บทที่ 2

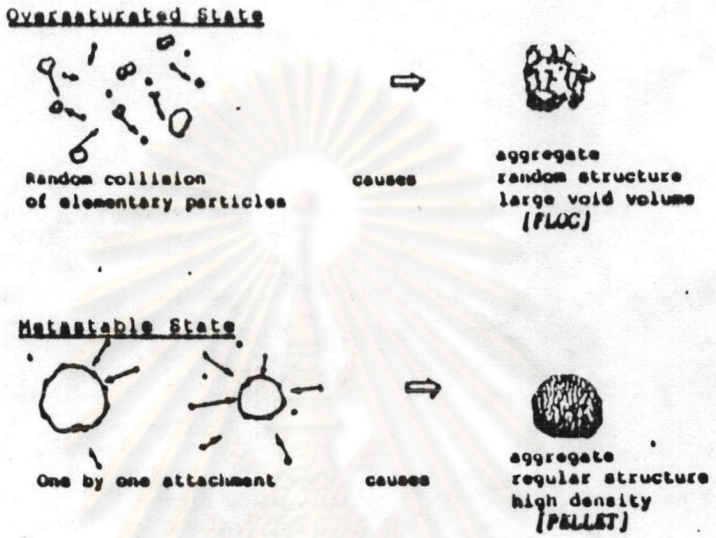
ทฤษฎี และ สมมุติฐาน

2.1 สมมุติฐานในการสร้างเม็ดตะกอน

Tambo,N. and Matsui,Y.(1987) กล่าวว่า สารละลายที่มีความอิ่มตัวสูงจะมีการจับตัวเป็นของแข็ง (precipitation) เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ แต่ถ้าสารเข้าสู่สภาวะเสถียรแบบเมตะ (metastable state) จะไม่มีการตกผลึกหรือมีเกิดขึ้นน้อยมาก กล่าวคือความเข้มข้นของสารจะมากกว่าอัตราการละลายได้ของสาร แต่ก็ไม่มากพอที่จะเกิดสภาวะเกินอิ่มตัว (supersaturation)สารละลายจึงไม่เกิดการก่อรูปเป็นของแข็ง(precipitation) หรือถ้าเกิดก็เกิดน้อยมาก แม้จะทิ้งไว้เป็นเวลานานก็ตาม

เมื่อพิจารณาอนุภาคที่สภาวะเสถียรแบบเมตะแต่มีขนาดหรือความเข้มข้นไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการรวมตัวกันด้วยตัวเอง เราเรียกอนุภาคเหล่านี้ว่าอนุภาคเบื้องต้น (elementary particle) เมื่อมีการเติมสารที่อยู่ในสภาวะของแข็งแบบเดียวกับสารละลายเข้าสู่ระบบที่อยู่ในสภาวะเสถียรแบบเมตะ อนุภาคเบื้องต้นเหล่านี้จะถูกชักนำให้จับตัวแข็งบนผิวของแข็งนั้นโดยการจับตัวกันแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (one by one attachment)ทำให้มีโมเลกุลของน้ำที่แทรก อยู่ภายในน้อยมาก จึงทำให้ได้เม็ดตะกอนที่มีความหนาแน่นสูง (pellet flocs) รูปที่ 2.1

Yusa,M. and Suzuki,H.(1975) กล่าวว่าการสร้างเม็ดตะกอนในทางปฏิบัติสามารถทำได้โดยใช้พลังงานจากภายนอกเข้าสู่ภายในระบบ และเติมสารพวกฟล็อคคูแลนท์เอด เช่น โพลีเมอร์ การใส่พลังงานจากภายนอกเป็นการใช้แรงเข้าไปช่วยแยกน้ำออกจากฟล็อค ถ้าการกระจายของแรงรอบๆฟล็อคมีอย่างสม่ำเสมอ ที่แรงดันเท่าๆกันฟล็อคจะได้ดุลและไม่มีการเปลี่ยนแปลงรวมทั้งไม่สามารถแยกน้ำออกจากฟล็อคได้ ในทางตรงกันข้ามถ้ามีแรงดันหรือการกระจายของแรงที่ไม่สม่ำเสมอ และอนุภาคเล็กๆที่ประกอบกันเป็นฟล็อคมีความแข็งแรงและอยู่ตัวเพียงพอที่จะต้านแรงที่ให้นั้น ของเหลวก็จะถูกไล่ออกจากจุดที่มีแรงภายนอกกระทำอ่อนกว่า เป็นผลให้ฟล็อครวมกันแน่นยิ่งขึ้น พบว่ามีการอธิบายสำหรับวิธีการที่ทำให้ผลดังกล่าวข้างต้นเกิดขึ้นสำเร็จอยู่ 2 ลักษณะคือ



Agglomeration under
Oversaturated and Metastable States

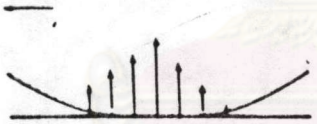
รูปที่ 2.1 เปรียบเทียบการจับตัวเป็นของแข็งในสภาวะปรกติกับสภาวะเมตะ(Tambo and matsui,1987)

2.1.1 **วิธีการกลิ้ง** (Rolling Technique) ถ้ามีแรงกระทำต่อผิวนอกของฟล็อค ณ จุดสัมผัสหนึ่งๆบนแผ่นราบ ในการที่ฟล็อคหยุดนิ่งการกระจายตัวของแรงจะเป็นดังรูปที่ 2.2 กล่าวคือการกระจายตัวของแรงจะมีค่ามากที่สุด ณ บริเวณจุดศูนย์กลางของพื้นที่ผิวสัมผัสนั้น ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนรูปร่างมากที่สุด

แต่เมื่อฟล็อคกลิ้งไปบนแผ่นราบ แรงกระทำจะมีค่ามากที่สุดที่ตำแหน่งหน้าจุดศูนย์กลางของพื้นที่สัมผัสนั้น และแรงกระทำจะน้อยที่สุดที่พื้นที่สัมผัสตอนท้ายของเม็ดฟล็อคซึ่งอยู่ตรงข้ามกับทิศทางที่ฟล็อคเคลื่อนที่ การกระจายของแรงจะไม่สม่ำเสมอจึงเป็นเหตุให้ฟล็อคเปลี่ยนรูปร่างไปได้แสดงในรูปที่ 2.3

Pressure Distribution Around the Contact Area When a Floc Is at Rest on a Solid Plane

รูปที่ 2.2 การกระจายของแรงที่กระทำต่อฟล็อค ณ จุดสัมผัสเมื่อฟล็อคหยุดนิ่ง (Yusa and Zuzuki, 1975)

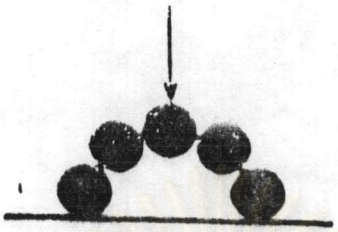


Pressure Distribution Around the Contact Area When a Floc Rolls Over Along a Solid Plane

รูปที่ 2.3 การกระจายของแรงที่กระทำบริเวณหน้าสัมผัสของเม็ดฟล็อค กับพื้นราบในขณะที่เม็ดฟล็อคเคลื่อนที่ (Yusa and Zuzuki, 1975)

2.1.2 เทคนิคการชน (Collision Technique) เมื่อมีการชนของฟล็อคกับแผ่นราบหรือแผ่นโค้ง ในกรณีดังกล่าวนี้ถ้าอนุภาคเล็กๆ ของฟล็อครวมตัวกันแน่นพอที่จะต้านแรงกระทำที่ให้เข้าไปในระบบได้ให้เข้าไปในระบบได้ การชนกันนี้อาจมีผลในการแยกฟล็อคที่เป็นเม็ดตะกอนจากฟล็อคที่แขวนลอยอยู่ในระบบได้อีกด้วย

จากรูปที่ 2.4 และ 2.5 เมื่อสมมุติว่าจุลฟล็อคถูกทำให้รวมกันบนแผ่นราบโดยแรงกลที่ใส่เข้าสู่ระบบ จะเป็นผลให้เกิดการชนกันของจุลฟล็อคทำให้เกิดแรงกระทำลงไปที่กลุ่มของ



Internal Constitution of a
Loose Bulky Floc Produced by
Normal Flocculation

รูปที่ 2.4 ลักษณะภายในของฟล็อกทั่วไปเมื่อเริ่มถูกแรงกระทำ (Yusa and Zuzuki, 1975)

Internal Constitution of a
Compact Floc Produced as the
Result of Pellet Flocculation

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.5 ลักษณะของฟล็อกที่เกิดการอัดแน่นหลังจากการถูกแรงกระทำ(Yusa and Zuzuki, 1975)

จุลฟล็อคเกิดการจัดเรียงตัวของจุลฟล็อคได้เป็นเม็ดฟล็อคที่มีความหนาแน่นสูง มีช่องว่างภายในน้อยลง ดังรูปที่ 2.4 เมื่อกลุ่มจุลฟล็อคมีจุดสัมผัส 6 จุด และฟล็อคมีช่องว่างภายในขนาดใหญ่ ด้วยแรงที่กระทำไปบนอนุภาคเล็กๆของจุลฟล็อค จะทำให้กลุ่มของจุลฟล็อคมีรูปร่างเปลี่ยนไปดังรูปที่ 2.5 จุดสัมผัสจะเพิ่มเป็น 9 จุด โดยช่องว่างจะมีขนาดเล็กลง อาจกล่าวได้ว่าของเหลวที่อยู่ในกลุ่มจุลฟล็อคได้ถูกไล่ออกจากกลุ่มจุลฟล็อค ทำให้ได้เม็ดฟล็อคที่มีความหนาแน่นสูงขึ้น

018505

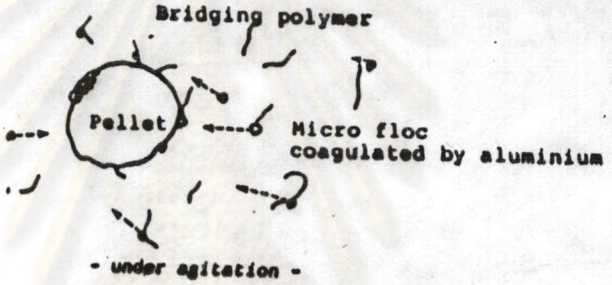
2.2 หลักในการสร้างเม็ดตะกอนและการกำจัดความขุ่น

2.2.1 **หลักในการสร้างเม็ดตะกอน** บัณฑิต ชาญณรงค์(2535) เริ่มการสร้างเม็ดตะกอนโดยการเติมสารโคแอกกูแลนท์ชนิดโลหะ (metal coagulant) ในที่นี้ใช้โพลีอลูมินัมคลอไรด์ (polyaluminum chloride , PACl) ที่พีเอช ในช่วง 6.8-7.5 เพื่อให้โพลีอลูมินัมคลอไรด์อยู่ในรูปที่สามารถจับตัวเป็นของแข็ง (John E. Van Benschoten and James K. Edzwald,1989) และเพื่อทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ เมื่อมีการสัมผัสกันระหว่างโคแอกกูแลนท์และสารแขวนลอย โดยใส่พลังงานกลจากภายนอกด้วยการกวนเร็วจะทำให้เกิดจุลฟล็อค(Microfloc) จุลฟล็อคที่ได้จากกระบวนการกวนเร็วจะถูกส่งมาเข้าทางปลายของอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน ซึ่งเป็นท่อรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.5 นิ้ว ยาว 2.5 เมตร จุลฟล็อคเหล่านี้จะถูกผสมด้วยโคแอกกูแลนท์เอด (ในที่นี้ใช้โพลีเมอร์ประจุลบ) เพื่อเพิ่มความแข็งแกร่งในการเกาะติดให้กับจุลฟล็อค และมีการใช้แรงกลจากภายนอกคือการกวนช้าตลอดความยาวที่ไหลขึ้น เม็ดตะกอนที่เกิดขึ้นเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นแกนกลางหรือเป้าสัมผัสของระบบในสภาวะเสถียรแบบเมตะต่อไป

จุลฟล็อคที่มาเกาะติดที่ผิวของอนุภาคเบื้องต้นนี้จะรวมกันแบบหนึ่งต่อหนึ่ง(Tambo and Matsui1987) ได้เม็ดตะกอนที่มีความแกร่งและมีความหนาแน่นสูงเนื่องจากไม่มีโมเลกุลของน้ำแทรกอยู่ภายในหรือมีน้อยมากดังรูปที่ 2.6

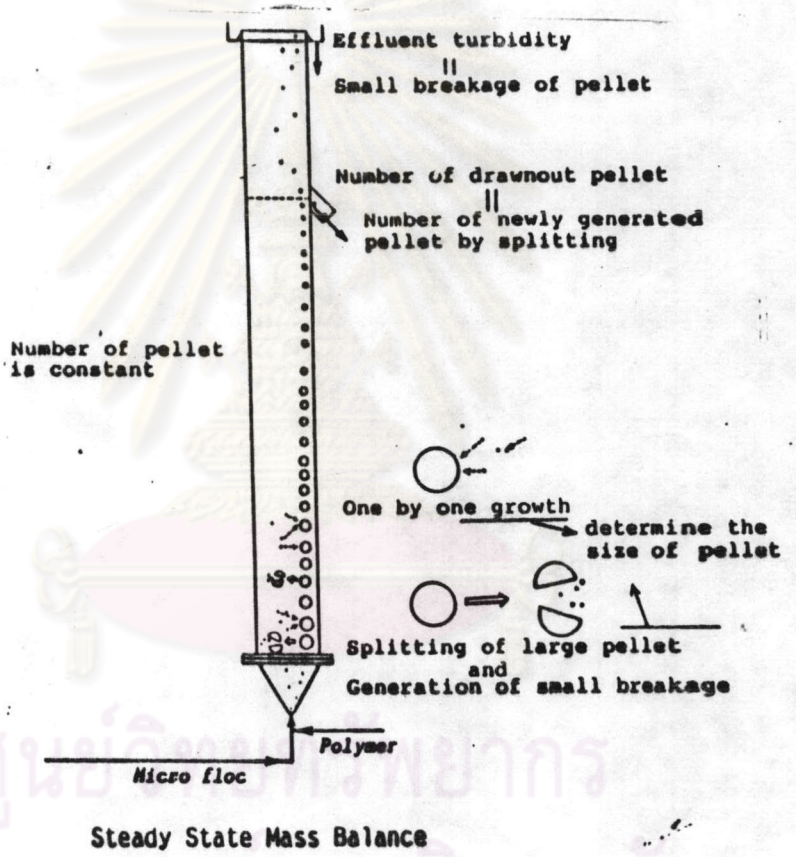
2.2.2 **การเปลี่ยนแปลงของเม็ดตะกอนภายในอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน**

ในการกวนช้าด้วยความเร็วเกรเดียนท์ปานกลางจะสามารถป้องกันไม่ให้เกิดการโตแบบสุ่มของฟล็อค (random flocs) กล่าวคือความปั่นป่วนของน้ำจะทำให้ฟล็อคหลวมที่รวมตัวกันอย่างไม่แน่นแตกออกจากกัน และเมื่อฟล็อคที่แตกออกจากกันนี้ได้เคลื่อนที่ไปสัมผัสกับอนุภาคเบื้องต้นตัวฟล็อคแน่นจะเป็นเป้าสัมผัสให้อนุภาคเกาะ เกิดการรวมตัวกันแบบหนึ่งต่อหนึ่งอีกครั้งจะได้เป็นเม็ดตะกอนทรงกลมที่มีความหนาแน่นสูงและสามารถทนต่อความปั่นป่วนของน้ำได้ และพบว่าเม็ดตะกอนที่มีขนาดเล็กจะอยู่ส่วนบน ส่วนเม็ดตะกอนที่มีขนาดใหญ่จะอยู่ส่วนล่างของอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน เม็ดตะกอนที่มีขนาดใหญ่นี้เมื่อถูกแรงเฉือนของใบพัดกวนน้ำและความปั่นป่วนอย่างต่อเนื่องตลอดความยาวของอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอน จะทำให้เม็ดตะกอนเหล่านั้นแตกออกได้เม็ดตะกอนที่มีขนาดเล็กลอย



รูปที่ 2.6 การจับตัวกันแบบหนึ่งต่อหนึ่งภายใต้สภาวะเสถียรแบบเมตะ (Tambo and Mutsui, 1987)

ขึ้นสู่ส่วนบนของอุปกรณ์สร้างเม็ดตะกอนและเกิดการจับตัวกันแบบหนึ่งต่อหนึ่งอีกตามลำดับจนกลายเป็นเม็ดตะกอนขนาดใหญ่จมลงอีกครั้งหนึ่งหมุนเวียนอยู่เช่นนี้ อนึ่งการหมุนเวียนของการแตกและเกิดเป็นเม็ดตะกอนเมื่อเกิดขึ้นและแตกลงในอัตราที่คงที่ ณ ระดับชั้นเม็ดตะกอนหนึ่งๆจะเรียกสภาวะนี้ว่าสภาวะมวลสมดุลคงที่(steady state mass balance) ดังรูปที่ 2.7 ส่วนเม็ดตะกอนส่วนที่แตกออกเป็นเป็นอนุภาคเล็กมากๆก็จะลอยขึ้นสู่ส่วนบนเพราะมีน้ำหนักเบากลายเป็นความขุ่นในน้ำทิ้งต่อไป



รูปที่ 2.7 ลักษณะการเกิดเม็ดตะกอนที่สภาวะคงที่ (Tambo and mutsui,1987)