



همزن ها در فرایندهای تخمیری

استاد راهنما: دکتر ابراهیم واشقانی

ارائه دهنده: احسان حسنانی

هدف از همزدن:

- کمک به انتقال جرم
 - کمک به انتقال حرارت
-

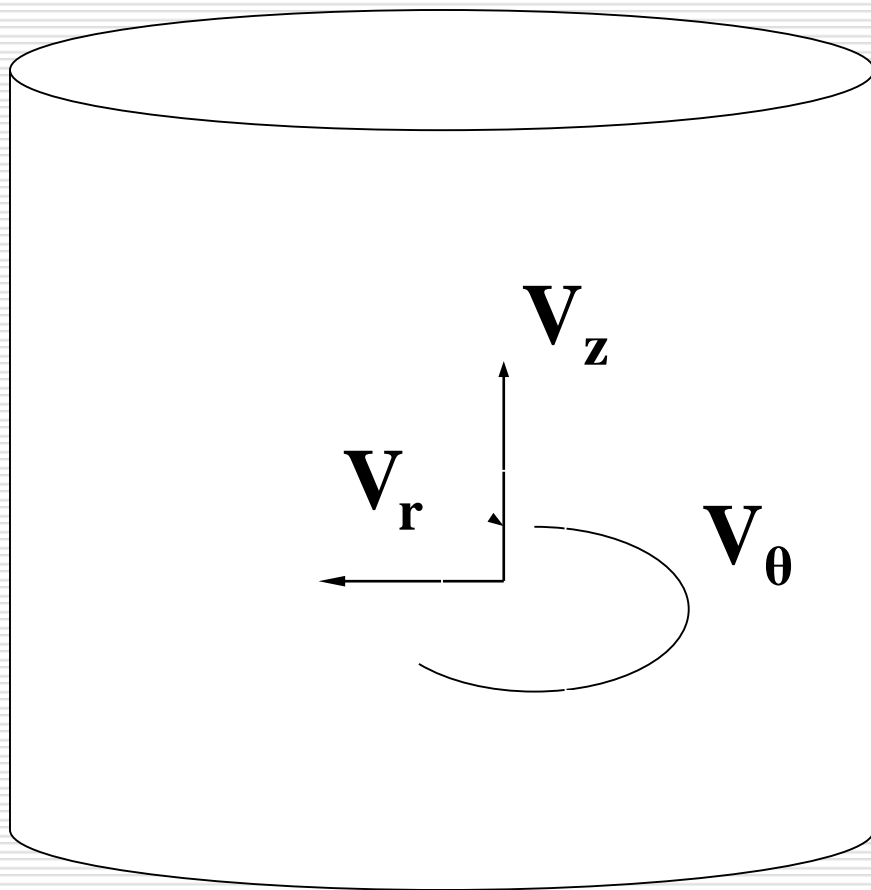
مخازن همزن دار (Agitated vessels)



همزن مکانیکی (Agitator)

ظرف (Vessel)

مولفه های سرعت



- محوري (V_z)
 - دوراني (V_θ)
 - شعاعي (V_r)
-

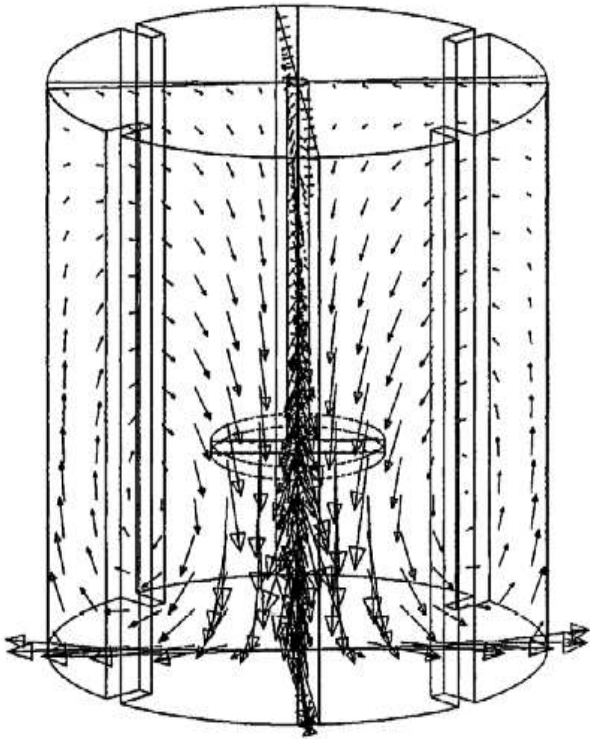
تقسیم بندی بر اساس الگوی جریان

□ همزن های جریان محوري: **(Axial-flow mixers)**

□ همزن های با جریان شعاعي **(Radial Flow)**

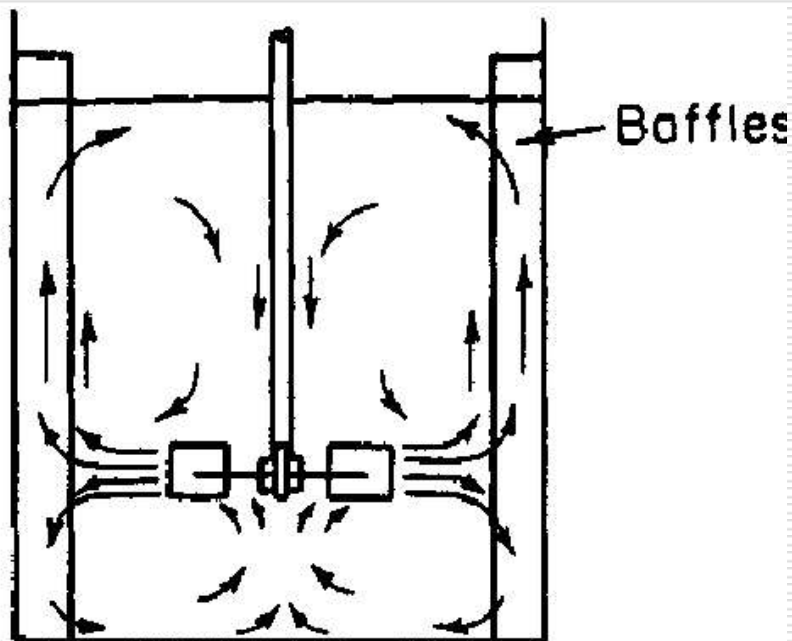
همزن هاي جريان محوري: (Axial-flow mixers)

□ پمپ شدن از بالا به پايين



همزن هاي با جريان شعاعي (Radial Flow)

□ دو ناحيه بالا و پايين



پره همزنهای جریان محوری

□ زاویه کمتر از 90 درجه به صفحه چرخش



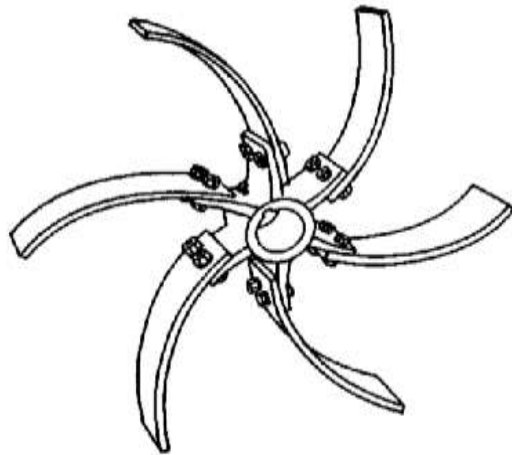
□ پره ملخي (propeller)



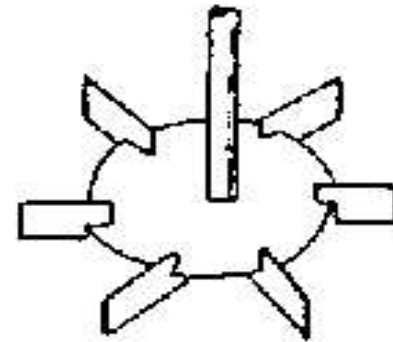
□ همزن هاي توربینی با پره شیب دار
□ (Pitched blade turbines)

پره همزنهای جریان محوری

عمود بر صفحه چرخش □



خمیده (Curved-blade)



مسطح (Flat-blade)

رفتار سیالات در همزن ها

Da : Impeller diameter,

N: Rotational speed ,

ρ : Density , μ : viscosity

$$N_{Re} = \frac{D_a^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu}$$

رژیم جریان

- متلاطم (turbulent) $Re > 10000$.
 - گذار (transient) $10000 > Re > 10$
 - آرام (laminar) $Re < 10$.
-

محاسبه توان همزن

$$P = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \quad \square$$

Q نرخ تخلیه (discharge rate) \square

$$Q = N_q \cdot N \cdot D_a^3$$

N_q ثابت تخلیه

N سرعت چرخش همزن

D_a قطر پره

$$H = \frac{N_p \cdot N^2 \cdot D_a^2}{N_q \cdot g}$$

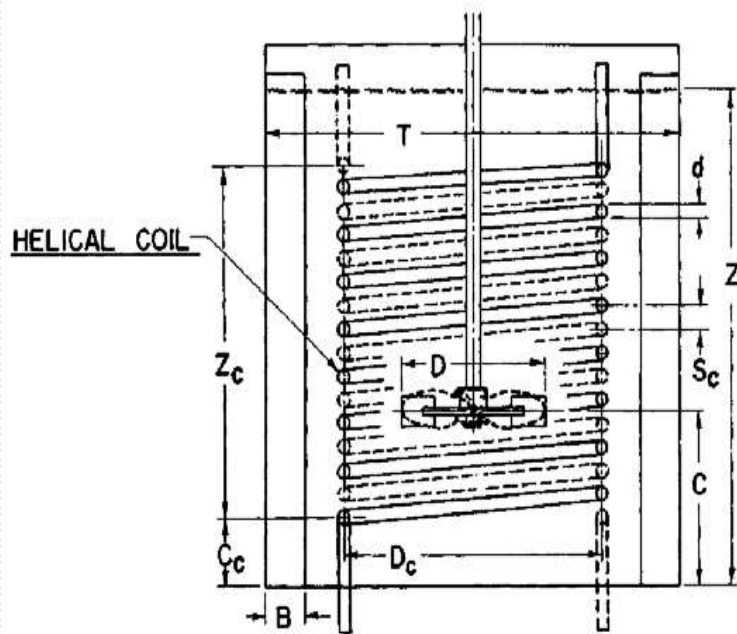
H هد سیال (fluid head) \square

عدد توان

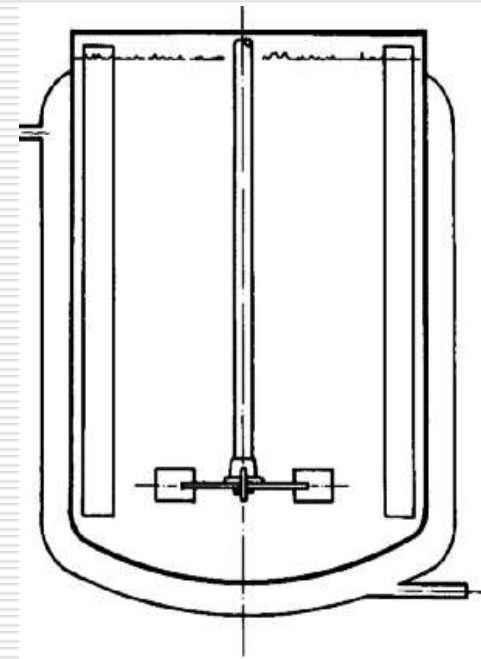
$$N_p = \frac{P \cdot g_c}{\rho N^3 D_a^3}$$

همزن هاي گرمایشی و سرمایشی

- الف - استفاده از کویل حرارتی بخار (steam coil)
- ب- استفاده از ژاکت حرارتی بخار (steam jacket)



کویل حرارتی بخار



Typical jacket arrangement for heat transfer.

روابط انتقال حرارت در مخازن همزن دار

عدد ناسلت: $Nu = h \cdot D_j / k$

عدد پراگندگی: $Pr = C_p \cdot \mu_b / k$

عدد رینولدز: $N_{Re} = \frac{D_a^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu_b}$

$$Nu = f (N_{Re} , Pr)$$

تخمیر پلی ساکاریدها

- صمغ زانتان (Xanthan)، صمغ گلان (Gellan)، پولونان (Pullulan)، آلژینات (Alginate)، کردلان (Curdlan) و گلوکان (Glucan)
-

صمغ زانتان به عنوان مدل

- پلی ساکارید برون سلولی (Extracellular)
 - زانثوموناس کمپستریس
 - (*Xanthomonas campestris*)
 - از نظر تجاری مهمترین پلی ساکارید باکتریایی
 - کاربردهای فراوان: عامل افزایش دهنده ویسکوزیته و پایدار کننده
 - صنایع غذایی، دارویی و پتروشیمی
-

پارامترهای موثر بر بهره وری

□ اختلاط توده

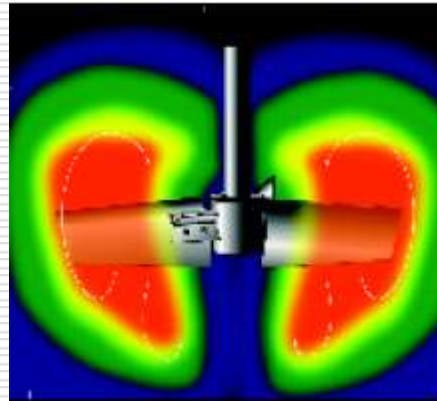
□ انتقال جرم اکسیژن

گلوگاه فرایند (Process bottleneck)

پیچیدگی های رئولوژیکی

- در ابتدا: سیال روان و نیوتنی
 - به تدریج: ویسکوز و غیر نیوتنی
 - با افزایش تنش ویسکوزیته کم می شود
 - (Shear thinning Fluid)
-

کاو Cavern



اندازه کاو : خواص سیال، توان ورودی و طرح همزن
(Agitator design)
یکی از عوامل محدود کننده در فرایند تخمیر.

مدل قانون توان (Power law model)

$$\text{Power law Model: } \tau = K\dot{\gamma}^n$$

$K = 0 - 70 \text{ N/m}^2 \cdot \text{S}^n$ (اندیس قوام) (Consistency Index)

$n = 1 - 0.1$ (اندیس رفتار سیال) (Fluid behavior Index)

در $n \leq \sim 0.3$ کاو تشکیل می شود \square

تعیین اندازه کاو

- دو روش وجود دارد:
 - روش السون و نینو (1986)
 - روش امان ا... (1998)
-

روشن السون و نينو (EN model)

□ معادله هرشل-باکلی (HB)

□ کاسون (Casson)

Herschel-Bulkley(HB) eq.

$$\tau_{HB} = (\tau_y)_{HB} + K_{HB} \dot{\gamma}_{HB}^n$$

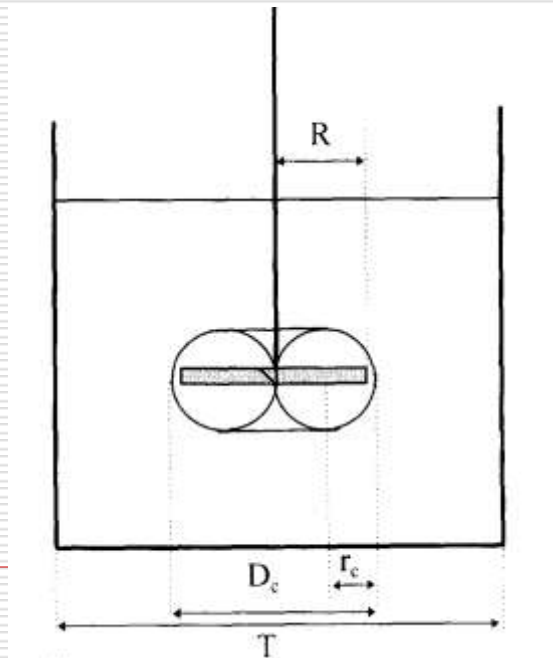
Casson eq.

$$\tau^{0.5} = (\tau_y)^{0.5}_c + K_c \dot{\gamma}^{0.5}$$

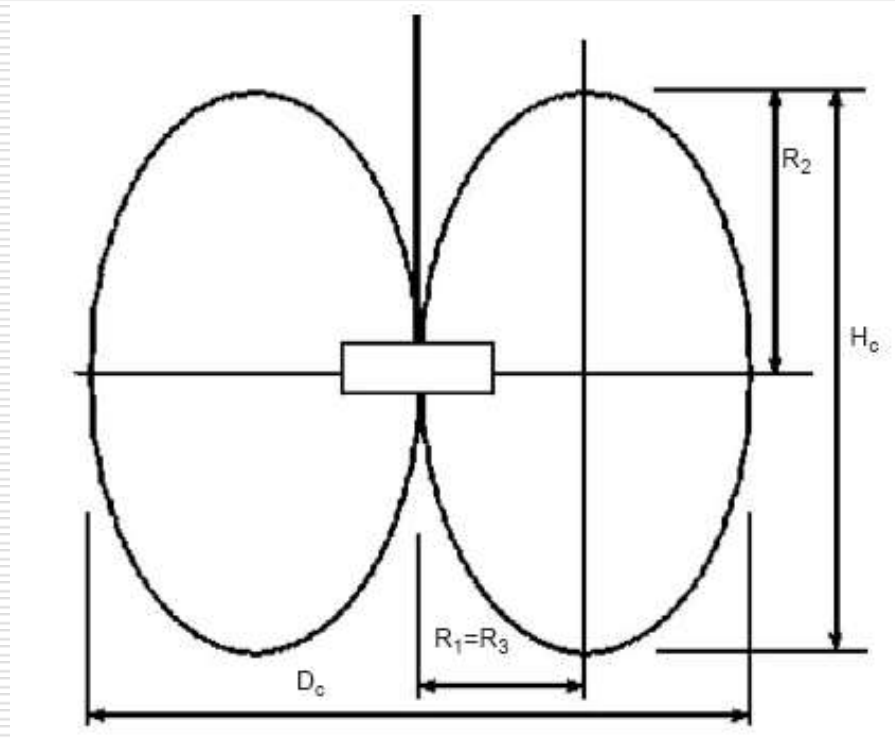
موازنه گشتاور (Torque balance)

□ تنش ایجاد شده توسط پره همزن در فصل مشترک کاو =
تنش تسلیم سیال

□ با فرض کروی بودن کاو می توان قطر آن را (D_c) به
دست آورد.



روش امان ... (1998)



ممنتم کل ایجاد شده توسط پره:
مجموع مولفه های مماسی
(Tangential) و محوری
(Axial)

کاو، حلقوی شکل
(Torus-shaped) فرض می
شود.

تأثير نوع پره بر كارايي تخمير زانتان

- Standard Rushton turbine (SRT, $D/T = 0.33$)
- Large diameter Rushton turbine (LRT, $D/T = 0.42$)
- Prochem Maxflo T (PMD, $D/T = 0.44$)
- Scaba c (SRGT, $D/T = 0.54$)



مقایسه بر اساس مصرف انرژی

- کل انرژی همزدن لازم برای انجام فرایند تخمیر:
 - انتگرال گیری توان مخصوص ورودی (Specific power input) نسبت به زمان تخمیر (Fermentation time)
 - کمترین انرژی لازم مربوط به همزن PMD بود
-

مقایسه بر اساس کیفیت صمغ

- بهترین نتایج با LRT به دست آمد و صمغ با پایین ترین کیفیت مربوط به PMD بود.
 - نتیجه: طبق هیچ کدام از معیارهای بالا SRT گزینه مناسبی نبود.
-

منابع

- [1] Perry, R.H. & Green, D.W. (1973) Perry's Chemical Engineers' Handbook (Fifth edition). New York, N.Y., USA: McGraw Hill. pp. 19-3 to 19-9. □
- [2] Amanullah A., Buckland B.C., Nienow A,W, Mixing in the Fermentation and Cell Culture Industries, [*Handbook of Industrial Mixing: Science and Practice \(Chapter 18\)*](#), E. L. Paul,V. Atiemo-Obeng and S.M. Kresta, Editors, John Wiley and Sons, New York, 2004. □
- [3] **The influence of impeller type in pilot scale Xanthan fermentations**, A. Amanullah *, L. Serrano-Carreón , B. Castro , E. Galindo, A. W. Nienow ; Biotechnology and Bioengineering journal, *Biotechnol Bioeng* **57**: 95-108, 1998. John Wiley & Sons, Inc. □
- [4] **A new mathematical model to predict cavern diameters in highly shear thinning, power law liquids using axial flow impellers** , A. Amanullah, S. A. Hjorth and A. W. Nienow, *Chemical Engineering Science*, Vol. 53, No. 3, pp. 455-469, 1998 □
- [5] Robert J. Wilkens - Christopher Henry - Lew E. Gates, [How to Scale-Up Mixing Processes in Non-Newtonian Fluids](#), <http://www.aiche.org/uploadedFiles/CEP/Issues/050344.pdf> □
-