บทที่ 2

ประวัติความเป็นมา

2.1 การรวมตะกอน (Coagulation)

ทฤษฎีการรวมตะกอนได้เริ่มศึกษาโดย Von Smoluchowski ในปี ค.ศ. 1918 และได้รับการดัดแปลงเพิ่มเติมโดย Camp และ Stein ในปี ค.ศ. 1943 กล่าวว่า อัตราการสัมผัสระหว่างอนุภาคแขวนลอยขนาดต่าง ๆ กัน เมื่อนำมาผสมโดยการกวนจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ คือ

ก. จำนวนของอนุภาคแต่ละขนาด

ข. ขนาดหรือเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาค

ค. ความเร็วเกรเดียนท์ (velocity gradient) ของของเหลวซึ่งมีอนุภาคแขวนลอยอยู่

อัตราการสัมผัสของอนุภาค (rate of contact) เขียนได้ดังนี้

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

โดยที่ J_{ij} = จำนวนการสัมผัส

n_i, n_j = ความเข้มข้นของอนุภาคที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง d_i และ d_j

$\bar{G}$ = ค่าเฉลี่ยของความเร็วเกรเดียนท์

d_i, d_j = เส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาค

ในปี ค.ศ. 1949 Tolman ได้ศึกษาองค์ประกอบของตะกอนสมาน (floc) พบว่า

ก. การผสมด้วยเครื่องมือกล (mechanical mixing) จะให้ผลการผสมดีกว่าใช้ผูวกวน (baffled channal)

ข. ตะกอนสมานที่ได้จะไม่ดี ถ้าการผสมของสารเคมีไม่แผ่กระจายทั่วถึงกัน

ค. มีปริมาณสารเคมีช่วยสมานตะกอนเพียงค่าเดียวที่จะทำให้เกิดการตกตะกอนดีที่สุด ตะกอนสมานที่ได้จากการใช้ปริมาณสารเคมีมากหรือน้อยเกินไปจะตกตะกอนไม่ดี

ง. ตะกอนสมานที่มีขนาดเล็ก แต่มีน้ำหนักต่อพื้นที่มากจะตกตะกอนเร็วกว่าตะกอนสมานขนาดใหญ่ แต่มีน้ำหนักต่อพื้นที่น้อย

จ. ในการสมานตะกอน (flocculation) ถ้าทำให้เกิดกระแสวน (eddies) มากจะได้ผลดี ดังนั้น ลักษณะของใบพัดจึงควรแหลมเรียวจะได้ผลดีกว่าใบพัดกว้างแต่สั้น

ฉ. การทดลองในแบบทดลอง เวลาเก็บกักที่ได้จะเท่ากับเวลาเก็บกักในของจริงคูณด้วยรากที่สองของอัตราส่วนของขนาด (scale ratio) ซึ่งอัตราส่วนของขนาดที่ควรนำมาใช้เท่ากับ 30

ช. การลัดวงจรในถังสมานตะกอนสามารถวิเคราะห์ได้จาก dispersion index หรืออัตราส่วนของเวลาที่ 90 % ของการไหลผ่านเข้าถังกับเวลาที่ 10 % แรกของการไหลออกจากถัง ค่าของ dispersion index จะไม่น้อยกว่า 1 สำหรับถังที่ออกแบบดีจะมีค่าระหว่าง 2-2.5

ในปี ค.ศ. 1955 Camp ได้วิเคราะห์การออกแบบระบบการกำจัดในหลาย ๆ แบบและพบว่า การสมานตะกอนจะได้ผลดี เมื่อความเร็วเกรเดียนท์ (G) มีค่าระหว่าง 20-70 วินาที$^{-1}$ และผลคูณของระยะเวลาเก็บกักในถัง (t_d) เป็นวินาทีกับค่า G อยู่ระหว่าง $2x10^4$-$2x10^5$ และสรุปว่า Gt_d เป็นตัววัด (parameter) ที่มีประโยชน์สำหรับการออกแบบและควบคุมการทำงานของถังสมานตะกอน

Riddick ในปี ค.ศ. 1961 ได้กล่าวถึงการสมานตะกอนจะมี 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. การเกิดตะกอนสมานขนาดจิ๋ว (micro floc)
2. การเก็บอนุภาคคอลลอยด์
3. การสมานกันเป็นก้อนโต

การทำให้เกิดแต่ละขั้นตอนต้องมีภาวะดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ต้องทำให้ค่า Zeta Potential

ต่ำเกือบเท่าศูนย์ ขั้นตอนที่ 2 ต้องทำให้เกิดการกวนมากที่สุด เพื่อที่จะให้เกิดการสัมผัสมากที่สุด แต่ต้องไม่มากเกินไปจนทำให้ตะกอนแตก ขั้นตอนที่ 3 ต้องการเวลาในการกวน หลังจากขั้นตอนที่ 2 7-10 นาที จะเกิดตะกอนสมานขนาดใหญ่และตกตะกอนเร็ว

ในปี ค.ศ. 1963 Drobny ได้ทดลองดูคุณสมบัติและลักษณะของใบพัด โดยพิจารณาปัจจัยดังนี้คือ

ก. ความขรุขระ (roughness) ของผิวของใบพัด

ข. ลักษณะของใบพัด

ค. ความโค้ง (curvature) ของใบพัด

ง. พื้นที่ของใบพัด

จ. รูปร่างของใบพัด

จากการวิเคราะห์ตะกอนสมานซึ่งเกิดจากการผสมด้วยใบพัดเป็นเวลา 10 นาทีและใช้พลังงานคงที่พบว่า

ก. ความขรุขระของใบพัดมีส่วนช่วยในการกวน

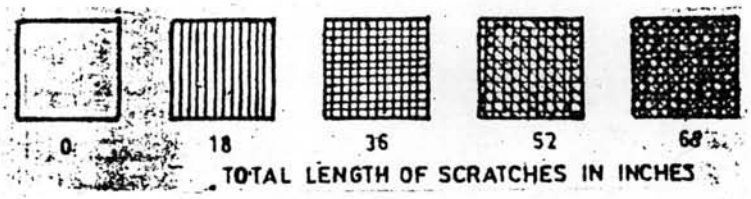
ข. ใบพัดที่เจาะรูมีอิทธิพลต่อการสมานตะกอนและรูนี้มีขนาดเล็กจะทำให้เกิดตะกอนสมานที่ดีได้เร็ว

ค. ความโค้งของใบพัด (R) มีผลต่อตะกอนสมานและค่า 1/R มีค่าน้อย จะให้ตะกอนสมานไม่ดีและอาจทำให้ตะกอนสมานแตก

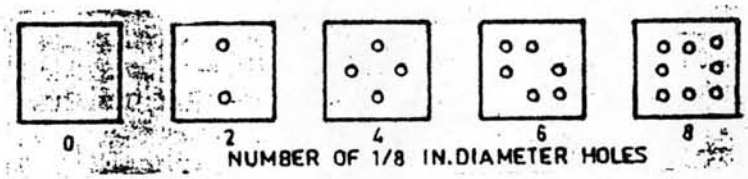
ง. ใบพัดควรมีพื้นที่ประมาณ 25-33 % ของพื้นที่หน้าตัดตามแนวดิ่งของถัง

จ. รูปร่างของใบพัดที่ทำให้เกิดตะกอนสมานดีที่สุดอยู่ระหว่างใบพัดแบบใบตั้งและใบพัดแบบนอนหน้าแคบ แต่อย่างไรก็ตาม ใบพัดแบบใบสี่เหลี่ยมจตุรัสจะให้การสมานตะกอนที่เลวที่สุด

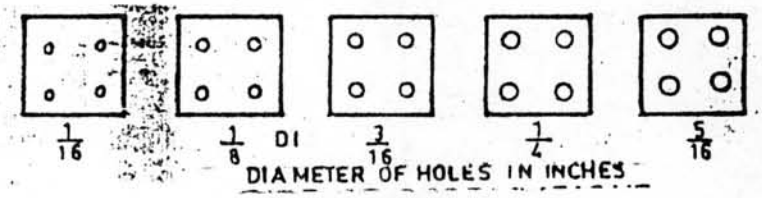
ในปี ค.ศ. 1972 Griffith และ William ได้ศึกษาและนำเอาข้อมูลจากการทดลอง Jar test ไปออกแบบระบบประปาที่ Phoenix Arizona เพื่อที่จะผลิตน้ำประปาให้



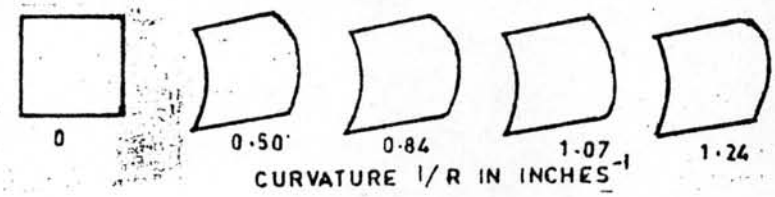
(ก) ความขรุขระของพื้นที่ผิว



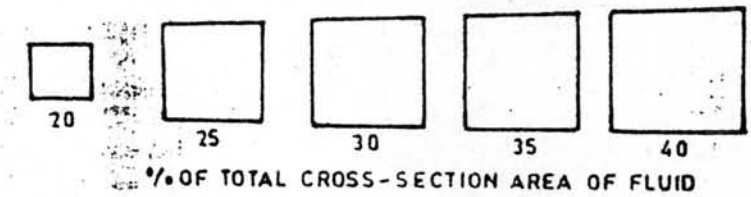
(ข) จำนวนของการเจาะรู



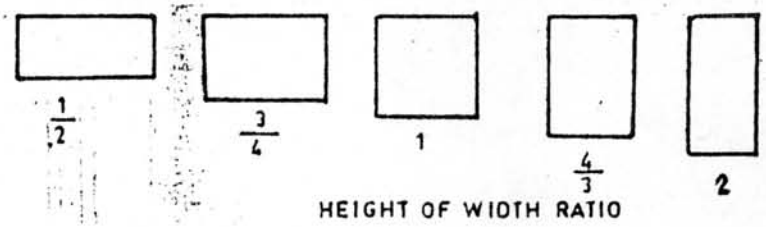
(ค) ขนาดของการเจาะรู



(ง) ความโค้งของใบพัด



(จ) พื้นที่ของใบพัด



(ฉ) รูปร่างของใบพัด

รูปที่ 2.1 คุณสมบัติและลักษณะของใบพัด (DRONY 1963)

ประหยัดและมีคุณภาพดี จากการศึกษาสรุปได้ดังนี้

ก. การนำเอา Jar test เข้ามาใช้มีความสำคัญ ผลของการศึกษาแสดงว่าอาจกำหนดการเติมสารช่วยสมานตะกอนและระยะเวลาในการกวนเพื่อให้ได้คุณภาพของน้ำที่ต้องการ

ข. น้ำที่ Phoenix ใช้เวลาในการกวนเร็วไม่เกิน 5 วินาที

ค. การกำจัดความขุ่นจะดีที่สุดเมื่อใส่สารช่วยสมานตะกอนขณะกวนเร็วซึ่งจะทำให้สารกระจายอย่างสม่ำเสมอ

ง. การกำจัดความขุ่นจะเพิ่มขึ้นกับเวลาสมานตะกอนจนถึง 30-35 นาที แต่เมื่อเกิน 35 นาที การกำจัดความขุ่นจะคงที่

จ. ค่าความเร็วเกรเดียนท์จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำดิบ ถ้าใช้ความเร็วเกรเดียนท์ถูกต้องจะทำให้การกำจัดความขุ่นดีที่สุด

ปี ค.ศ. 1976 Ananda Rao ได้พัฒนาการสมานตะกอน โดยได้รวมหน่วยของการกวนเร็วและการกวนช้ามาไว้ในหน่วยเดียวกันและเรียกเครื่องมือนี้ว่า เครื่องทำตะกอนแบบใช้ของแข็งเป็นตัวกลาง (solid media flocculator) และใช้กรวดเป็นตัวกลาง ผลการทดลองของ Ananda Rao พบว่า

ก. ขนาดของตัวกลางที่เหมาะสมจะมีขนาดตั้งแต่ 2 มม. จนถึง 2 ซม. ตัวกลางขนาดใหญ่ทำให้ค่าความเร็วเกรเดียนท์น้อยลงและประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นต่ำ แต่ถ้าตัวกลางมีขนาดเล็กจะทำให้ค่าความเร็วเกรเดียนท์สูงและประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูง

ข. เครื่องทำตะกอนแบบใช้ของแข็งเป็นตัวกลางจะทำให้เกิดตะกอนสมานดี เมื่อค่าความเร็วเกรเดียนท์มีค่าระหว่าง 25-60 วินาที$^{-1}$

ค. ใช้เวลาในการเก็บกัก 2-4 นาที

ง. ผลคูณของความเร็วเกรเดียนท์กับเวลาเก็บกักที่ให้ผลดีอยู่ระหว่าง 0.36×10^4 - 2×10^5 ค่าที่ให้ผลดีที่สุด คือ 1.3×10^4

จ. ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นดีที่สุดเมื่อใช้ขนาดของตัวกลาง 2 มม. สูง 30 ซม. อัตราการไหล 30 ลบ.ซม./ตร.ซม.-นาที ความขุ่นหลังตั้งทิ้งไว้ 30 นาที = 17 JTU ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 16.58 %

ปี ค.ศ. 1977 วีรวัฒน์ แจ้งอยู่ ศึกษาเครื่องทำตะกอนแบบใช้ของแข็งเป็นตัวกลาง โดยใช้ถ่านหิน (bituminous coal) มีขนาดตั้งแต่ 1 มม.- 30 มม. ความลึกของตัวกลางตั้งแต่ 20 ซม.- 465 ซม. ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ความเร็วเกรเดียนท์, เวลาเก็บกัก, อัตราการไหล ขนาดของตัวกลางและความลึกของตัวกลาง ผลการทดลองปรากฏว่า

ก. ค่าความเร็วเกรเดียนท์ที่เหมาะสม ในกรณีที่มีการขยายตัวของตัวกลางมีค่าระหว่าง 165-240 วินาที$^{-1}$ ส่วนในกรณีที่ไม่มีการขยายตัวของตัวกลางจะมีค่าระหว่าง 50-140 วินาที$^{-1}$

ข. ค่าผลคูณของความเร็วเกรเดียนท์กับเวลาเก็บกักที่ให้ตะกอนสมานดี ในกรณีที่ตัวกลางมีการขยายตัวอยู่ระหว่าง 0.8×10^4 - 2.3×10^4 และในกรณีที่ตัวกลางไม่ขยายตัวมีค่าประมาณ 3.6×10^4

ค. ใช้เวลาในการเก็บกัก 2-5 นาที ซึ่งถ้าเทียบกับการใช้เครื่องทำตะกอนแบบเก่า ต้องใช้เวลาเก็บกักประมาณ 20-40 นาที ทำให้สามารถลดขนาดของถังลงได้

ง. เมื่ออัตราการไหลต่ำและตัวกลางมีขนาดใหญ่เกิน 2.5 ซม. จะให้ตะกอนสมานไม่ดี อัตราการไหลของน้ำไม่ควรต่ำกว่า 30 ลบ.ซม./ตร.ซม.-นาที และไม่ควรสูงกว่า 300 ลบ.ซม./ตร.ซม.-นาที

จ. ขนาดของตัวกลางที่เล็กกว่า 1 มม. จะไม่เหมาะสม ในทางปฏิบัติตัวกลางที่เหมาะสมที่สุด ควรมีขนาด 1-2 มม.

ฉ. จากการทดลองพบว่า กรณีตัวกลางที่ไม่ขยายตัวเกิดตะกอนสมานดี เมื่อใช้ถ่านหินขนาด 1-2 ซม. สูง 270 ซม. อัตราการไหล 120 ลบ.ซม./ตร.ซม.-นาที เวลาเก็บกัก 1.5 นาที ตะกอนสมานมีขนาด 0.183 มม. ความขุ่นหลังจากตั้งทิ้งไว้ 30 นาที = 17.6 JTU

ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 13.9 % กรณีตัวกลางมีการขยายตัวใช้ถ่านหินขนาด 1-2 มม. สูง 180 ซม. อัตราการไหล 105.2 ลบ.ซม./ตร.ซม.-นาที อัตราการขยาย 30 % ความขุ่นหลังจากตั้งทิ้งไว้ 30 นาที = 11 JTU ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 5.2 %

Dr. S.V. Patwardhan ได้พัฒนาระบบผลิตน้ำประปา เพื่อลดการใช้เครื่องจักรกลและพลังงานไฟฟ้า โดยใช้การรวมตะกอนแบบผสมสารเคมีภายในเส้นท่อกับเครื่องทำตะกอนแบบของแข็งเป็นตัวกลาง, ถังตกตะกอนแบบ Multi Bottom Settling และถังกรองแบบ Multi Inlet Multi Outlet Filters ระบบผลิตน้ำประปานี้เรียกว่า MIMO Water Treatment Plant ซึ่งการใช้การรวมตะกอนแบบผสมสารเคมีภายในเส้นท่อกับเครื่องทำตะกอนแบบของแข็งเป็นตัวกลางนี้ต้องทำให้น้ำดิบผสมกับสารเคมีเข้าไปในเส้นท่อด้วยสภาวะ Vortex Flow เพื่อให้เกิดการกวนและการกระจายของสารเคมี แล้วให้ไหลขึ้นผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็ง พบว่า พลังงานที่ใช้ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำและขนาดของตัวกลาง สำหรับความขุ่นที่มากับน้ำดิบบางส่วนจะถูกจับโดยตัวกลางและทำให้เกิดการอุดตันขึ้น การอุดตันนี้ขึ้นกับคุณสมบัติของตัวกลางกับอัตราการไหล เมื่อเกิดการสูญเสียระดับน้ำ (head loss) มากพอจะทำให้ตัวกลางขยับตัวปล่อยความขุ่นที่อุดตันออกมา ลอยไปตกตะกอนในส่วนตกตะกอน ดังนั้น ตัวกลางที่เป็นวัสดุมีน้ำหนักเบาจะต้องมีการป้องกันการลอยตัว

ปี พ.ศ. 2523 ยุทธนา มหิจฉริยวงศ์ ศึกษาเครื่องทำตะกอนแบบใช้ของแข็งเป็นตัวกลางโดยใช้กรวดเป็นตัวกลางขนาดตั้งแต่ 1 มม.- 20 มม. ความลึกของตัวกลาง 0.5 - 1.5 ม. อัตราการไหลของน้ำผ่านตัวกลาง 0.20 - 1.50 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที ปรากฏว่า

1. เมื่อขนาดตัวกลางเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นจะลดลง จากการทดลองตัวกลางขนาด 1-5 มม. ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 9.3 %

2. ความลึกของตัวกลางมากขึ้น จะให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงขึ้น แต่ในขณะเดียวกันตะกอนจะตกค้างในชั้นตัวกลางมากขึ้น ทำให้ต้องล้างตัวกลางบ่อย

3. อัตราการไหลต่ำกว่า 0.23 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที ลงไป จะมีแนวโน้มที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงขึ้น

4. ค่าความเร็วเกรเดียนท์ที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูง อยู่ระหว่าง 80-250 วินาที$^{-1}$ และค่า Optimum Gt_d ระหว่าง 0.2×10^4 ถึง 1.0×10^4

5. ระยะเวลาทำตะกอนเพียง 1-5 นาที

6. ในการใช้ขนาดตัวกลางหลายขนาดเรียงจากขนาดเล็กขึ้นไปหาขนาดใหญ่ดีกว่าใช้ตัวกลางขนาดเดียว จากการใช้ตัวกลางขนาด 1-2 มม. ความลึกของตัวกลาง 1.00 ม. เปรียบเทียบกับการใช้ตัวกลางขนาด 1-2 มม. กับขนาด 2-5 มม. ความลึกอย่างละ 0.50 ม. โดยให้ตัวกลางขนาด 1-2 มม. อยู่ชั้นล่าง ใช้อัตราการไหล 0.49 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที เท่ากัน ปรากฏว่า ตัวกลางขนาด 1-2 มม. กับขนาด 2-5 มม. ความลึกอย่างละ 0.50 ม. ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 6.25 % แต่ตัวกลางขนาด 1-2 มม. ความลึก 1.00 ม. ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น 5.26 %

2.2 การตกตะกอน (Sedimentation)

ในปี ค.ศ. 1904 Hazen ได้ศึกษาถังตกตะกอนในอุดมคติ (ideal sedimentation tank) ใช้สำหรับการตกตะกอนของอนุภาคโดด (discrete particle) พบว่า การตกตะกอนของอนุภาคโดดที่ปนเข้ามากับน้ำดิบขึ้นอยู่กับอัตราน้ำล้น ไม่ขึ้นกับความลึกของถัง หากเพิ่มพื้นที่การตกตะกอนของถังตกตะกอนเป็น 2 เท่า ประสิทธิภาพตกตะกอนจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าและได้เสนอให้เพิ่มพื้นที่การตกตะกอนโดยเพิ่มแผ่นชั้นภายในถังตกตะกอนให้มีจำนวนมากขึ้นก็จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของถังมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าเพิ่มแผ่นชั้นภายในถังตกตะกอนมากเกินไปอาจทำให้ช่องว่างระหว่างแผ่นขนานเหล่านั้นน้อยเกินไปจนเกิดปัญหาเกี่ยวกับการยกตัวของตะกอนที่ตกค้างอยู่ในช่องว่างระหว่างแผ่นขนานเหล่านั้นและปัญหาการทำความสะอาดถัง

ในปี ค.ศ. 1946 Camp ได้ออกแบบถังตกตะกอน โดยใช้แผ่นขนานซ้อนกันเป็นชั้นวางขนานกับพื้นถัง แต่ละชั้นห่างกัน 6 นิ้ว ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 10.8 นาที เมื่อความเร็วในการไหลของน้ำ 9.3 ฟุตต่อนาที และอัตราน้ำล้น 667 แกลลอน/ตร.ฟุต-วัน ถังตกตะกอนแบบนี้มีปัญหาในทางปฏิบัติที่สำคัญ 2 ประการ คือ การควบคุมให้น้ำไหลผ่านแต่ละชั้นอย่างสม่ำเสมอและ

การถ่ายเทตะกอนออกจากแต่ละชั้นภายในถังเนื่องจากระยะของแต่ละชั้นภายในชิดกันเกินไป

ในปี ค.ศ. 1949 Schmitt และ Voigt ใช้ถังตกตะกอนที่มีแผ่นขนานซ้อนกัน 2 ชั้น แต่ละชั้นห่างกัน 15 ฟุต การนำตะกอนออกทิ้งโดยให้ไหลออกด้วยน้ำหนักตัวเอง ในปี ค.ศ. 1951 Dresser ได้รายงานเหมือนกันกับ Schmitt และ Voigt โดยใช้แผ่นขนานเป็นชั้น ๆ ที่ Cambridge, Massa.ในแต่ละชั้นห่างกัน 5 ฟุต ตะกอนไหลออกด้วยน้ำหนักตัวเองและมีเครื่องช่วยที่ปลายถัง

ในปี ค.ศ. 1953 Camp ได้ทดลองโดยใช้แผ่นขนานวางซ้อนกันเป็นจำนวนมาก ระยะห่างแต่ละชั้นน้อยมาก ปรากฏว่า ถังตกตะกอนแบบนี้สามารถกำจัดตะกอนได้ดี แต่มีปัญหาเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือนำตะกอนออกจากถัง

ในปี ค.ศ. 1967 Hansen และ Culp ได้ดัดแปลงถังตกตะกอน โดยใช้หลอดเล็ก ๆ วางในลักษณะเอียงทำมุมกับแนวราบ 5^{0} หลอดกลมที่ใช้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ตั้งแต่ 0.5 นิ้วถึง 4 นิ้ว ยาว 8 ฟุต ใช้อัตราไหลระหว่าง 2 ถึง 8 แกลลอน/ตร.ฟุต-นาที ถังตกตะกอนแบบนี้เรียกว่า ถังตกตะกอนแบบหลอด (tube settler) ปรากฏว่า ถังตกตะกอนแบบนี้สามารถแก้ปัญหาการถ่ายเทตะกอนออกจากแต่ละชั้นของถังตกตะกอนแบบตื้นที่มีแผ่นขนานวางเรียงซ้อนกันเป็นชั้น ๆ ได้ การเอียงหลอดให้มีมุมเอียง 5^{0} ทำให้ตะกอนสามารถไหลออกจากหลอดได้ด้วยน้ำหนักตัวเอง ผลการทดลองถังตกตะกอนแบบหลอดนี้ ปรากฏว่า ถ้าเพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหลอดหรือเพิ่มอัตราการไหล ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นจะลดลง ถ้าเพิ่มความยาวของหลอดประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นจะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ยังสามารถลดเวลาเก็บกักลงได้

ในปี ค.ศ. 1973 Yao ได้รายงานผลการทดลองของ Chen ซึ่งศึกษาถังตกตะกอนในอัตราสูง (high rate sedimentation) โดยใช้หลอดกลมแบบไหลขึ้น เส้นผ่าศูนย์กลางหลอดขนาด 0.5 นิ้ว, 1 นิ้ว, 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว ความยาวหลอดขนาด 2 ฟุต, 3 ฟุตและ 5 ฟุต ความเร็วของการไหล 0.27 ฟุต/นาที, 0.54 ฟุต/นาที, 0.80 ฟุต/นาที ซึ่งทดลองโดยเปลี่ยนแปลงความขุ่นของน้ำดิบแปรจาก 15-90 มก./ล., มุมเอียงของหลอดแปรจาก 0^{0}-75^{0} และอัตราน้ำล้นแปรจาก 80-5,000 แกลลอน/ตร.ฟุต-วัน ผลการทดลอง แสดงว่า ถ้าเพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์

กลางและอัตราการไหลประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นลดลง แต่ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นจะเพิ่มขึ้นเมื่อความยาวของหลอดเพิ่มขึ้นและความขุ่นของน้ำดิบเพิ่มขึ้น สำหรับมุมเอียงที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นดี ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหลอด, อัตราการไหล, คุณสมบัติของน้ำดิบและกระบวนการรวมตะกอน

ในปี ค.ศ. 1975 สุขุม โกศัยเสวี ได้ศึกษาทดลองใช้แผ่นสังกะสีลูกฟูกและแผ่นแอสเบสตอสซีเมนต์ที่ใช้มุงหลังคามาใช้ทำถังตกตะกอนแบบหลอด จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าวัสดุทั้งสองอย่างนี้ช่วยในการตกตะกอนได้ดีและพบว่า ถ้าใช้สังกะสีลอนกลางขนาดยาว 2 ฟุตและให้อัตราการไหลผ่าน (overflow rate) 2-3 แกลลอน/ตร.ฟุต-นาที จะสามารถกำจัดความขุ่นได้ถึง 90 % หรือมากกว่า และถ้าใช้สังกะสีลอนเล็กจะให้ผลในการกำจัดความขุ่นได้ดีกว่า แต่ถ้าใช้แผ่นกระเบื้องหรือแอสเบสตอสซีเมนต์แล้ว ต้องใช้ขนาดความยาว 3 ฟุตที่อัตราการไหลผ่านเท่ากันจึงจะให้ผลในการกำจัดความขุ่นทัดเทียมกัน

2.3 ถังโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ (Solid Contact Clarifier)

ถังโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ถังทำน้ำใสแบบชั้นตะกอน (sludge blanket clarifier) เป็นที่รู้จักกันในราวปลายศตวรรษที่ 19 ในระบบผลิตน้ำประปาเรียกว่า ถังตกตะกอน Dortmund ซึ่งเป็นถังโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ขนาดใหญ่ถังแรกที่สร้างขึ้นโดย Mueller-Nahnsen และ Kuiebucher ของ Dortmund ในปลายปี ค.ศ. 1880 โดยมีลักษณะเป็นรูปกรวยหรือปิรามิดหงาย เพื่อให้รับอนุภาคแขวนลอยและชั้นตะกอน มีเครื่องมือควบคุมการไหลของน้ำเข้าถังส่วนล่าง

ในปี ค.ศ. 1938 Charles H. Spaulding แห่งเมือง Spring field ได้ปรับปรุงถังโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์เป็นครั้งแรก โดยเรียกถังแบบนี้ว่า Precipitator ถังแบบนี้ได้รวมหน่วยผสมสารเคมีกับน้ำ, หน่วยที่รวมตัวทำให้ตะกอนเกิดก้อนโตและหน่วยตกตะกอนรวมไว้ในถังเดียวกัน

ในปี ค.ศ. 1967 Tesarik ได้กล่าวถึงถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ เมื่อเทียบกับถังตกตะกอนแบบธรรมดา ถังแบบนี้มีข้อดีหลายประการ เช่นระยะเวลาเก็บกักน้ำในถังสั้นประมาณ 1-2 ชั่วโมง การลงทุนก่อสร้างน้อยกว่าถังตกตะกอนแบบธรรมดาประมาณ 5 % และสามารถผลิตน้ำที่มีคุณภาพดีกว่า แต่ถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ต้องการความละเอียดในการควบคุมและความถูกต้องในการผสมสารเคมีกับน้ำดิบ นอกจากนี้ ยังแบ่งประเภทของถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ดังนี้

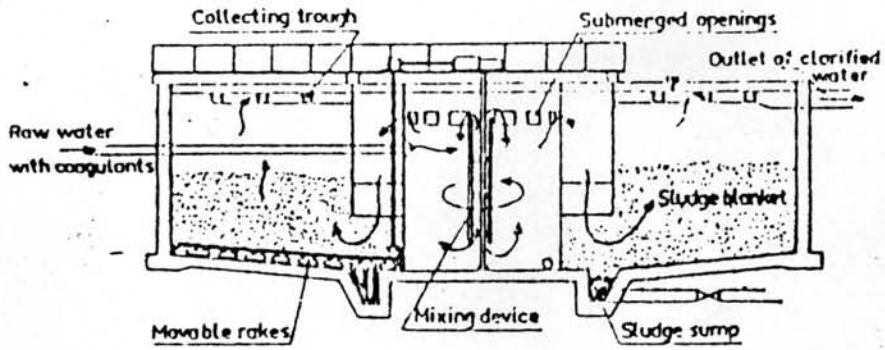
1. ถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์แบบ Mechanically Agitated bed
2. ถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์แบบ Hydraulically Fluidized bed
3. ถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์แบบ Slude Circulation
4. ถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์แบบ Unsteady Discharge
5. ถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์แบบ Hopper Bottom Hydraulically Fluidized

ในปี พ.ศ. 2515 เชาวยุทธ พรพิมลเทพ ได้ศึกษาถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ของโรงกรองน้ำธนบุรี กรุงเทพมหานคร ผลการทดลองสรุปได้ว่า

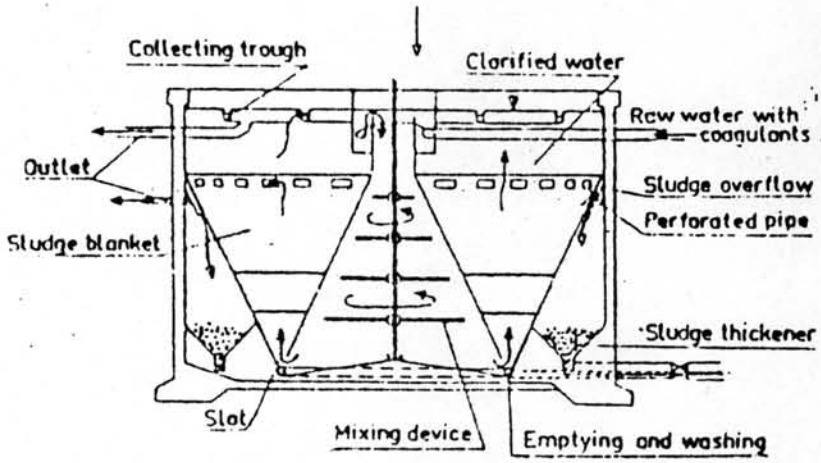
1. ปริมาณความเข้มข้นของตะกอน (sludge) ที่เหมาะสม อยู่ระหว่าง 15-25 % ซึ่งจะให้ความขุ่นในกระแสออกเหลืออยู่ 1.7-3.5 JTU แต่ถ้าปริมาณความเข้มข้นของตะกอน (sludge) มากกว่า 30 % ขึ้นไป ความขุ่นจะเหลืออยู่มากกว่านี้

2. ถ้าเพิ่มความหนาชั้นตะกอน (sludge blanket) ให้มากเกินไปจะทำให้ชั้นตะกอนแตกและตะกอนจะฟุ้งกระจายไปในกระแสออกที่อัตราการไหล 1.25 แกลลอน/ตร.ฟุต-นาที ความหนาที่ตะกอนระหว่าง 1.5-1.85 ม. ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นดี

3. อัตราการไหลระหว่าง 1.125 ถึง 1.730 แกลลอน/ตร.ฟุต-นาที จะให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นดี แต่ถ้าเกินจาก 1.730 แกลลอน/ตร.ฟุต-นาที จะทำให้ตะกอนปนไปในน้ำใสมาก ถ้าอัตราการไหลของน้ำเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจะทำให้ชั้นตะกอนแตก และตะกอน

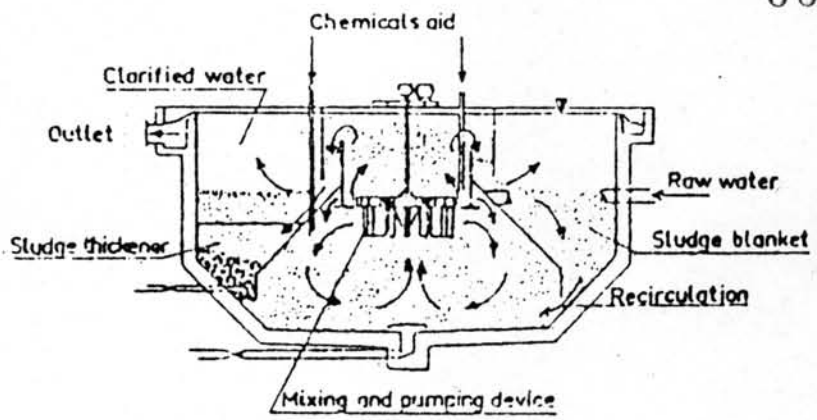


รูปที่ 2.2 ถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์แบบ Mechanically agitated bed

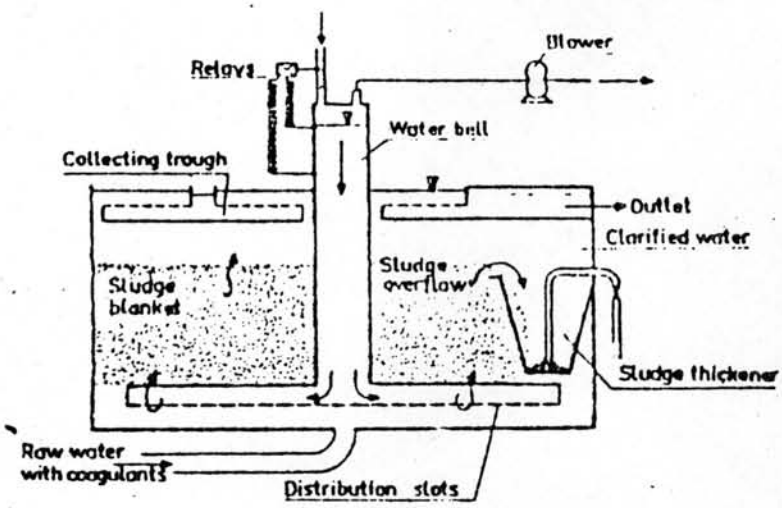


รูปที่ 2.3 ถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์แบบ Hydraulically fluidized bed

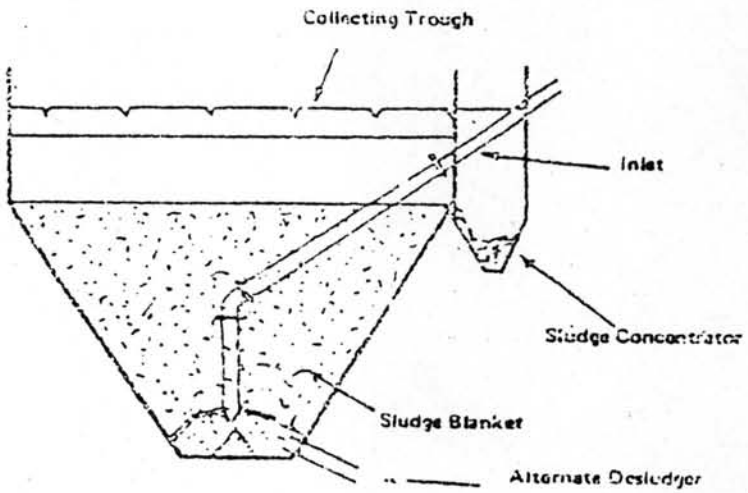
007355



รูปที่ 2.4 ถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์แบบ Sludge circulation



รูปที่ 2.5 ถังโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์แบบ Unsteady discharge



รูปที่ 2.6 ถังโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์แบบ Hopper bottom hydraulically fluidized

จะฟุ้งกระจายไปกับน้ำใส

ในปี พ.ศ. 2524 วีระ อินทรกุล ได้ศึกษาการทำงานของถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ที่ใช้แผ่นขนานเอียง ได้สรุปผลการทดลองดังนี้

1. การกำหนดค่าระยะห่างระหว่างแผ่นขนานจะต้องคำนึงถึงส่วนประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ค่าประสิทธิภาพการทำงานของถังทำน้ำใสที่ต้องการ, ราคาค่าก่อสร้างถังทำน้ำใส และความสะดวกในการทำความสะอาดถังทำน้ำใส

2. ขนาดมุมเอียง 60^{0} ของแผ่นขนานเอียงเป็นขนาดมุมเอียงที่ให้ประสิทธิภาพการทำงานดีที่สุดสำหรับการติดตั้งแผ่นขนานภายในถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์

3. การติดตั้งดีเฟลคเตอร์ขนาด 9 ซม. ระยะห่าง 40 ซม. บนแผ่นขนานเอียงขนาดมุม 60^{0} ระยะห่างระหว่างแผ่นขนาน 20 ซม. จะเป็นลักษณะการติดตั้งที่ทำให้ถังไซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์มีประสิทธิภาพสูงสุดและอัตราน้ำล้นที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดเท่ากับ 0.0814 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที มีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเท่ากับ 89.33 % และประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 91.25 %