หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ความเป็นมาและวิวัฒนาการของเครื่องทำตะกอน

ตั้งแต่อดีตกาลมานั้น มนุษย์เราได้อาศัยน้ำดื่ม น้ำใช้ จากแม่น้ำลำคลอง บ่อน้ำ และน้ำฝน ซึ่งได้มาจากธรรมชาติโดยตรง วิธีการผลิตน้ำใช้จากน้ำตามธรรมชาตินี้ได้เริ่มขึ้นในปี 1881 [19] ขบวนการผลิตน้ำนั้นได้แก่การทำให้เกิดตะกอนโดยใช้สารเคมี สารเคมีที่นำมาใช้คือสารส้ม แต่เครื่องมือเครื่องใช้ในการทำยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่าเขาใช้อะไร เพราะมีผู้ศึกษาและทดลองโดยใช้เครื่องจักร เครื่องมือชนิดต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก แต่ส่วนใหญ่นั้นก็ใช้สารเคมีในการทำให้เกิดตะกอนเช่นเดียวกัน

ในปี 1901 Turner และ Russel [31] ก็ได้ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการทำตะกอนโดยใช้สารเคมี และพบว่าปริมาณสารส้มที่ใช้นั้นขึ้นอยู่กับความขุ่นของน้ำดิบ และเวลาที่ใช้ในการผสม ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าการเพิ่มปริมาณสารส้มและเวลาที่ใช้ในการผสมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการทำให้เกิดตะกอน ทั้งนี้ เนื่องจากการทำตะกอนยังไม่มีการชี้ชัดลงไปถึงขบวนการทำจนกระทั่งในปี 1920 Von Smoluchowski [32] ได้ใช้วิชาคณิตศาสตร์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอนุภาค และอัตราการสัมผัสกันต่อมา Camp [26] ได้ใช้ความสัมพันธ์ที่ Von ได้สร้างขึ้นมาสร้างเป็นสมการคือ

$$J_{ij} = \frac{1}{6} n_i n_j \bar{G} (d_i + d_j)^3$$

J_{ij} = จำนวนการสัมผัส

n_i = ความเข้มข้นของอนุภาคที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง d_i

n_j = ความเข้มข้นของอนุภาคที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง d_j

$\bar{G}$ = ความเร็วสัมพัทธ์เฉลี่ยต่อหน่วยระยะทาง

d_i = เส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาค i

d_j = เส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาค j

จากสมการนี้ จะเห็นได้ว่าจำนวนการสัมผัส (Number of Contacts) ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอนุภาค ความเร็วสัมพัทธ์ต่อหน่วยระยะทาง และเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคนั้น

ในปี 1921 Langelier [20, 29, 33] ได้เสนอวิธี " Jar Test " ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้หาปริมาณสารส้มที่พอเหมาะ เพื่อให้เกิดตะกอน วิธี Jar Test นี้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และต่อมาได้ใช้มาจนถึงปัจจุบันนี้ ขั้นตอนในการทำให้เกิดตะกอนแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรก เป็นการผสมสารส้มกับน้ำดิบ ขั้นสอง เป็นการกวนในถังทำตะกอน(Flocculation chamber) ต่อมาเขาได้ทำการทดลองและคิดค้นเรื่อยมา แต่ยังไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติจนกระทั่งเขาได้ใช้สารที่ทำให้เกิดตะกอน ซึ่งคล้ายกับ activated silica ซึ่งเป็นตัวเพิ่มอัตราการเกิดตะกอน ประสิทธิภาพของการเกิดตะกอนนั้น พิจารณาที่อัตราความเร็วของการตกตะกอนและความขุ่นของน้ำหลังจากทิ้งให้ตกตะกอน

Tolmann S.L. (1949) [21] ได้ทำการทดลอง และศึกษาองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อการเกิดตะกอน เขาได้ว่า

1. การผสมแบบใช้เครื่องจักรกล (Machanical Mixing) มีประสิทธิภาพดีกว่าแบบแผ่นกั้น (Baffle channels)
2. ตะกอนจะเกิดได้ดี ถ้าหากได้มีการผสมสารเคมีอย่างทั่วถึงในน้ำนั้น
3. ปริมาณสารส้มที่ใช้จะมีเพียงค่าเดียว ที่จะทำให้เกิดตะกอนได้ดีที่สุด ถ้าหากใช้ปริมาณสารส้มมากเกินไป หรือน้อยเกินไป การเกิดตะกอนจะไม่ดีเท่าที่ควร
4. น้ำยิ่งปั่นป่วน จะทำให้เกิดตะกอนได้ดีขึ้น ดังนั้น การจัดใบพัดจึงจัดให้ใบพัดมีขนาดสั้น ระยะห่างระหว่างกันน้อยดีกว่าใบพัดที่มีขนาดยาวและมีระยะห่างกันมาก

Bean F.L. (1953) [22] ได้ศึกษาแบบการทำตะกอนชนิดต่าง ๆ และได้สรุปข้อคิดต่าง ๆ ออกมาดังนี้คือ

1. การเกิดตะกอนที่ดีนั้น จะเกิดในบริเวณที่มีการผสมที่ดี ซึ่งจะเห็นได้ว่าตามบริเวณขอบของใบพัดนั้น มีการปั่นป่วนมากกว่าบริเวณอื่น ดังนั้น ตะกอนจะเกิดได้ดีในบริเวณใกล้ ๆ กับขอบของใบพัด
2. การกวนช้าซึ่งเกิดขึ้นโดยการไหลวนของน้ำนั้น มีประสิทธิภาพต่ำและสิ้นเปลืองทั้งเนื้อที่และพลังงาน
3. ความเร็วที่ใช้ในการกวนตะกอน ไม่ควรจะให้เร็วเกินไปเพราะจะทำให้ตะกอนแตก
4. ใช้ใบกวนตะกอนที่มีขนาดยาว และให้ความเร็วในการกวนต่ำดีกว่าใช้ใบกวนตะกอนที่มีขนาดสั้นและหมุนให้เร็ว
5. อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดของใบพัดต่อพื้นที่หน้าตัดของถังน้ำ ควรจะอยู่ระหว่าง 15 – 20 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ที่มากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เกิดการหมุนวนของน้ำ

Riddick Thomas M.(1961)[6] ได้ทำการทดสอบและพบว่าการเกิดตะกอนจะเกิดเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นการเกิดตะกอนเล็ก ๆ
2. ขั้นการสัมผัสกันของพวกคอลลอยด์
3. ขั้นการรวมตัวกันให้เป็นตะกอนขนาดใหญ่

ขั้นตอนเหล่านี้จะสำเร็จได้ต้องอาศัยปัจจัย

1. Zeta Potential ควรจะอยู่ใกล้ศูนย์
2. ความเร็วสัมพัทธ์ต่อหน่วยระยะทางควรจะสูง เพื่อให้อัตราการสัมผัสมากที่สุด
3. ระยะเวลาในการกวน ไม่ควรต่ำกว่า 20 นาที

เขาได้เสนอต่อไปอีกว่า ขั้นตอนเหล่านี้ควรจะเกิดต่อเนื่องกันไปเป็นลูกโซ่

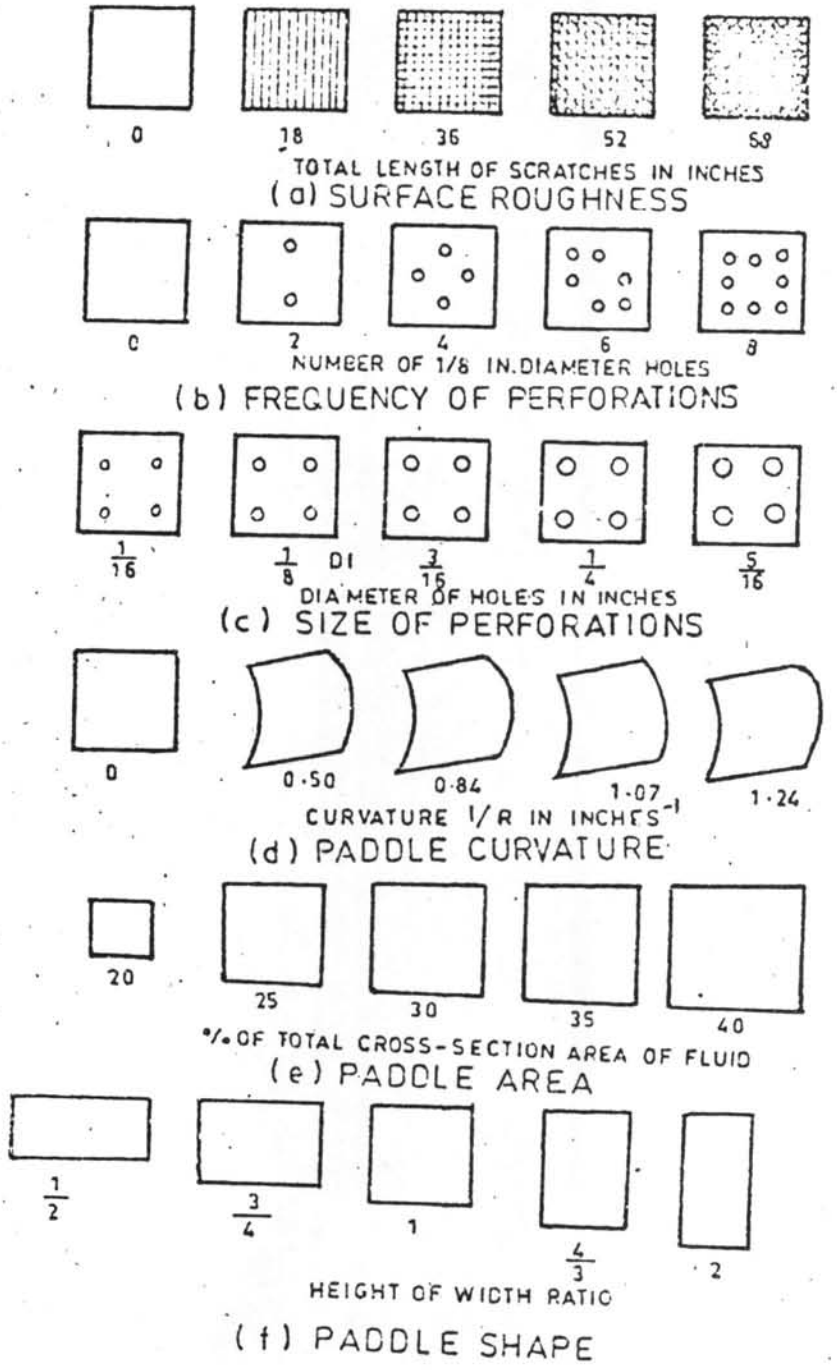
Drobny (1963)[23] ได้ศึกษาใบพัดแบบต่าง ๆ และได้แบ่งตามลักษณะใบพัดออกเป็น 5 ลักษณะ ดังรูปที่ 2.1 คือ

1. ความขรุขระของผิวใบพัด
2. ลักษณะพิเศษของใบพัด
3. ความโค้งของใบพัด
4. พื้นที่ของใบพัด
5. รูปร่างของใบพัด

การทดสอบนี้ใช้เวลากวน 10 นาที จากการทดสอบนี้พบว่า

1. ความขรุขระของผิวใบพัด ถ้ามีมากจะช่วยให้เกิดตะกอนได้เร็ว
2. ใบพัดที่เจาะรูจะมีอิทธิพลต่อรูปร่างของตะกอน และเส้นผ่าศูนย์กลางของรูที่เล็กจะได้ลักษณะของตะกอนที่ดีที่สุด
3. ความโค้งของใบพัด จะมีอิทธิพลต่อการทำตะกอน และค่า $\frac{1}{R}$ ที่น้อย ๆ (R = ความโค้งของใบพัด)จะทำให้เกิดตะกอนที่ไม่ดี จะเป็นผลให้ตะกอนเกิดแตกตัว
4. พื้นที่ของใบพัดระหว่าง 25 – 33 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่หน้าตัดของถังทำตะกอนในแนวดิ่ง จะช่วยให้การทำตะกอนได้ดี
5. รูปร่างที่เหมาะสมที่สุดของใบพัด คือใบพัดในแนวดิ่งและในแนวนอนยาว ส่วนใบพัดรูปจัตุรัสจะให้ตะกอนที่เลวที่สุด

Kawamura (1970)[34] ได้ศึกษาถึงระยะเวลาที่ใช้ในการกวนตะกอนเมื่อเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของปริมาณสารส้มจาก 17 – 100 ก./ลบ.ม. จากการศึกษาแต่ละปริมาณสารส้มที่เติมพบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการกวนตะกอนจะลดลง เมื่อปริมาณสารส้มที่ใช้มากขึ้น และเขาได้บันทึกไว้ว่าค่าความเร็วสัมพัทธ์คือหน่วยระยะทาง G โดยทั่ว ๆ ไปใช้ค่า 50 ต่อวินาที และค่ามากกว่านี้จะทำให้การทำตะกอนลดประสิทธิผลลง ระยะเวลาการทำตะกอนที่ใช้ต่ำสุด 10 นาที



รูปที่ 2.1 PADDLE DESIGNS by DROBNY

Griffith และ William (1972)[25] ได้ทำการศึกษาด้านการออกแบบและแสดงให้เห็นประโยชน์ของ Jar Test ในการออกแบบและการทำงานของถังตกตะกอน เขาได้ว่าค่าความเร็วสัมพัทธ์ต่อหน่วยระยะทาง G ที่เหมาะสมเป็นค่าคุณลักษณะทางเคมีที่จะต้องหา ก่อนจะทำการผลิตน้ำประปา และในขณะที่ความเข้มข้นของสารละลายเกลือแกงเพิ่มขึ้น ค่า G ที่เหมาะสมจะเพิ่มขึ้นประมาณ 25 – 45 ต่อวินาที

Gupta (1972)[35] ได้ศึกษาการทำงานของถังตกตะกอน multibottom โดยใช้เครื่องทำตะกอนแบบใช้ของแข็งเป็นตัวกลาง เป็นตัวทำให้เกิดตะกอนฟล็อค เขาได้บันทึกว่าเครื่องทำตะกอนแบบใช้ของแข็งเป็นตัวกลาง ซึ่งใช้ถ่านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 มม. เป็นตัวกลาง ความลึกของตัวกลาง 0.5 ม. และอัตราการไหลของน้ำ 0.25 $ม^3/ม^2$ – นาที ให้ผลการทำตะกอนได้ดี

วีรวัฒน์ แจ้งอยู่ (1977)[36] ได้ศึกษาเครื่องทำตะกอนแบบใช้ของแข็งเป็นตัวกลาง ตัวกลางนั้นคือ Bituminous coal ซึ่งมีขนาดต่าง ๆ กัน จากการทดลองของ เขาพอสรุปได้ว่า

1. ค่า optimun G สำหรับ unexpanded bed 50 – 140 ต่อวินาที
   สำหรับ expanded bed 165 – 240 ต่อวินาที
2. ค่า Gt_d ที่ให้การทำตะกอนได้ดี
   สำหรับ unexpanded bed 0.8×10^4 ถึง 2.3×10^4
   สำหรับ expanded bed มากกว่า 3.6×10^4
3. ค่า t_d ที่ให้ตะกอนที่ดีอยู่ในช่วง 2 – 5 นาที
4. ค่าอัตราการไหลไม่ควรต่ำกว่า 0.30 $ม^3/ม^2$ – นาที
   และไม่ควรเกิน 3.00 $ม^3/ม^2$ – นาที
5. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวกลางไม่ควรต่ำกว่า 1 มม.