

جلسه ۱۴:

لخته سازی (۲)

درس: مهندسی تصفیه آب و فاضلاب

دکتر علی رضا بازارگان

info@environ.ir

برخورد ذرات

- به طور طبیعی، به دلیل Brownian motion ذرات با هم برخورد می کنند (micro, perikinetic)
- ولی به هم زدن مایع، این برخوردها را افزایش می دهد (macro, orthokinetic)
- چون اندازه ذرات با هم فرق می کند، هنگام ته نشینی، سرعت متفاوت دارند که خود، منجر به برخوردهای بیشتر می شود
- استفاده از لخته سازها به صورت ترکیبی هم مقدور است: معمولاً اول نمک فلز، و سپس پلیمر

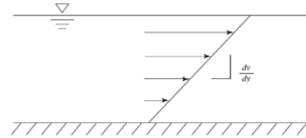
Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

همزنی

• میزان لخته سازی رابطه مستقیم با $G=dv/dy$ دارد

$$G = \left(\frac{P}{\mu \Psi} \right)^{1/2}$$

where G = global RMS velocity gradient, s^{-1}
 P = power of mixing input to vessel, W
 μ = dynamic viscosity of water, $Pa \cdot s$
 Ψ = volume of liquid, m^3



Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

سرعت همزدن

• هنگام اضافه نمودن ماده (Coagulation) سرعت همزنی بسیار بالایی نیاز است (flash mixing, rapid mixing) که موجب برخورد هر چه بیشتر ذرات در همان لحظات اول شود

• سپس در لخته سازی (flocculation)، سرعت باید کاهش یابد تا از پاره شدن و از بین رفتن لخته های بزرگتر جلوگیری شود

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

زمان ماند

Detention time = Residence time•
در عمل، زمان ماند کوتاه تر از آنچه محاسبه می شود است

$$t = \frac{V}{Q}$$

where t = theoretical detention time, s
 V = volume of fluid in reactor, m^3
 Q = flow rate into reactor, m^3/s

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

مقادیر مطلوب برای coagulation

Sweep (شدت کمتر، زمان و ماده شیمیایی بیشتر)	Adsorption/ Destabilization	
600-1000	3000-5000	G (s^{-1})
1-10	0.5	t (s)

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

انواع همزن

• همزن های متفاوتی وجود دارند که ما در این درس به سه عدد از متداول ترین آن ها اشاره می کنیم:

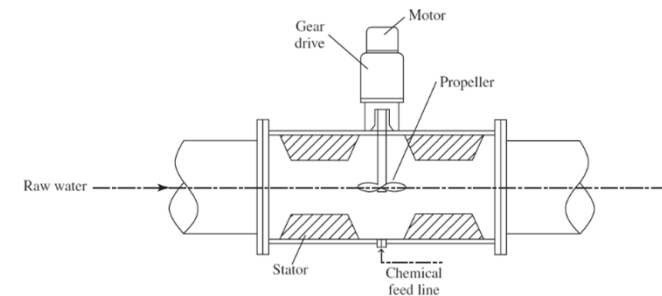
In Line Mechanical Mixing•
In Line Static Mixing•
Mechanical Mixing in Stirred Tanks•

• روش های دیگر:

Pressured Water Jets, Pipe Grid,•
Hydraulic Mixing, Vertical Turbine Mixing,
Paddle Mixing...

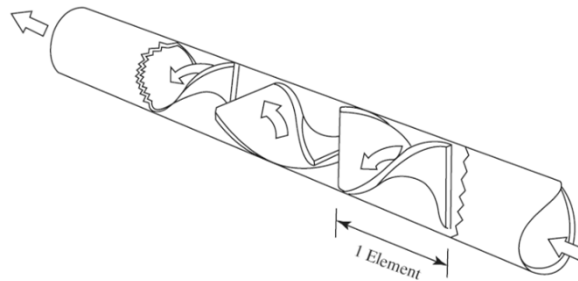
Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

همزن مکانیکی در خط



Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

همزن استاتیک در خط



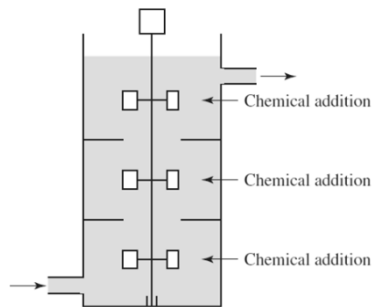
Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

تکلیف

- برای دبی آب ۱۰۰ متر مکعب در شبانه روز یک استاتیک میکسر طراحی کنید.
- قطر استاتیک میکسر بر عهده شماست
- مشخصات میکسر و معادلات مورد نیاز را خودتان از منابع موثق و یا از مکاتبه با شرکتهای سازنده میکسر و بروشورهای آن ها به دست آورید
- هنگام تحویل تکلیف مستندات استاتیک میکسر را نیز تحویل دهید.

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

همزن مکانیکی در تانک



Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

نوع پره ها



(a) Radial-flow turbine impeller



(b) Axial-flow impeller

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

توان همزن

• توانی که همزن ها به آب می دهند (حدودا 80% توان موتور)

$$P = N_p (n)^3 (D_i)^5 \rho$$

where P = power, W

N_p = impeller constant (also called power number)

n = rotational speed, revolutions/s

D_i = impeller diameter, m

ρ = density of liquid, kg/m³

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

طراحی تانک همزنی

Tank and impeller geometries for mixing

Geometric ratio	Range
D/T (radial)	0.14–0.5
D/T (axial)	0.17–0.4
H/D (either)	2–4
H/T (axial)	0.34–1.6
H/T (radial)	0.28–2
B/D (either)	0.7–1.6

D = impeller diameter

T = equivalent tank diameter = $\left(\frac{4A}{\pi}\right)^{0.5}$

A = the plan area

H = water depth

B = water depth below the impeller

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

همگنی همخوردگی

$$COV = \left(\frac{\sigma}{C}\right)(100\%)$$

where COV = coefficient of variation with time

σ = standard deviation of concentration, mg/L

C = average concentration over time, mg/L

The standard deviation is defined as

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (C_i - C)^2}{n - 1}}$$

where C_i = concentration of sample, mg/L

n = number of samples

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

تکلیف

• از یک تانک همزنی ۵ نمونه برداشت کرده ایم. با توجه به این که باید COV زیر ۱۰٪ باشد (ترجیحا زیر ۵٪)، دو عدد متفاوت پیشنهاد دهید که اگر مقادیر C_4 و C_5 باشد، سیستم همزن خوب عمل کرده است

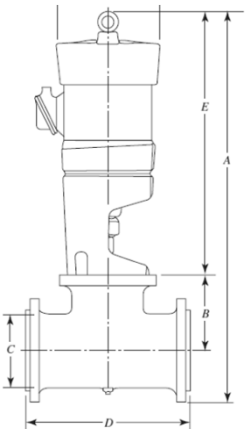
C5	C4	C3	C2	C1	نمونه
		۵۹	۵۲	۵۶	غلظت میلیگرم بر لیتر

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

مثال

- با فرض این که لخته سازی یک نمونه آب با مکانیزم جذبی/ناپایداری انجام می پذیرد، کدام همزن در خط را از میان گزینه های اسلاید بعد انتخاب می کنید؟
- دبی حجمی جریان $383 \text{ m}^3/\text{h}$ بوده و درجه حرارت آب 17 درجه می باشد. فرض کنید راندمان همزن 80% است. ویسکوزیته آب در 17 درجه برابر با $1.081 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ میباشد

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir



Model	Weight kg	Motor ^d power, W	Dimensions ^b				
			A	B	C	D	E
AZ-1	65	350	85	12	11	30	64
AZ-2	85	550	90	15	17	35	68
AZ-3	140	750	95	17	22	40	68
AZ-4	230	750					
		1,000	110	20	27	50	71
AZ-5	300	1,100					
		1,500	125	23	32	55	76
AZ-6	325	1,500	130	25	36	60	76
AZ-7	400	1,500					
		2,250	135	27	41	65	76
AZ-8	425	2,250	140	30	46	70	76
AZ-9	500	2,250	145	33	51	80	76
AZ-10	600	3,700	150	33	51	70	88
AZ-11	750	7,500	160	38	61	90	88
AZ-12	1,200	15,000	190	48	71	120	95
AZ-13	1,600	22,000	210	56	91	125	95

^aWhere two values are given, alternate motors are available for the model.

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

پاسخ

- به عنوان گزینه اول، حجم فضای واکنش را در مدل AZ-6 محاسبه می کنیم. طول فضا 60cm و قطر آن 36cm است

$$V = \frac{\pi(36 \text{ cm})^2}{4}(60 \text{ cm}) = 61,072 \text{ cm}^3$$

- زمان ماند را محاسبه می کنیم

$$t = \frac{(61,072 \text{ cm}^3)(10^{-6} \text{ m}^3/\text{cm}^3)}{383 \text{ m}^3/\text{h}} = 1.59 \times 10^{-4} \text{ h or } 0.57 \text{ s}$$

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

پاسخ

- از آنجا که راندمان همزن 80% است، 80% از توان خود را به آب انتقال می دهد

$$P = (0.8)(1,500 \text{ W}) = 1,200 \text{ W}$$

- با توجه به اسلاید شماره 3 مقدار G محاسبه می گردد

$$G = \left(\frac{1,200 \text{ W}}{(1.081 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s})(61,072 \text{ cm}^3)(10^{-6} \text{ m}^3/\text{cm}^3)} \right)^{0.5} = 4,263 \text{ s}^{-1}$$

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

مقادیر مطلوب برای flocculation

Gt values for flocculation

Type	G, s ⁻¹	Gt (unitless)
Low-turbidity, color removal coagulation	20-70	60,000 to 200,000
High-turbidity, solids removal coagulation	30-80	36,000 to 96,000
Softening, 10% solids	130-200	200,000 to 250,000
Softening, 39% solids	150-300	390,000 to 400,000

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

دستورالعمل flocculation

- سیستم باید انعطاف داشته باشد که بتوان G را 2 الی 3 برابر کرد
- هر چه درجه حرارت کاهش یابد، زمان ماند را باید افزایش داد
- هرچه لخته ها سنگین تر و فراوان تر باشند G را باید افزایش داد
- معمولاً تانک flocculation به چند مرحله تقسیم می شود که در طی آن ها، G کاهش می یابد
- سرعت خطی باید مابین 0.15 و 0.45m/s

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

مواد کمکی

- گاهی تعداد ذرات معلق کم است و تشکیل لخته دشوار است
- در این صورت می توان از مواد کمکی برای ایجاد هسته های مناسب برای ایجاد لخته استفاده نمود
- Polymers, Clay, Sodium Silicate, Activated Silica, Calcium Carbonate, Activated Carbon...
- به دلیل وزن بیشتر، مواد کمکی سرعت ته نشینی لخته را افزایش میدهند
- میزان استفاده کنترل شده = خود تبدیل به آلودگی مضاعف نشوند

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir