บทที่ 5

ข้อมูลสำคัญในการออกแบบระบบกำจัด (DESIGN PARAMETER)

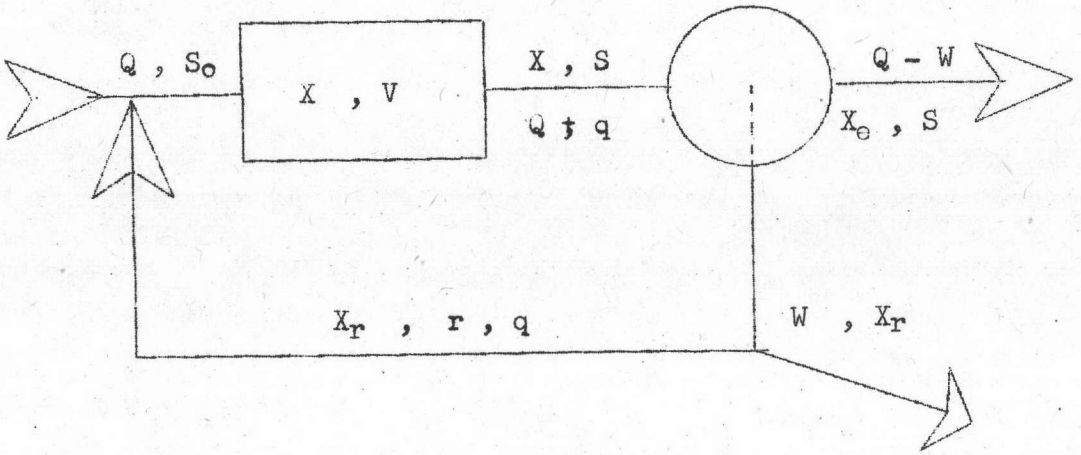
จากทฤษฎีบทที่กล่าวมาส่วนมาก ได้อธิบายพื้นฐานของระบบกำจัดแบบ Activated Sludge ในการออกแบบระบบกำจัดน้ำโสโครกทั้งหลายนั้นจำเป็นต้องอาศัยพื้นฐานเบื้องต้นมาใช้ประกอบเป็นส่วนมาก แต่มีการปรับปรุงให้ดีขึ้นโดยหาตัว Parameter ที่จำเป็นในการออกแบบระบบกำจัดน้ำโสโครกแบบ Activated Sludge ให้มีเหตุผลต่อเนื่องถึงลักษณะทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการศึกษาขั้นมูลฐานวิธีออกแบบระบบกำจัดน้ำโสโครกจากแป้งมันสำปะหลังโดยใช้ Activated Sludge ครั้งนี้จึงเลือกศึกษาเทคนิคในการออกแบบระบบกำจัดน้ำโสโครก โดยแนวทางของการใช้เหตุผลต่อเนื่อง (Rational Design Method) สองวิธีคือ

1. F/M Design Technique (STENSEL & SHELL)
2. SRT Design Technique (LAWRENCE & McCARTY)

แทนที่จะใช้วิธี Empirical ซึ่งไม่ให้อะไรทางด้านเหตุผล นอกจากวิธีการที่จะให้ผู้อื่นทำตาม แล้วหวังผลเท่านั้น สำหรับการออกแบบระบบกำจัดโดยใช้วิธีทั้งสองนี้ จะมีตัว Parameter ต่างๆ เหมือนๆกันหรือซ้ำกัน สามารถนำเอาเทคนิคทั้งสองมาใช้ให้สัมพันธ์กันได้ ซึ่งจะทำให้ข้อมูลการกำจัดน้ำโสโครกที่หาได้นี้ มีประโยชน์มากที่สุด

หลักการของเทคนิคทั้งสองดูได้จากรูป ก. ซึ่งเป็นแผนผังแสดงระบบกำจัดแบบ Activated Sludge ซึ่งจากรูปนี้จะมีตัว Parameter ที่เราทราบแน่นอนจากการวัดดูได้เพียง 2 ตัวคือ อัตราการไหล (Q) และความเข้มข้นของน้ำโสโครก (COD of Feed Strength = S_o)

รูป ก. แผนผังแสดงระบบกำจัดแบบ Activated Sludge



Q = Flow of Wastewater , gal/Day

So = Raw Waste BOD or COD , mg/l

S = Effluent COD , mg/l

X = MLSS Concentration in Aeration Basin , mg/l

V = Volume of Aeration Basin , gallon

q = Recycle Flow ,gpd

X_r = Clarifier Underflow , mg/l

W = Rate Of Excess Sludge Wasted , gpd

X_e = Effluent Suspended Solid Concentration , mg/l

จากรูป ก. นั้น ในการศึกษาวิธีออกแบบโดยใช้ F/M Technique และ SRT มีลักษณะพิเศษคือ

1. สามารถออกแบบระบบกำจัดให้ได้น้ำทิ้งที่สะอาดเท่าใดก็ได้ตามต้องการ โดยอาศัยสูตร และสมการที่ STENSEL , SHELL , LAWRENCE , และ McCARTY ได้ปรับปรุงและนำมาใช้ดังนี้

$$F/M = \frac{Q\ S_o}{X\ V} \qquad \text{..... (1)}$$

$$SRT = \frac{M}{\Delta X / \Delta t} = \frac{X\ V}{X_r\ W + X_e\ (Q-W)} \qquad \text{.... (2)}$$

$$U = \frac{\Delta S / \Delta t}{M} = \frac{Q(S_o - S)}{XV} \qquad \text{..... (3)}$$

$$\frac{1}{SRT} = Y\ U - b \qquad \text{..... (4)}$$

$$HRT = \frac{Y\ (S_o - S)\ SRT}{[1 + b\ (SRT)]\ X} \qquad \text{..... (5)}$$

$$1 / SRT = E\ (F/M)\ Y - b \qquad \text{.....(6)}$$

$$E = \frac{S_o - S}{S_o} \qquad \text{..... (7)}$$

Where :

F/M = Food to Microorganism Ratio

SRT = Sludge Retention Time , Days

M = Biological Mass in System , lbs

X = Aeration Tank MLSS Concentration , mg/l

X_r = Recycle Suspended Solids Concentration , mg/l

X_e = Clarifier Effluent S.S. Concentration , mg/l

$\Delta X/\Delta t$ = Biological Mass Wasted per Day , lbs/day

U = Specific Substrate RemowedUtilization Rate, Day^{-1}

Y = Solids Yield Coefficient

b = Microorganism Decay Coefficient , Day^{-1}

$\Delta S/\Delta t$ = Substrate Removed per day , lb/day

HRT = Hydraulic Retention Time , Days

E = Fraction of Substrate Removed

การศึกษาโดยใช้ F/M Ratio และ SRT Design Tech. ทั้งสองวิธีนี้การทดลองในห้องทดลองด้วยอุปกรณ์ขนาดย่อ (Pilot Plant Study) โดยการ Operate ที่ F/M Ratio และ SRT ต่างๆกันแล้วหาค่าที่เป็น Parameter Coefficient , etc ต่างๆออกมา เพื่อให้สมการต่างๆสมบูรณ์ เพื่อที่จะใช้ในการออกแบบ

2. เกี่ยวกับกากตะกอนเกินที่จะต้องเอาไปทิ้ง

(Net Sludge Production)

กากตะกอนที่เกิดจากการกำจัดน้ำโสโครก จะเป็นปัญหาที่สำคัญอันหนึ่ง การ Operate ระบบกำจัดน้ำโสโครกจะต้องคำนึงถึงการที่จะทำให้เกิดกากตะกอนส่วนที่เกิน (Excess Sludge) น้อยที่สุด เพราะจะได้ไม่ต้องสร้างระบบกำจัดกากตะกอนที่เกินนั้นเพิ่มขึ้นมาอีก

การหา Net Sludge Production โดยอาศัยสมการดังต่อไปนี้คือ

F/M Ratio Design Technique

Net Sludge Production = lbs BOD Removed / lbs Sludge Produced

SRT Design Technique อาศัยคำนวนหาจากสมการที่ 2.คือ

Quantity of Sludge Production Daily = Fraction of Total Solid in System

$$SRT = \frac{M}{X/t} = \frac{X\,V}{X_r\,W + X_e\,(Q - W)}$$

จากสมการนั้นเราจะต้องทราบ Parameter ที่สำคัญคือค่า Y และ b ซึ่งทั้งสองค่านี้จะสามารถหาได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการหรือจากการ

3. อัตราส่วนการสูบตะกอนกลับ (Solids Recycle Ratio)

การสูบตะกอนกลับมาใช้ของระบบกำจัดน้ำโสโครกมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมี เพราะจะช่วยคงความเข้มข้นของ Solids ในระบบกำจัดให้มีปริมาณตามต้องการ ซึ่งจะทำให้เกิด Biological Control ในระบบกำจัด ซึ่งทั้ง F/M Ratio และ SRT Design Technique นั้นการหาอัตราส่วนการสูบตะกอนกลับมาใช้อีก จะหาได้จากสมการ

$$(Q + q)X = q X_r \qquad \ldots\ldots (8)$$

$$X / X_r = r / (1+r) \qquad \ldots\ldots (9)$$

$$r = \frac{X}{X_r - X} \qquad \ldots\ldots (10)$$

จากสมการที่ 9 นั้น Recycle Ratio(r) จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ Solids ในถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย (X_r) และความเข้มข้นของ Solids ในถังเติมอากาศ (X)

ค่าของ X_r จำเป็นที่จะต้องหาโดยศึกษาถึง Sludge Trickening Characteristics ในถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย ค่าทั่วๆไปของ X_r ที่ใช้กันนั้นจะมีค่าอยู่ระหว่าง 6000 - 10000 ม.ก./ลิตร ซึ่งจะหาได้โดยแน่นอนจากการศึกษาเกี่ยวกับ Sludge Settling Velocity ในห้องทดลอง จะทำให้ทราบถึงอัตราส่วนที่จะสูบตะกอนกลับมาใช้อีกว่าเป็นเท่าไร

4. ความต้องการออกซิเจน (Oxygen Requirment)

ออกซิเจนเป็นสิ่งจำเป็นที่ระบบกำจัดต้องการนำไปใช้ในวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้คือ

1. Biodegradable Organic Matter
2. Endogeneous Respiration

จากสมการที่ 11 นั้นจะทำให้ทราบถึงความต้องการออกซิเจนของระบบกำจัดแบบ Activated S. ซึ่งต้องการนำเอาออกซิเจนไปใช้ในขบวนการ Oxidised และ Endogeneous Respiration ดังนี้

$$V \frac{d\,O_2}{dt} = \frac{Q (S_o - S)}{1 + b\,(SRT)} \left[a + ab(SRT) + b'(SRT)\, Y \right] \quad ..(12)$$

$$\frac{dO_2}{dt} = a \frac{dS}{dt} + b' X \qquad \ldots\ldots (12)$$

dO_2/dt = Oxygen Requirement , mg/l - day

a = Oxygen Requirement for Oxidation of Substrate for energy , mg O_2 / mg Substrate Removed .

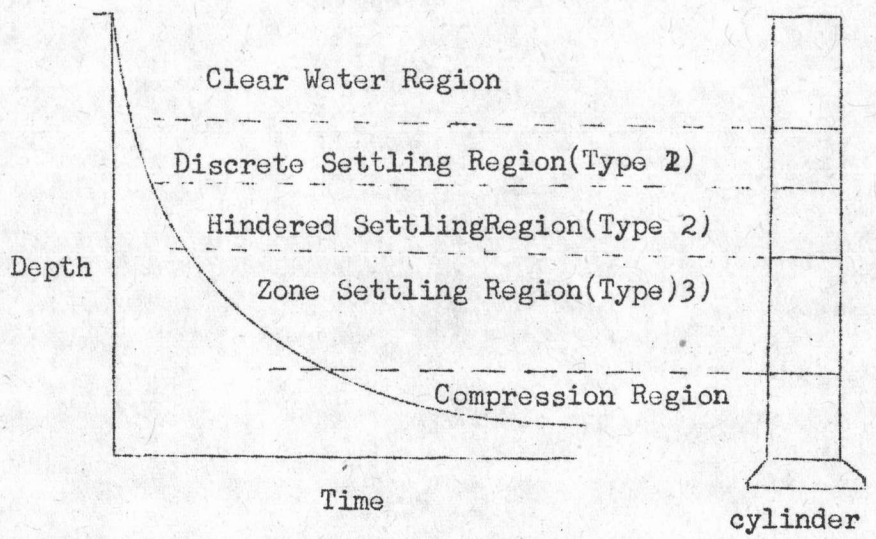
b' = Oxygen Requirement for Endogeneous Respiration mg O_2 / mg Solids Decay / day

$V(dO_2/dt)$ = The Oxygen Required per Day , mg

จากสมการทั้งสองจะเห็นว่า Specific Oxygen Utilization Rate จะเป็น Function กับ U และ X และ SRT แต่จำเป็นที่จะต้องศึกษาเกี่ยวกับค่า a และ b ซึ่งเป็น Coefficient ที่จะสามารถหาได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ

5. ถังตกตะกอนขั้นสุดท้าย (Final Sedimentation Tank)

การออกแบบถังตกตะกอนขั้นสุดท้ายจะเกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของ MLSS ที่จะคงไว้ในระบบกำจัด การออกแบบจะต้องศึกษาเกี่ยวกับ Zone of Settling และ Compression Settling ซึ่งจะรู้ได้จากทดลองดูการตกตะกอนของ MLSS ที่ความเข้มข้นต่างๆกันในระยะเวลาต่างกัน ดังรูป



ต่อมา TALMADGE และ FITCH ได้ปรับปรุงสามารถเขียนออกมาเป็นความสัมพันธ์กันได้ดังนี้

$$A = \frac{Q\, t_u}{H_o} \qquad \text{..... (13)}$$

$$H_u = \frac{C_o\, H_o}{} \qquad \text{..... (14)}$$

where:

A = Area Required for Sludge Thrickening , ft^2

Q = Flow Rate , cfs

H_u & H_o = Initial High of Interface in Column , ft.

t_u = Time to Reach Desired Underflow Concentration , sec.

C_u & C_o = Concentration of MLSS , mg/l

จากสมการที่ 13 และ นั้น ความสัมพันธ์ของค่าต่างๆ นั้นจะหาได้จากรูปข้างล่างนี้