ถ้าไม่มีแอมโมเนียในระบบหรือมีไม่เพียงพอ จุลินทรีย์บางชนิดจะสามารถลดรูปไนเตรตไปเป็นแอมโมเนียหรือไนไตรต์ เพื่อใช้ในการสังเคราะห์โปรตีน หรือกรดนิวคลีอิก เพื่อใช้สร้างเซลล์ เรียกกระบวนการนี้ว่าแอสสิมิลาทอรี ซึ่งมีสัดส่วนน้อยกว่าวิธิดิสสิมิเลชัน

ในกระบวนการดิสสิมิลาทอรี ต้องอยู่ในสภาวะแบบแอน็อกซิก (anoxic) คือมีไนเตรตแต่ไม่มีออกซิเจนอิสระ โดยมีการเติมสารอินทรีย์คาร์บอนเป็นแหล่งคาร์บอนและใช้ในเทรตเป็นตัวรับอิเล็กตรอน

2.3.2 การใช้ระบบแอกติเวเตดสลัดจ์กำจัดไนโตรเจนทางชีวภาพ

การใช้ระบบแอกติเวเตดสลัดจ์กำจัดไนโตรเจนรูปต่างๆ ในน้ำเสียได้แก่ การใช้แบคทีเรียแบบแขวนลอยในการเปลี่ยนสารอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียให้เป็นไนเตรตและ/หรือเปลี่ยนไนเตรตให้เป็นก๊าซไนโตรเจน ระบบแอกติเวเตดสลัดจ์แบบทั่วไปซึ่งใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอน (เช่น บีโอดีหรือซีโอดี) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการกำจัดไนโตรเจนได้ ระบบแอกติเวเตดสลัดจ์ที่ดัดแปลงให้ใช้กำจัดไนโตรเจนมี 2 ประเภท (ปัญญรัตน์ ผลพฤษาและ อังชัย พรรณสวัสดิ์, 2540) คือ (1) ระบบสลัดจ์แยก (separated culture system หรือ two sludge system) และ (2) ระบบสลัดจ์เดี่ยว (combined culture system หรือ single sludge system)

2.3.2.1 ระบบสลัดจ์แยก (two sludge system)

ระบบสลัดจ์แยกเป็นระบบที่มีการเลี้ยงระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ 2 ชุด ให้ทำหน้าที่ไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชันชุดละอย่าง ถึงปฏิกริยาจะมี 2 ชุดเป็นอย่างน้อย แต่ละชุดประกอบด้วยถังตกตะกอน ดังนั้นระบบสลัดจ์แยกจึงประกอบด้วยระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์อย่างน้อย 2 ชุดต่อกันแบบอนุกรม ชุดแรกมีปฏิกริยาไนตริฟิเคชันและแอโรบิกออกซิเดชันเกิดขึ้น ทำให้สามารถกำจัดบีโอดีได้พร้อมๆ กับการกำจัดที่เคเอ็น (เปลี่ยนเป็นไนเตรต) สารรีดิวซ์ของถังปฏิกริยาชุดแรก ได้แก่ ออกซิเจน ชุดที่สองมีปฏิกริยาดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นและใช้ในการกำจัดไนเตรตที่เกิดขึ้นจากถังปฏิกริยาชุดแรก สารรีดิวซ์ของถังปฏิกริยาชุดที่สอง ได้แก่ ไนเตรต ดังนั้นจึงไม่ต้องเติมออกซิเจนให้กับระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ชุดที่สอง การกวนน้ำจึงทำให้สลัดจ์แขวนลอยอยู่ในถังปฏิกริยาเท่านั้น

แบคทีเรียในถังปฏิกริยาชุดแรกได้แก่ แฟคัลเททีฟ แบคทีเรีย (facultative bacteria) ทั่วไปที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย และ ออโทโทรฟิก แบคทีเรีย (autotrophic bacteria) ซึ่งมีบทบาทในปฏิกริยาไนตริฟิเคชัน แบคทีเรียทั้งสองประเภทดังกล่าวสามารถอยู่ร่วมกันในถังปฏิกริยาชุดแรก (เรียกว่าถังแอโรบิก) ได้ เนื่องจาก แฟคัลเททีฟ แบคทีเรีย (facultative bacteria) ใช้สารอินทรีย์คาร์บอนในน้ำเสียเป็นแหล่งคาร์บอน ส่วน ออโทโทรฟิก แบคทีเรีย (autotrophic bacteria) ใช้สารอินทรีย์ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำเสียเป็นแหล่งคาร์บอนจึงไม่แย่งอาหารกัน อย่างไรก็ตามปริมาณดีโอ (DO) ต้องมีให้กับแบคทีเรียทั้งสองประเภทอย่างเพียงพอ เพราะแบคทีเรียทั้งสองใช้ออกซิเจนเป็นตัวรีดิวซ์

แบคทีเรียที่อยู่ในถังปฏิกริยาชุดที่ 2 (เรียกว่าถังแอน็อกซิก) เป็นประเภท แฟคัลเททีฟ แบคทีเรีย (facultative bacteria) ที่ใช้กำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนเช่นเดียวกับที่อยู่ในถังชุดแรก แต่เนื่องจากแบคทีเรียอาศัยอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจนจึงใช้ในเตรต (ซึ่งเกิดขึ้นจากถังชุดแรก) เป็นสารรีดิวซ์แทน แต่แหล่งคาร์บอนและพลังงานยังคงเป็นสารอินทรีย์คาร์บอนเช่นเดิม

2.3.2.2 ระบบสลัดจ์เดี่ยว (single sludge system)

ระบบสลัดจ์เดี่ยวเป็นระบบที่มีการเลี้ยงแอกติเวเต็ดสลัดจ์ ชุดเดียวให้ทำหน้าที่ 3 อย่าง คือ แอโรบิกออกซิเดชัน (กำจัดบีโอดี) ไนตริฟิเคชัน (กำจัดแอมโมเนีย) และดีไนตริฟิเคชัน (กำจัดไนเตรต) ระบบสลัดจ์เดี่ยวนี้ประกอบด้วยถังปฏิกริยา 2 ชนิด คือ ถังแอน็อกซิก เช่นเดียวกับของระบบสลัดจ์แยก แต่ระบบสลัดจ์เดี่ยวมีถังตกตะกอนชุดเดียว ส่วนระบบสลัดจ์แยกมีถังตกตะกอน 2 ชุด จึงทำให้สลัดจ์ในถังปฏิกริยาทั้งสองชุดของระบบสลัดจ์เดี่ยวเป็นแบคทีเรียกลุ่มเดียวกัน

ในระบบสลัดจ์เดี่ยวถังตกตะกอนมักจะอยู่ตำแหน่งท้ายของอนุกรมเสมอ สลัดจ์จะหมุนเวียนจากด้านล่างของถังตกตะกอนมาเข้าถังปฏิกริยาชุดแรก ซึ่งอาจเป็นถังแอโรบิก หรือเป็นถังแอน็อกซิกก็ได้ สลัดจ์ในถังปฏิกริยาชุดแรกจะไหลเข้าถังชุดที่สองโดยไม่ต้องมีถังตกตะกอน

ในระบบสลัดจ์แยกถังแอโรบิกจะอยู่หน้าถังแอน็อกซิกเสมอ แต่ในระบบสลัดจ์เดี่ยวอาจกำหนดให้ถังใดอยู่ด้านหน้าก็ได้ตามความเหมาะสม ถ้าวางถังแอน็อกซิกอยู่ด้านหน้าก็แสดงว่าปฏิกริยาดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นก่อน เรียกว่าระบบสลัดจ์แยกแบบดีไนตริฟิเคชันเกิดก่อน (pre denitrification) แต่ถ้าถังแอโรบิกอยู่หน้าก็หมายความว่า ให้ปฏิกริยาดีไนตริฟิเคชันเกิดทีหลัง (post denitrification) ลำดับของปฏิกริยาดีไนตริฟิเคชันมีความสำคัญต่ออัตราเร็วของการกำจัดไนเตรต เพราะถ้าปล่อยให้ปฏิกริยาดีไนตริฟิเคชันเกิดทีหลัง ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนมักไม่เพียงพอ จึงทำให้อัตราการกำจัดไนโตรเจนเกิดได้ช้า แต่ถ้าให้ปฏิกริยาดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นก่อน อัตราการกำจัดไนเตรตจะเกิดได้เร็วกว่า

ระบบกำจัดไนโตรเจนแบบสลัดจ์เดี่ยวอาจเกิดได้ในระบบคูนวนเวียน (oxidation ditch) ลักษณะการไหลในคูนวนเวียนทำให้มีการเคลื่อนที่ของสลัดจ์ตลอดเวลา ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการหมุนเวียนสลัดจ์ภายในของระบบสลัดจ์เดี่ยวแบบถังธรรมดา การควบคุมปริมาณออกซิเจนภายในคูนวนเวียน จำทำให้เกิดปฏิกริยาดีไนตริฟิเคชันในบริเวณที่มีดีไอสูง และเกิดปฏิกริยาดีไนตริฟิเคชันในบริเวณที่มีดีไอต่ำมากในคูนวนเวียน

2.4 การกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ

2.4.1 หลักการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ

การเลี้ยงเพาะเชื้อแบบไม่ใช้ออกซิเจน ตามด้วยถังแบบใช้ออกซิเจนหรือแอโรบิก ทำให้เกิดการคัดพันธุ์แบคทีเรียชนิดพิเศษซึ่งสามารถจับฟอสฟอรัสได้มากกว่าปริมาณที่เซลล์ต้องการใช้ในการเจริญเติบโต ลักษณะนี้เรียกว่าการจับใช้ฟอสฟอรัสแบบฟุ่มเฟือย (luxury phosphorus uptake) แบคทีเรียชนิดพิเศษนี้ได้แก่แบคทีเรียในกลุ่ม *Acinetobacter* โดยปกติเซลล์แบคทีเรียจะต้องการปริมาณฟอสฟอรัสประมาณร้อยละ 1.5-2 ของน้ำหนักตัวแห้ง แต่ในกรณีนี้แบคทีเรียสามารถจับฟอสฟอรัสได้สูงถึงร้อยละ 4-12 ของน้ำหนักตัวแห้ง ดังนั้นการทิ้งสลัดจ์ออกในปริมาณเท่ากันจึงเท่ากับสามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้มากกว่าระบบธรรมดา 2.5-4 เท่า ในถังเลี้ยงเชื้อแบบไร้ออกซิเจนจะเกิดปฏิกริยาการหมัก (fermentation) ซึ่งจะย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ให้อยู่ในรูปกรดไขมันระเหยง่าย (Volatile Fatty Acid, VFA) ชนิดที่มีจำนวนคาร์บอนน้อยๆ (ไม่เกิน 5 อะตอม) เช่น กรดน้ำส้มหรือกรดอะซิติก (acetic acid) แบคทีเรียชนิดพิเศษจะสามารถดูดซึมกรด

ไขมันระเหยง่ายดังกล่าวเข้าไปภายในเซลล์และสะสมเป็นอาหารสำรองในรูปพืเอชเอ (polyhydroxyalkanoates, PHA) แบคทีเรียต้องออกแรงในการสะสมพืเอชเอโดยใช้พลังงานจากการสลายตัวของเอทีพี (adenosine triphosphate, ATP) ดังนั้นจึงมีการกำจัดบีโอดี (ดึงวีเอฟเอ จากน้ำเข้าไปเก็บไว้ในตัวเซลล์) พร้อมๆ กับการคายฟอสเฟตในถังเลี้ยงเชื้อแบบไร้ออกซิเจน

ภายในถังเลี้ยงเชื้อแบบแอโรบิกซึ่งอยู่ตามหลังสภาวะที่มีออกซิเจน จึงกระตุ้นให้แบคทีเรียย่อยสลาย พืเอชเอ เพื่อให้ได้เซลล์ใหม่ ออกซิเจนจะถูกดึงเข้าไปในเซลล์เพื่อออกซิไดซ์พืเอชเอ เป็นผลทำให้ได้ คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และเซลล์ใหม่ พร้อมๆ กันก็จะได้พลังงานด้วย พลังงานจะถูกเก็บไว้ในรูปเอทีพี (ATP) โดยการดึงฟอสเฟตจากภายนอกเซลล์มารวมกับเอดีพี (adenosine diphosphate, ADP)

ดังนั้นภายในถังแอโรบิก แบคทีเรียจะดึงฟอสเฟตเข้าไปใช้สร้างพลังงานอย่างรวดเร็ว และในปริมาณที่มากกว่าความต้องการเพื่อใช้สร้างเซลล์ใหม่ ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมของถังไร้ออกซิเจน การกำจัดกรดอะซิติก 1 มิลลิกรัมต่อลิตร (ในรูปซีโอดี) จะมีการคายฟอสฟอรัส 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในถังแอโรบิกนั้นการกำจัดฟอสฟอรัสโดยการจับใช้แบบฟุ่มเฟือย (luxury uptake) อาจเกิดได้มากถึง 2-2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ของฟอสฟอรัส ต่อทุกๆ ซีโอดี 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ในน้ำเสียหรือ 3-4 มิลลิกรัมต่อลิตรของฟอสฟอรัสต่อบีโอดี 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.4.2 กระบวนการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ

กระบวนการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพที่อาศัยปฏิกิริยาแบบจับใช้ฟอสฟอรัสอย่างฟุ่มเฟือย (luxury phosphorus uptake) ประกอบด้วย 3 กระบวนการ (มันสิน ตันฑกุลเวศม์, 2542ก) คือ (1) กระบวนการเอ/โอ (A/O process) (2) กระบวนการฟอสทริป (PhoStrip process) และ (3) กระบวนการเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor, SBR) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.4.2.1 กระบวนการเอ/โอ (A/O process)

กระบวนการนี้สามารถกำจัดบีโอดี และฟอสฟอรัส โดยประกอบด้วยถังเลี้ยงเชื้อ 2 ชนิด คือ ถังไร้ออกซิเจน (anaerobic tank) และถังออกซิก (oxic tank) ดังนั้นระบบนี้จึงคล้ายกับระบบแอกติเวเตดสลัดจ์ทั่วไป แต่ต่างกันที่ระบบนี้มีถังไร้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น ส่วนระบบแอกติเวเตดสลัดจ์ไม่มีถังไร้ออกซิเจน กระบวนการนี้จะได้ผลดีถ้าไม่เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันในถังออกซิก จึงไม่ควรมีไนเตรตในถังไร้ออกซิเจน เพราะจะเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน ทำให้ไม่สามารถกำจัดฟอสเฟตได้

ถ้าพิจารณาในแง่การถ่ายเทอิเล็กตรอนหรือปฏิกิริยารีดอกซ์ของการบำบัดน้ำเสีย ปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบไร้ออกซิเจนในถังแรกของระบบ เอ/โอ จะมีบีโอดีเป็นตัวให้อิเล็กตรอน โดยมีฟอสเฟตเป็นตัวรับอิเล็กตรอน แต่ถ้ามีในเทรต ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะใช้ในเทรตเป็นตัวรับอิเล็กตรอนแทนฟอสเฟต ทำให้การกำจัดฟอสเฟตไม่ได้ผล

2.4.2.2 กระบวนการฟอสทริป (PhoStrip process)

กระบวนการนี้เป็นระบบแอกติเวเตดสลัดจ์ที่ปรับปรุงให้สามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้มากขึ้น ฟอสฟอรัสถูกปล่อยออกมาจากสลัดจ์ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน สลัดจ์บางส่วนจากกันถังตกตะกอนจะถูกส่งมายังถังไร้อากาศ เพื่อให้คายฟอสฟอรัสให้กับน้ำ จากนั้นจึงนำเอาน้ำทิ้งส่วนนี้มาเติมปูนขาวเพื่อให้เกิดการตกผลึกของแคลเซียมไฮดรอกซีอะพาไทต์ [Calcium Hydroxyapatite ($\text{Ca}_5\text{OH}(\text{PO}_4)_3$)]

2.4.2.3 กระบวนการเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor, SBR)

การกำจัดฟอสฟอรัสแบบชีวภาพด้วยวิธีการจับใช้อย่างฟุ่มเฟือย (luxury uptake) อาจทำได้โดยใช้กระบวนการเอสบีอาร์ (SBR) ซึ่งใช้ถังเลี้ยงเชื้อเพียงถังเดียวที่ทำหน้าที่เป็นทั้งถังไร้ออกซิเจน (anaerobic tank) และถังออกซิก (oxic tank) การคายฟอสฟอรัสและกำจัดบีโอดีจะเกิดขึ้นในช่วงไร้ออกซิเจนและตามด้วยการจับฟอสฟอรัส ออกซิเดชันของบีโอดีและไนตริฟิเคชัน ในช่วงเติมออกซิเจน น้ำทิ้งที่ปล่อยออกจะมีฟอสฟอรัสประมาณ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือน้อยกว่า เนื่องจากมีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้น การเริ่มวัฏจักรทำงานใหม่ของระบบนี้ จึงต้องเริ่มด้วยปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันในช่วงแอน็อกซิก ก่อนการกำจัดฟอสฟอรัสจึงจะได้ผล

2.5 การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพทั่วไปใช้เพื่อกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนหรือบีโอดี ออกจากน้ำเสีย ระบบดังกล่าวจะมีความสามารถในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ได้บ้าง ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ที่ถูกกำจัดไปจะเป็นส่วนที่แบคทีเรียใช้ไปในการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตามผู้ออกแบบสามารถออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพให้สามารถกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ได้มากพร้อมกับการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอน เรียกระบบแบบนี้ว่าระบบเบ็ดเสร็จ (integrated system)

ระบบเบ็ดเสร็จ (integrated system) ดังกล่าวเป็นระบบชีวภาพ ซึ่งอาจเป็นระบบ แอคติเวเตดสลัดจ์ หรือ ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (rotating biological contactor, RBC) หรือระบบ อื่นๆ ที่อาจมีการเติมสารเคมีเพื่อช่วยในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และอาจต้องมีการใช้ ถังกรองน้ำอีกด้วย ทั้งนี้เพื่อให้ได้น้ำทิ้งสุดท้ายที่มีไนโตรเจนทั้งหมดน้อยกว่า 2-3 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟอสฟอรัสน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

ในปัจจุบันระบบเบ็ดเสร็จ (integrated system) ที่มีระบบแอคติเวเตดสลัดจ์ เป็นส่วน ประกอบได้ถูกนำมาใช้ในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และเป็นระบบที่นิยมใช้กันมากที่สุด ปฏิริยาที่สำคัญในการกำจัดไนโตรเจนได้แก่ ไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชัน ปฏิริยาชีวเคมีที่ สำคัญในการกำจัดฟอสฟอรัสคือ ปฏิริยาการจับใช้อย่างฟุ่มเฟือย (luxury uptake) ซึ่งเกิดกับ ฟอสฟอรัสโดยเฉพาะ นอกจากนี้อาจมีการเติมสารเคมี เช่นไฮดรอกไซด์ของอะลูมิเนียม ไฮดรอกไซด์ของ เหล็ก หรือปูนขาว เพื่อช่วยในการกำจัดฟอสฟอรัสที่เหลือ และอาจใช้ถังกรองน้ำเพื่อกรองเอา ตะกอนผลึกฟอสเฟตออกจากน้ำทิ้งสุดท้ายให้เหลือน้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

กระบวนการต่างๆ ที่ใช้ในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสพร้อมๆ กับกำจัดบีโอดี ในปัจจุบัน มีดังนี้คือ (1) กระบวนการบาร์เดนโฟดัดแปลง (Modified Bardenpho) (2) กระบวน การเอทูโอ (A^2/O process) (3) กระบวนการยูซีที (UCT process) (4) กระบวนการยูซีทีดัดแปลง (modified UCT process) (5) กระบวนการฟอสทริป II (PhoStrip II process) และ (6) กระบวน การเอสบีอาร์ (SBR process) กระบวนการต่างๆ เหล่านี้อาศัยปฏิริยาไนตริฟิเคชันและ ดีไนตริฟิเคชันในการกำจัดไนโตรเจนและบีโอดี ส่วนการกำจัดฟอสฟอรัสนั้นมี 2 วิธี คือ วิธีชีวภาพ (ใช้กลไกจับใช้อย่างฟุ่มเฟือย) และวิธีเคมี

2.6 การกำจัดฟอสฟอรัสทางเคมี

กลไกการกำจัดฟอสฟอรัสทางเคมี ประกอบด้วยปฏิริยาตกผลึก (precipitation) ปฏิริยาโคแอกกูเลชันและการดูดติดผิว สารเคมีที่ใช้ในการกำจัด ฟอสฟอรัส อาจเป็นสารใดสาร หนึ่ง (มันซิน ดันซูลเฟต, 2542g) ดังนี้ คือ (1) สารส้ม (aluminum sulfate หรือ alum) หรือ sodium aluminate (2) เหล็กของเหล็ก เช่น $FeCl_3$ และ (3) ปูนขาว (lime)

การเติมสารเคมีดังกล่าว จะทำให้เกิดปฏิริยาตกผลึกของฟอสฟอรัสในรูปต่างๆ เช่น $AlPO_4$, $FePO_4$ หรือ $Ca_5OH(PO_4)_3$ ผลึกฟอสเฟตเหล่านี้เป็นคอลลอยด์ขนาดเล็ก ซึ่ง สามารถจับ ตัวกันเป็นฟล็อก คอลลอยด์ฟอสเฟตจะเกาะจับกับสารประกอบฟอสเฟต (ที่จะเกิดจากปฏิริยา ตกผลึก) ทำให้ได้ฟล็อกขนาดใหญ่ สารอินทรีย์ฟอสฟอรัสจะถูกดูดติดผิวของฟล็อกที่เกิดขึ้น

2.6.1 การกำจัดฟอสฟอรัสด้วยสารส้ม

เมื่อเติมสารส้มลงในน้ำเสียจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างสารส้มกับสภาพต่าง หรือ HCO_3^- ในน้ำเสีย ทำให้เกิดผลึกของ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ดังนี้



ถ้าในน้ำฟอสเฟตจะเกิดปฏิกิริยาดังนี้



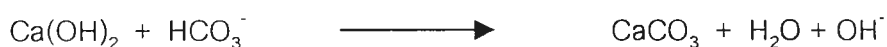
ปฏิกิริยาข้างต้นเป็นการกำจัดฟอสเฟตออกจากน้ำ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ที่เกิดขึ้นจะช่วยให้การกำจัดสารแขวนลอยขนาดเล็กซึ่งเป็นคอลลอยด์ที่อยู่ในน้ำเสียหรือเป็นคอลลอยด์ของ AlPO_4 ที่เกิดขึ้นภายหลัง ปริมาณสารส้มจะต้องมีมากพอสำหรับปฏิกิริยาข้างต้น ตามทฤษฎีจะต้องเติมไอออนของอะลูมิเนียม ประมาณร้อยละ 87-100 ของปริมาณฟอสเฟตที่ต้องการกำจัด ถ้าสารส้มมีไอออนของอะลูมิเนียม ร้อยละ 9 จะต้องใช้สารส้มประมาณ 9.5-11 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อกำจัดฟอสเฟต 1 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างไรก็ตาม เนื่องจากสารส้มจะทำปฏิกิริยากับ HCO_3^- ที่มีอยู่ตามปกติในน้ำเสีย ปริมาณสารส้มที่ต้องใช้ในการกำจัดฟอสเฟตจึงสูงกว่าค่าตามทฤษฎีเสมอ ในทางปฏิบัติการเติมไอออนของอะลูมิเนียมประมาณร้อยละ 200-300 ของปริมาณฟอสฟอรัสที่ต้องการกำจัด ปริมาณที่แท้จริงของสารส้ม (หรือสารเคมีอื่นๆ) จะขึ้นอยู่กับระดับฟอสเฟตที่ต้องการให้เหลือ และขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำเสีย

2.6.2 การกำจัดด้วยเหล็ก

ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในการกำจัดฟอสเฟตด้วยเกลือของเหล็ก (เช่น FeCl_3) คล้ายกับของสารส้ม ฟอสเฟตจะตกผลึกในรูปของ FePO_4 ตามทฤษฎีนั้นจะต้องใช้เหล็ก (Fe) 1.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการกำจัดฟอสฟอรัสทุกๆ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ในทางปฏิบัติจะต้องเติมเหล็กให้มากกว่าค่าตามทฤษฎีไม่น้อยกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชนจะต้องใช้เหล็ก ประมาณ 15-30 มิลลิกรัมต่อลิตร (เท่ากับ FeCl_3 45-90 มิลลิกรัมต่อลิตร) เพื่อ กำจัดฟอสเฟตให้ได้ร้อยละ 80-90 และการเติมโพลีเมอร์เพื่อให้ฟล็อกของเหล็กฟอสเฟตตกตะกอนได้ง่ายมากขึ้น

2.6.3 การกำจัดฟอสฟอรัสด้วยปูนขาว

ปูนขาวทำปฏิกิริยากับสภาพต่างในน้ำหรือ HCO_3^- ในน้ำเสีย และสร้างหินปูน (CaCO_3) ซึ่งสามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้ดังนี้



ออร์โทฟอสเฟตถูกกำจัดออกมาในรูปแบบของแคลเซียมไฮดรอกซีอะพาไทต์ [calcium hydroxyapatite ($\text{Ca}_5\text{OH(PO}_4)_3$)] การกำจัดฟอสฟอรัสด้วยปูนขาวไม่ได้เกิดขึ้นโดยอาศัยปฏิกิริยาข้างต้นเท่านั้น โพลีฟอสเฟตอาจถูกกำจัดโดยกระบวนการดูดติดผิว (adsorption) ของ ไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite) ที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ เมื่อพีเอชต่ำกว่า 11.5 ฟอสเฟตยังสามารถติดผิวของหินปูนได้อีกด้วย เนื่องจากความสามารถในการละลายน้ำของไฮดรอกซีอะพาไทต์ ลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อพีเอชมีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสจึงสูงขึ้นตามค่าของพีเอชที่เพิ่มขึ้น อาจกล่าวได้ว่าออร์โทฟอสเฟต ตกผลึกได้ทั้งหมดเมื่อพีเอชสูงกว่า 11.5

2.6.4 ตำแหน่งที่เติมสารเคมี

สารเคมีที่ใช้กำจัดฟอสฟอรัส อาจเติมให้กับระบบแอกติเวเตดสลัดจ์ ได้ที่ตำแหน่งต่างๆ คือ ถังตกตะกอนขั้นต้น ถังเติมอากาศ นอกจากนี้การกำจัดฟอสฟอรัสอาจทำได้โดยการบำบัดน้ำทิ้งสุดท้ายของระบบแอกติเวเตดสลัดจ์ด้วยระบบเคมี การกำจัดฟอสฟอรัสด้วยวิธีเคมีสามารถผลิตน้ำทิ้งที่มีฟอสฟอรัสเหลืออยู่ประมาณ 1-3 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมี และตำแหน่งเติมสารเคมี หากต้องการกำจัดฟอสฟอรัสให้ได้มากกว่านี้ จะต้องใช้ถังกรองด้วย

ในกรณีที่มีการเติมสารส้ม หรือเกลือของเหล็กให้กับระบบแอกติเวเตดสลัดจ์ ต้องระวังไม่ให้เกิดตะกอนแขวนลอยจากปฏิกิริยาเคมีมากเกินไป และต้องไม่เกิดฟล็อกเคมี มากกว่าฟล็อกชีวภาพ (แบคทีเรีย)

2.7 คอนกรีต (concrete)

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เพราะมีความเหมาะสมทั้งด้านราคาและคุณสมบัติต่างๆ คอนกรีตประกอบด้วยส่วนผสมสองส่วนคือ (1) วัสดุประสาน ได้แก่ ปูนซีเมนต์กับน้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต ผสมกับ (2) วัสดุผสม ได้แก่

ทราย หินหรือกรวด โดยเมื่อนำส่วนผสมต่างๆ เหล่านี้มาผสมกัน จะมีชื่อเรียกเฉพาะ ดังนี้ คือ ปูนซีเมนต์ผสมน้ำและน้ำยาผสมคอนกรีต เรียกว่าซีเมนต์เพสต์ (cement paste) ซีเมนต์เพสต์ ผสมกับทราย เรียกว่ามอร์ต้า (mortar) และเมื่อนำมอร์ต้าผสมกับหินหรือกรวด เรียกว่า คอนกรีต (ชัชวาล เศรษฐบุต, 2536) นอกจากนี้ในเนื้อคอนกรีตอาจมีสารผสมเพิ่ม (admixture) เช่นสารเคมีผสมเพิ่ม (chemical admixture) หรือสารผสมเพิ่มแบบแร่ธาตุ (mineral admixture) ที่ใช้เติมลงในส่วนผสมเพื่อปรับปรุงให้คอนกรีตสดหรือคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วมีคุณสมบัติอื่นที่ต้องการ เช่น ทำให้คอนกรีตสดมีความสามารถเทได้ดีขึ้น หรือก่อตัวช้าลง เป็นต้น (วินิต ช่อวิเชียร, 2539)

คอนกรีตธรรมดาทั่วไปจะมีปริมาตรของซีเมนต์เพสต์ประมาณร้อยละ 25-40 ซึ่งแยกเป็นปริมาตรของปูนซีเมนต์ น้ำ และฟองอากาศที่แทรกอยู่ในช่องว่างอากาศประมาณร้อยละ 7-15, 14-21 และ 0.5-3 ตามลำดับ ส่วนที่เหลือเป็นวัสดุผสมประมาณร้อยละ 60-80

2.7.1 ปูนซีเมนต์ (cement)

ปูนซีเมนต์ เป็นผลผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบดปูนเม็ด ซึ่งเป็นผลึกที่เกิดจากการเผาส่วนต่างๆ (หินปูนหรือดินปูนขาว กับดินเหนียว หรือหินดาน) จนรวมตัวผสมกันสุกพอดี มีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญคือ แคลเซียมและอลูมิเนียมซิลิเกต

2.7.1.1 วัตถุดิบในการผลิต

วัตถุดิบที่สำคัญที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์อาจจำแนกได้เป็นสองประเภทคือ (1) ประเภทที่ใช้ธาตุแคลเซียมเป็นส่วนใหญ่ (calcareous materials) ซึ่งอยู่ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต เช่น หินปูน (limestone) ดินสอพองหรือชอล์ค (chalk) ดินปูนขาว (marl) (2) ประเภทที่ให้ออกไซด์ของธาตุซิลิคอน (SiO_2) เช่น ดินดานหรือหินเชล (shale) ดินดำหรือดินเหนียว (clay) และหินชนวน (slate) แต่ในบางครั้งวัตถุดิบทั้งสองดังกล่าวอาจมีปริมาณธาตุที่ต้องการน้อยเกินไป หรือมีปริมาณธาตุอื่นมากเกินไป จึงต้องปรับส่วนผสมให้พอเหมาะเพื่อให้ได้ปูนซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติตามต้องการ เช่น (ก) เพิ่มปริมาณแร่เหล็ก (iron ore) ซึ่งมีอยู่มากในศิลาแลง (laterite) เมื่อหินเชลหรือดินเหนียวที่จะใช้มีปริมาณของเหล็กต่ำ (ข) ใช้วัตถุดิบที่มีธาตุเหล็กน้อยลง เพื่อผลิตปูนซีเมนต์ขาว และ (ค) เติมยิบซัม (gypsum) เพื่อเป็นสารหน่วงการก่อตัวโดยผสมรวมกับปูนเม็ดจากเตาเผา เป็นต้น

2.7.1.2 กรรมวิธีการผลิต

กรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์ จำแนกออกตามลักษณะของวัตถุดิบที่นำมาใช้ได้เป็นกรรมวิธีการผลิตแบบเปียก (wet process) และกรรมวิธีการผลิตแบบแห้ง (dry process) วัตถุดิบในกรรมวิธีการผลิตแบบเปียก ได้แก่ ดินสอพองและดินเหนียว นำมาผสมกันให้ได้สัดส่วนพอเหมาะตามต้องการ โดยเติมน้ำลงไปแล้วนำไปบดให้ละเอียด ก่อนที่จะป้อนเข้าไปในหม้อเผา (kiln) ส่วนวัตถุดิบในกรรมวิธีการผลิตแบบแห้งนั้น ได้แก่ หินปูนและดินดาน ถูกนำมาผสมกันในสภาพแห้งๆ ให้ได้สัดส่วนที่ต้องการ แล้วบดให้ละเอียด ก่อนที่จะป้อนเข้าไปในหม้อเผา เมื่อส่วนผสมของวัตถุดิบบดได้ที่แล้วก็จะถูกป้อนเข้าสู่หม้อเผา แล้วทิ้งให้เย็นตัว แล้วนำมาบดให้ละเอียดอีกครั้ง โดยเติมยิบซั่มลงไปเล็กน้อยขณะบด เพื่อหน่วงเวลาการแข็งตัวของปูน ทำให้สะดวกต่อการนำไปใช้งาน สำหรับกรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์ในประเทศไทย ในปัจจุบันนิยมผลิตแบบแห้ง ซึ่งจัดเป็นกรรมวิธีการผลิตที่ทันสมัยที่สุด ไม่ยุ่งยาก สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อย

เมื่อเผาวัตถุดิบของปูนซีเมนต์ ซึ่งได้แก่ สารออกไซด์ของธาตุแคลเซียม ซิลิกอน อลูมิเนียม และเหล็ก สารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยาทางเคมีและรวมตัวกันเป็นสารประกอบอยู่ในปูนเม็ดในรูปของผลึกละเอียดมาก สารประกอบที่สำคัญ 4 อย่าง ได้แก่ ไตรแคลเซียมซิลิเกต ($\text{tricalcium silicate, } 3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) ไดแคลเซียมซิลิเกต ($\text{dicalcium silicate, } 2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) ไตรแคลเซียม อลูมิเนต ($\text{tricalcium aluminate, } 3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$) และเตตราแคลเซียม อลูมิโนเฟอร์ไรท์ ($\text{tetracalcium aluminoferrite, } 4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$) โดยมีชื่อย่อดังนี้คือ C_3S , C_2S , C_3A และ C_4AF

2.7.1.3 ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ตามมาตรฐานทั่วไป ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ แบ่งออกเป็น 5 ประเภท คือ (1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา เป็นปูนซีเมนต์ที่ผลิตใช้มากที่สุด ใช้ในการทำคอนกรีตทั่วไปที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตราช้าง ตราเพชร เป็นต้น (2) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง เหมาะกับการใช้งานคอนกรีตที่เกิดความร้อนและทนซัลเฟตได้ปานกลาง ในปัจจุบันไม่มีการผลิตแล้วในประเทศไทย (3) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทให้กำลังอัดเร็ว เป็นปูนซีเมนต์ที่ให้กำลังอัดสูงในระยะแรก เหมาะกับการทำคอนกรีตที่ต้องการจะใช้งานเร็วหรือถอดไม้แบบในเวลาสั้น ได้แก่ ปูนปอร์ตแลนด์ ตราเอราวัณ ตราสามเพชร ตราพญานาคสีแดง (4) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทเกิดความร้อนต่ำ เหมาะกับการใช้งานคอนกรีตหยาบ เช่น เชื้อเพลิง เนื่องจากอุณหภูมิของคอนกรีตขณะก่อตัวต่ำกว่าปูนซีเมนต์ชนิดอื่น ปัจจุบันไม่มีการผลิตปูนประเภทนี้ในประเทศไทย และ (5) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภททนซัลเฟตได้สูง จะมี C_3A ต่ำ เพื่อป้องกันไม่ให้ซัลเฟตจากภายนอกมาทำลายเนื้อคอนกรีต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราช้างฟ้าและตราปลาฉลาม

2.7.1.4 ปฏิกริยาไฮเดรชัน

เมื่อปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำ จะเกิดปฏิกริยาเคมีระหว่างสารประกอบในปูนซีเมนต์กับน้ำ เรียกว่า ปฏิกริยาไฮเดรชัน (hydration) สารประกอบ C_3S และ C_2S ที่อยู่ในผงปูนซีเมนต์จะทำปฏิกริยากับน้ำ ได้สารประกอบแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ($3CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O : C_3S_2H_3$) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$ หรือ $(CaO \cdot H_2O : CH)$)

สารประกอบแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ทำให้ซีเมนต์เพสต์เกิดเป็นวุ้น (gel) มีคุณสมบัติเป็นตัวประสาน มีความเหนียวคล้ายกาว ก่อตัว แข็งตัวและยึดเกาะแน่นกับวัสดุ ส่วนแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ทำให้ซีเมนต์เพสต์มีคุณสมบัติเป็นด่าง ช่วยป้องกันการเกิดสนิมในเหล็กเสริม

2.7.2 วัสดุผสม (aggregates)

วัสดุผสม คือวัสดุเฉื่อย ได้แก่ หิน ทราย กรวด ที่เป็นส่วนผสมที่สำคัญของคอนกรีต เนื่องจากวัสดุผสมมีปริมาตรร้อยละ 70-80 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด ดังนั้นคุณภาพของคอนกรีตจึงขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัสดุผสมอย่างมาก

วัสดุผสมจำแนกตามขนาดได้เป็น 2 ประเภท คือ วัสดุผสมละเอียด (fine aggregates) และวัสดุผสมหยาบ (coarse aggregates) วัสดุผสมละเอียด หมายถึง ทราย ซึ่งเป็นวัสดุผสมที่มีขนาดเล็กกว่า 4.5 มิลลิเมตร แต่ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 0.07 มิลลิเมตร ส่วนวัสดุผสมหยาบเป็นวัสดุที่มีขนาดโตตั้งแต่ 4.5 มิลลิเมตร ขึ้นไป ได้แก่ กรวด หินย่อยหรือหินไม่

คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุผสม มีผลต่อคุณภาพของคอนกรีต สัดส่วนผสมของคอนกรีต และราคาของคอนกรีต หิน ทราย ที่จะนำมาใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีต ต้องสะอาด แข็งแกร่ง ทนทาน มีเหลี่ยมคม ไม่ขยายตัวมาก มีสารหรือสิ่งสกปรกที่จะทำให้คอนกรีตเสื่อมคุณภาพน้อยที่สุด มีส่วนขนาดละเอียดอยู่ภายใต้พิภักกำหนด ซึ่งจะช่วยให้คอนกรีตมีเนื้อแน่น สม่ำเสมอ คุณภาพดี และประหยัด

2.7.3 น้ำ

ปริมาณและคุณภาพของน้ำ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อกำลังอัดของคอนกรีต โดยทำหน้าที่ 3 ประการ คือ (1) ใช้ผสมกับปูนซีเมนต์เพื่อให้เกิดปฏิกริยาไฮเดรชัน รวมทั้งทำให้คอนกรีตมีความสามารถในการเทได้ (2) ใช้บ่มคอนกรีตให้มีกำลังเพิ่มขึ้น และ (3) ใช้ล้างมวลรวมที่สกปรก

สิ่งเจือที่ส่งผลเสียต่อคุณภาพคอนกรีตมี 3 ประเภท คือ ตะกอน สารละลายอินทรีย์ และสารละลายอินทรีย์ หากมีสิ่งเจือปนน้อย ก็จะไม่เกิดผลเสียร้ายแรง แต่ถ้าในน้ำที่ผสมคอนกรีตมีสิ่งเจือปนอยู่มาก อาจก่อปัญหาทางด้านคุณภาพ ได้แก่ กำลังและความทนทานของคอนกรีตลดลง เวลาการก่อตัวเปลี่ยนแปลงไป คอนกรีตเกิดการหดตัวมากกว่าปกติ และอาจมีการละลายของสารประกอบในคอนกรีตออกมาแข็งตัวบนผิวหน้า

2.7.4 สารผสมเพิ่ม (admixture)

สารผสมเพิ่ม หมายถึงสารอื่นๆ นอกเหนือจากปูนซีเมนต์ วัสดุผสมและน้ำ ที่ใช้เติมลงในส่วนผสมของคอนกรีต ไม่ว่าจะก่อนหรือในขณะที่กำลังผสมเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตให้ดีขึ้น

สารผสมเพิ่มมีหลายชนิด แต่สามารถจำแนกสารผสมเพิ่มหลักๆ ออกไปเป็น 4 ประเภท คือ (1) สารเพิ่มฟองอากาศ เป็นสารอินทรีย์ละลายน้ำ ช่วยเพิ่มปริมาณฟองอากาศในเนื้อคอนกรีต ได้แก่ สารกระจายกักฟองอากาศ ที่อาจทำมาจากยางไม้ ไชมัน หรือน้ำมันสัตว์ น้ำมันพืช หรือจากกรดซึ่งได้มาจากยางไม้หรือไขมันสัตว์และพืช เป็นต้น (2) สารเคมีผสมเพิ่ม เป็นสารประกอบเคมีละลายน้ำ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตสด ได้แก่ สารลดปริมาณน้ำ สารหน่วงการก่อตัว สารเร่งการก่อตัว สารลดปริมาณน้ำและเร่งหรือหน่วงการก่อตัว สารลดปริมาณน้ำในอัตราสูงและการหน่วงการก่อตัว (3) สารผสมเพิ่มแบบแร่ธาตุ เป็นวัสดุผงละเอียด เพื่อปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตสดและคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว อาจเรียกสารผสมนี้ว่า วัสดุผสมเพิ่ม เนื่องจากใช้ช่วยปรับส่วนขนาดคละของวัสดุผสมให้ดีขึ้น และยังช่วยลดปริมาณปูนซีเมนต์ลงได้บางส่วน สารผสมนี้อาจทำหรือไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับซีเมนต์เฟสท์ ได้แก่ วัสดุแร่ธาตุเฉื่อย วัสดุปอชโซลาน ซิลิกาฟูม และ (4) สารผสมเพิ่มอื่นๆ ได้แก่สารเพิ่มการยึดเหนี่ยว สารลดการกัดกร่อน สารเพิ่มการขยายตัว สารกันซึม เป็นต้น

2.8 หินแกรนิต (granite)

หินแกรนิต (granite) เป็นหินอัคนี (igneous rocks) ที่มีกำเนิดภายใต้พื้นผิวโลก จึงเป็นหินที่มีเนื้อหยาบผลึกเกาะกันแน่นเห็นได้ชัดเจน โดยทั่วไปเป็นหินสีจาง เพราะแร่ที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแร่เฟลด์สปาร์ (feldspar) พวกออร์โทเคลส (orthoclase) ประมาณร้อยละ 60 แร่ควอตซ์ (quartz) หรือแร่เขี้ยวหนูมาน ประมาณร้อยละ 30 นอกจากนี้ยังมีแร่ที่มีสีเข้ม ได้แก่ แร่ฮอร์นเบนด์ (hornblende) โบอิไทด์ (biotite) และทัวร์มาลีน (tourmaline) อีกประมาณร้อยละ 10 แทรกกระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อหิน (สง่า ตั้งชวาล, 2541) หินชนิดนี้มีลักษณะเด่นคือ

จุดหรือมลทินที่มีพื้นสีขาวหรือสีเทาของแร่เฟลด์สปาร์และแร่ควอร์ตซ์ และมีลวดลายเลื่อมแพรวพรายด้วยสีดำของแผ่นไมก้า (mica plate) และแร่ฮอร์นเบลนด์ ที่เป็นผลึกรูปเข็ม จึงเป็นหินที่มีเนื้อสวยงาม และเมื่อขัดเงาก็จะสวยงามยิ่งขึ้น รวมทั้งมีความทนทานนานนับพันๆ ปี นอกจากนี้ยังมีความคงทนต่อการผุพัง (weathering) และการกร่อน (erosion) อีกด้วย จึงมีการนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างกว้างขวาง ทั้งเป็นหินประดับตกแต่ง และหินก่อสร้างอาคาร ใช้ปูอาคาร หรือใช้ทำอนุสาวรีย์ รวมทั้งให้ทำครก

2.8.1 แร่ควอร์ตซ์

แร่ควอร์ตซ์ เป็นแร่ประกอบหินอันหนึ่งที่สำคัญมาก โดยเฉพาะในหินแกรนิต มีสูตรทางเคมีคือ SiO_2 ปกติมีสีขาวขุ่น แต่ก็พบที่ใสไม่มีสีด้วย หรืออาจพบที่มีสีเขียว ชมพู ม่วง มีค่าความแข็ง 7 ขูดกระจกเป็นรอย (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541) แร่ชนิดนี้มีโครงสร้างแบบเทคโทซิลิเกต (tectosilicate) เช่นเดียวกับแร่เฟลด์สปาร์ มีความแข็งสูง และไม่มีแนวแตก (cleavage) เพราะการจับตัวระหว่างซิลิคอนและออกซิเจน แข็งแรงมาก โดยปกติพบแร่ควอร์ตซ์ในหินเกือบทุกชนิด และยังพบในทรายซึ่งใช้ในการก่อสร้างอีกด้วย (ทวีศักดิ์ ระมิงวงศ์ และชาญตันติกฤติ, 2521)

2.8.2 แร่เฟลด์สปาร์ (feldspar)

แร่เฟลด์สปาร์ หรือแร่พื้นม้า เป็นแร่ประกอบหินที่สำคัญที่สุดแร่หนึ่งในกลุ่มแร่ซิลิเกต [กลุ่มแร่ซิลิเกต เป็นกลุ่มแร่ส่วนใหญ่ที่ประกอบกันเป็นเปลือกโลก (ประมาณร้อยละ 92) มีองค์ประกอบหลักคือ ซิลิคอน และออกซิเจน ธาตุทั้งสองนี้จับตัวกันเป็นหน่วยโครงสร้างรูปทรงสี่หน้า (SiO_4 tetrahedra) โครงสร้างนี้อาจเกิดเป็นอิสระ เป็นกลุ่ม เป็นลูกโซ่ หรือเป็นแผ่น โดยทั่วไปมีธาตุโลหะอื่นรวมอยู่ด้วย การจำแนกกลุ่มของซิลิเกตใช้โครงสร้างของผลึกเป็นหลัก] โดยมีโครงสร้างแบบเทคโทซิลิเกต (tectosilicate) ซึ่งมีหน่วยโครงสร้างรูปทรงสี่หน้ายึดติดกัน 3 ทิศทาง แต่ละหน่วยโครงสร้างใช้ออกซิเจนร่วมกัน 4 อะตอม อัตราส่วนของ ซิลิคอน:ออกซิเจน เท่ากับ 1:2 โครงสร้าง SiO_2 มีประจุเป็นกลางจึงไม่มีหน่วยโครงสร้างอื่นเข้ามาแทรกได้ แร่ที่มีโครงสร้างแบบนี้จึงเสถียรที่สุด แต่อาจมีอะลูมิเนียมเข้ามาแทนที่ซิลิคอนเป็น $(\text{Si,Al})\text{O}_2$ เมื่อมีการแทนที่ Si^{4+} ด้วย Al^{3+} ประจุจะไม่เป็นกลาง จำเป็นต้องมีไอออนบวกอื่นมาแทนที่ เช่น Na, K กลุ่มแร่เฟลด์สปาร์ (feldspar group) ประกอบด้วยอนุกรมแร่ 2 อนุกรม คือ อนุกรมแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ (K-feldspar series) ที่ประกอบด้วยแร่ 2 ชนิด คือ ไมโครไคลน์ [microcline, $\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$] และออร์โทเคลส [orthoclase, $\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$] และอนุกรมแร่แพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ (plagioclase

feldspar series) ที่ประกอบด้วยแร่ 2 ชนิด คือ แอลไบต์ [calbite, $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$] และอะนอร์ไทต์ [anorthite, $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$]

2.9 การกรอง

แต่เดิมมีการใช้ระบบกรองน้ำในงานประปาเท่านั้น แต่ต่อมาได้มีการนำระบบกรองน้ำมาใช้เพิ่มคุณภาพของน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดขั้นที่สองแล้ว โดยใช้กรองน้ำทิ้งที่เหลือออกจากถังตกตะกอนที่ ทำให้สามารถลดค่าปริมาณตะกอนแขวนลอย และค่าบีโอดีลงได้มาก นอกจากนี้ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียเพื่อกำจัดหรือแยกฟอสฟอรัสออกจากน้ำเสีย ก็สามารถใช้ระบบกรองน้ำช่วยแยกตะกอนเคมีที่เกิดขึ้นได้ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

2.9.1 กลไกการกรองน้ำ

การกรองเป็นการเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยในน้ำมาไว้บนสารกรองหรือมาไว้ที่ช่องว่างระหว่างสารกรอง ดังนั้นกลไกในการกรองน้ำจึงเกี่ยวข้องกับกลไกที่สำคัญ 2 กลไก (มันสิน ตันกุลเวศม์, 2542ข) คือ (1) การเคลื่อนย้าย (transport) สารแขวนลอยในน้ำให้เข้าไปหาสารกรอง ซึ่งอยู่กับที่ และ (2) การทำให้สารแขวนลอยเกาะจับอยู่กับสารกรอง หรือสิ่งที่ติดอยู่บนสารกรองก่อนแล้ว (attachment)

2.9.1.1 กลไกการเคลื่อนย้ายเข้าหาสารกรอง (transport mechanisms)

การกรองผ่านชั้นสารกรอง สารแขวนลอยเคลื่อนที่เข้าหาสารกรองได้ 2 วิธี โดยวิธีแรกเป็นการเคลื่อนที่ตามธรรมชาติของสารที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน และเป็นการเคลื่อนที่ในระดับโมเลกุลที่เกิดจากการแพร่กระจายแบบบราวเนียน (brownian diffusion) วิธีที่สองเป็นการเคลื่อนที่ตามเส้นทางการไหลของน้ำ (interception) ในขณะที่ผ่านช่องว่างขนาดเล็ก นอกจากนี้สารแขวนลอยขนาดใหญ่อาจตกตะกอน (sedimentation) ในทิศทางที่เคลื่อนที่เข้าหาสารกรองได้ จึงเห็นได้ว่า ขนาดและการกระจายขนาดของสารแขวนลอย มีความสำคัญต่อกลไกการเคลื่อนย้ายมาก กล่าวคือเมื่อขนาดของสารแขวนลอยเล็กกว่า 1 ไมครอน ประสิทธิภาพของการเคลื่อนย้ายจะแปรผันกับขนาด นั่นคือการแพร่กระจายทำให้สารขนาดเล็กเคลื่อนที่ได้มากกว่า และมีโอกาสวิ่งเข้าหาสารกรองได้มากกว่าสารขนาดใหญ่ แต่เมื่อสารมีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน จะมีการแพร่กระจายในระดับโมเลกุลน้อยมากจนไม่มีนัยสำคัญ ขนาดและน้ำหนักของสารแขวนลอยจะเข้ามามีบทบาทสำคัญในการสร้างกลไกแบบตกตะกอน (sedimentation) และติดค้าง (straining) ดังนั้นประสิทธิภาพของการเคลื่อนย้ายจึงแปรตามตรงกับขนาดของสารแขวนลอย เนื่องจากสาร

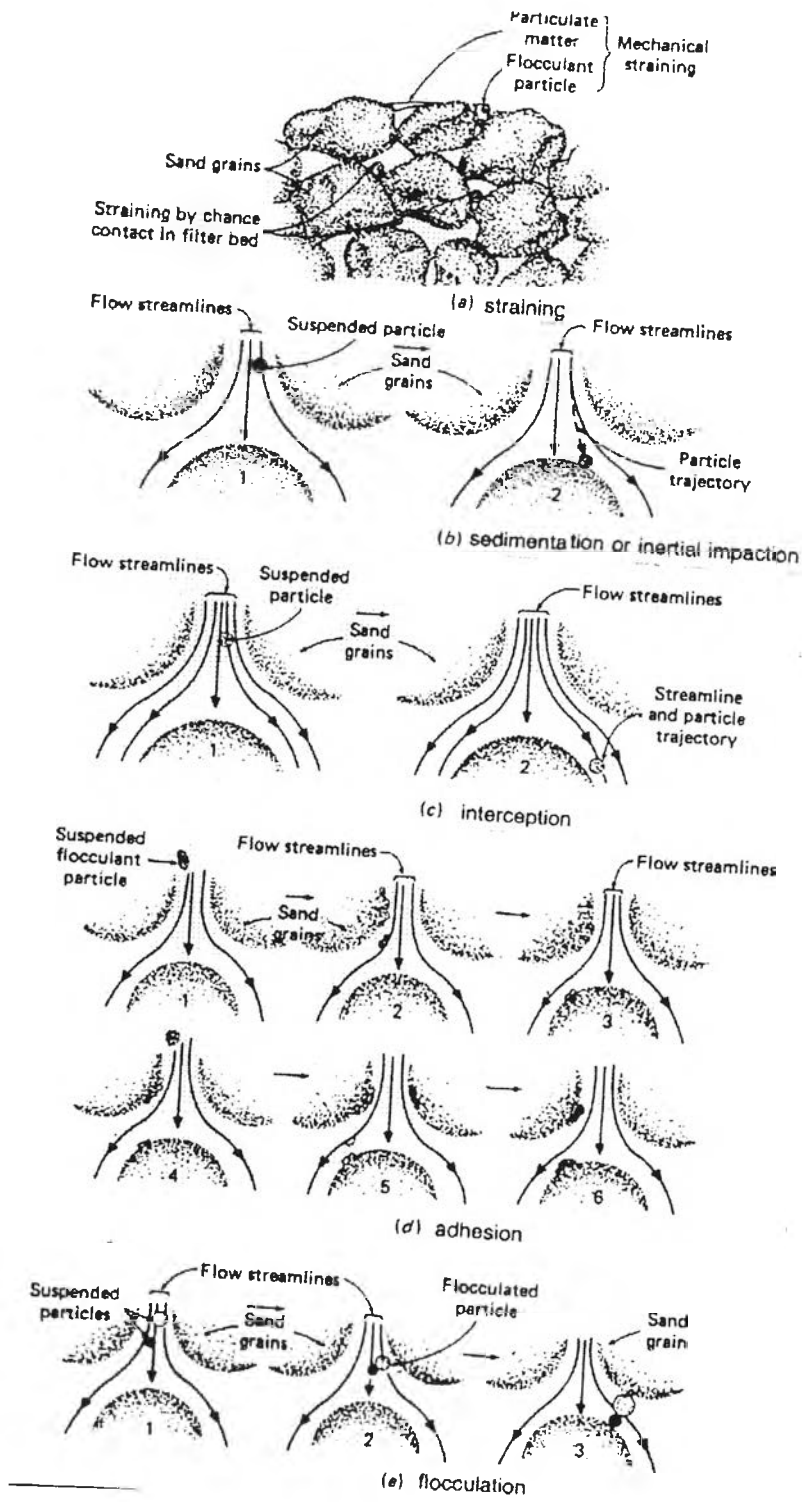
แขวนลอยขนาดใหญ่มีน้ำหนักมากและมีปริมาณมาก จึงตกตะกอนหรือติดค้างสารกรองได้ง่าย จะเห็นได้ว่าสารแขวนลอยที่มีขนาดประมาณ 1 ไมครอน กรองออกได้ยากกว่าสารขนาดอื่น

2.9.1.2 กลไกการจับสารแขวนลอย (attachment mechanisms)

สารแขวนลอยขนาดใหญ่อาจตกตะกอนและเกาะติดอยู่บนสารกรอง หรืออาจตกค้างอยู่ในช่องว่างระหว่างสารกรอง ทำให้สามารถกรองออกจากรุ่น้ำได้ อย่างไรก็ตามเครื่องกรองสามารถกำจัดคอลลอยด์ขนาดเล็กออกจากน้ำได้ด้วย โดยประกอบด้วยหลายกลไกด้วยกัน การกรองน้ำต้องอาศัยกลไกแบบที่ใช้ในกระบวนการโคแอกกูเลชันด้วย กลไกดังกล่าวคือ การดูดติดผิว (adsorption) และทำลายประจุไฟฟ้าของคอลลอยด์ให้เป็นกลาง (charge neutralization) การดูดติดผิวเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้คอลลอยด์สามารถเกาะจับอยู่บนสารกรอง หรือบนสิ่งอื่นที่จับบนสารกรองอยู่ก่อนแล้ว อย่างไรก็ตามสารกรองและคอลลอยด์มักมีประจุลบทั้งคู่ จึงต้องมีการทำลายประจุไฟฟ้าของสารตัวใดตัวหนึ่งก่อน หรือของทั้งคู่ เพื่อมิให้เกิดแรงผลักระหว่างประจุเดียวกัน ดังนั้นการเติมสารส้มหรือโพลีเมอร์ เพื่อทำลายประจุของคอลลอยด์และ /หรือ เปลี่ยนประจุลบให้เป็นประจุบวก จึงช่วยให้การกรองน้ำมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในบางครั้งคอลลอยด์ต่างๆ อาจรวมตัวกันเป็นฟล็อกทำให้มีขนาดใหญ่จนสามารถตกตะกอนบนสารกรองหรือติดค้างอยู่ในระหว่างช่องว่างระหว่างสารกรอง

สรุปได้ว่าการกรองสารแขวนลอยขนาดเล็กและขนาดใหญ่ออกจากน้ำ อาศัยกลไก 2 ชุดซึ่งแตกต่างกัน สารแขวนลอยขนาดใหญ่ หรือฟล็อกที่แข็งแรงสามารถตกตะกอนบนสารกรอง หรือติดค้างในช่องว่าง ซึ่งสามารถแยกออกจากน้ำได้ ส่วนสารแขวนลอยขนาดเล็กต้องอาศัยแรงที่เกิดจากการแพร่กระจาย (diffusion force) และมีกลไกดูดติดผิว ซึ่งมีการทำลายประจุลบให้เป็นกลางและ/หรือเปลี่ยนประจุลบให้เป็นบวก กลไกแบบต่างๆ ของการกรองแสดงดังรูปที่ 2.2

การตกตะกอนและการติดค้าง ซึ่งเป็นกลไกทางกายภาพ น่าจะเกิดขึ้นที่ผิวหน้าของชั้นกรองหรือที่ความลึกไม่เกิน 2-3 นิ้ว จากผิวหน้า ทำให้มีชั้นตะกอนปกคลุมปิดผิวบนของชั้นกรอง จึงเกิดการสูญเสียเสดได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ต้องเพิ่มอัตรากรอง เพื่อเพิ่มแรงผลักระหว่างให้สารแขวนลอยสามารถแทรกตัวเข้าภายในได้ลึกมากขึ้น เครื่องกรองที่ทำงานได้ดีและมีอายุไม่สั้นเกินไป ควรกำจัดสารแขวนลอยด้วยกลไกทั้งแบบกายภาพและเคมี (การดูดติดผิวและทำลายประจุไฟฟ้า) เนื่องจากวิธีนี้ทำให้การกรองเกิดขึ้นได้ลึกและทั่วทั้งชั้นกรอง การสูญเสียเสดจึงเกิดขึ้นค่อนข้างสม่ำเสมอ



รูปที่ 2.2 กลไกการกรองน้ำ (Tchobanoglous and Burton, 1991)

ในระหว่างการกรอง สารแขวนลอยอาจหลุดออกมาจากถังกรองน้ำได้ ด้วยกลไกที่เรียกว่า กลไกการหลุด (detachment mechanisms) กลไกนี้เกิดขึ้นเนื่องจากมีตะกอนบางส่วนเกาะจับ หลวมๆ บนสารกรอง เมื่อชั้นกรองมีความฝืดเพิ่มขึ้น หรืออุดตัน ทำให้ตะกอนหลุดออกจากชั้นกรองได้ การเพิ่มอัตราการกรองอย่างกะทันหันทำให้ได้น้ำที่กรองมีความขุ่น หรืออาจเกิดเนื่องจากพื้นที่ว่างบนสารกรองถูกใช้ไปเกือบจนหมด ทำให้สารแขวนลอยมีโอกาสเกาะติดผิวชั้นกรองได้น้อย การรั่วของสารแขวนลอยออกจากชั้นกรองจึงมีมาก

นอกจากนี้ยังมีกลไกทางชีวภาพ คือ พวกจุลินทรีย์ต่างๆ ได้เติบโตอยู่ภายในชั้นกรอง ซึ่งจะลดช่องว่างที่อยู่ภายในชั้นกรองและทำให้เกิดการดักตะกอนโดยสารกรองในชั้นกรองได้ ซึ่งจะอาศัยกลไกของการกรองแบบต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น อีกด้วย (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)

2.10 ปัจจัยที่มีผลต่อการกรอง

2.10.1 ลักษณะของน้ำเข้า

ลักษณะของน้ำเข้าที่ต้องการกรอง ได้แก่ ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย ขนาดของตะกอน ความแข็งแรงของตะกอนที่ต้องทนกับการกระแทก ประจุของตะกอน อุณหภูมิของน้ำซึ่งมีผลต่อการไหลผ่านชั้นกรอง

โดยทั่วไปแล้วน้ำทิ้งจากระบบแอกติเวเตดสลัดจ์ และระบบไปรยกรองแบบธรรมดา จะมีตะกอนแขวนลอยขนาดตั้งแต่ 20 ไมครอน ลงไป โดยน้ำหนักประมาณร้อยละ 10-40 (Tchobanoglous and Eliassen, 1970) การกรองน้ำทิ้งที่มีขนาดของตะกอนแขวนลอยในช่วงดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพการกำจัดประมาณร้อยละ 60-90 (Kreissl, 1974) ส่วนใหญ่แล้วน้ำทิ้งจากระบบแอกติเวเตดสลัดจ์มีค่าของแข็งแขวนลอยประมาณ 6-30 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.10.2 อัตราการกรอง

ในกรณีที่ตะกอนมีความแข็งแรงไม่มากพอ ถ้าระบบกรองใช้อัตราการกรองที่สูงมากก็จะมีแนวโน้มทำให้ตะกอนนั้นๆ แตกกระจายออกเป็นชั้นเล็กๆ ซึ่งอาจหลุดผ่านชั้นกรองออกไปได้ง่าย สำหรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สอง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ จึงมีตะกอนชีวภาพที่ต้องการกรอง สามารถใช้อัตราการกรองน้ำอยู่ในช่วง 4-20 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง ได้โดยไม่ทำให้ตะกอนชีวภาพแตกสลายได้ อีกทั้งยังไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำที่ผ่านการกรองอีกด้วย (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539) โดยทั่วไปอัตราการกรองที่ผลิตน้ำที่กรองได้ให้มี

คุณภาพดี อยู่ระหว่าง 7-12 เมตรต่อชั่วโมง (Dahab and Young, 1977) แต่อย่างไรก็ตาม อัตราการกรองที่เหมาะสมนั้นจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของน้ำเสียและระบบที่ใช้กรอง

2.10.3 ขนาดของสารกรองและความลึกของชั้นกรอง

โดยทั่วไปการใช้สารกรองที่ละเอียด ชั้นกรองที่หนาเพียงพอ และอัตรากรองที่ต่ำ จะทำให้น้ำที่ผ่านการกรองมีคุณภาพดีขึ้น ขนาดของสารกรองมีความสำคัญมากต่อการกรอง เพราะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของการสูญเสียเฮด ในชั้นกรองระหว่างการกรอง และยังมีผลอื่นๆ อีกด้วย เช่น ถ้าสารกรองมีขนาดเล็กเกินไป ระบบกรองต้องใช้พลังงานมากในการทำให้น้ำไหลผ่าน ชั้นกรองดังกล่าวได้สะดวก แต่ถ้าสารกรองมีขนาดใหญ่เกินไป ตะกอนที่มีขนาดเล็กจะเคลื่อนผ่าน พื้นชั้นกรองออกไปได้

ในการกรองน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นที่สองแล้วด้วยกระบวนการทางชีวภาพ ควรใช้สารกรองที่มีขนาดสัมฤทธิ์ (effective size) 1.2 มิลลิเมตร โดยอาจใช้สารกรองที่มีขนาดหยาบกว่าได้ แต่ต้องมีการล้างย้อนที่เหมาะสม (Cleasby, Baumann and Marston, 1977) ส่วนการกรองน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นที่สองด้วยกระบวนการทางเคมี ควรใช้สารกรองที่มีขนาด 1.0 มิลลิเมตร (U.S. Environmental Protection Agency, 1975) การกรองน้ำเสียโดยทั่วไปควรมีความลึกของสารกรอง ในกรณีที่ใช้เครื่องกรองแบบสองชนิด ดังนี้ ถ่านแอนทราไซต์ และทราย หนา 0.4-0.5 และ 0.3-0.4 เมตร ตามลำดับ

2.10.4 การล้างย้อน

การล้างย้อนเป็นการทำความสะอาดชั้นกรอง โดยไล่ตะกอน หรืออนุภาคที่ถูกสารกรอง ดักจับไว้ให้ออกไปกับน้ำล้าง นอกจากการล้างย้อนแบบใช้น้ำล้างไหลสวนทางกับทิศทางของการกรองแล้ว การล้างย้อนยังมีการเป่าลมไล่เพื่อช่วยการล้างย้อนด้วย ถ้าเป็นเครื่องกรองที่มีขนาดใหญ่หรือมีอัตราการกรองสูง ในการล้างย้อนมักใช้อัตราการไหล 5-8 เท่า ของอัตราการกรอง ซึ่งต้องการน้ำปริมาณมากในการล้างย้อน