

EXAMEN FINAL – ELEMENTOS DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DR. EDMUNEDO BRITO DE LA FUENTE JUNIO 2002

• MEZCLADO DE FLUIDOS

- La formulación de un producto alimenticio se realiza en un tanque agitado que opera con una turbina clásica tipo Rushton. Para el diseño del proceso, se requiere estimar el tamaño del motor. El sistema de agitación esta dado por el siguiente donde los criterios de diseño son los tradicionales, esto es, $d / D = 0.33$ (fig de examen)

- ♦ Las condiciones de operación son:
 - ◇ Densidad = 1069 kg/m³ Propiedades reológicas se anexan.
 - ◇ Velocidad del agitador = 200 RPM
 - ◇ Diámetro del agitador = 0.61 m.
 - ◇ Reología del fluido para el problema #1. Note que $y = S^{-1}$; = Pa

=	()=
1	25
2	29.73
3	32.902
4	35.355
5	37.384
6	39.127
7	40.664
8	42.045
9	43.301
10	44.457
11	45.529
12	46.53
13	47.471
14	48.358
15	49.2

PREGUNTAS:

- *Modelo que siguen los datos reológicos?*

Si sacamos el log a ambas columnas de datos para linealizarlos, y hacemos una recta con ellos obtenemos que:

La pendiente $m = 0.249$

La ordenada al origen $b = 1.397$

Log ($\dot{\gamma}$)		($\dot{\gamma}$)	log (($\dot{\gamma}\dot{\gamma}$)
0	1	25	1.397
0.301	2	29.73	1.473

0.477	3	32.902	1.517
0.602	4	35.355	1.548
0.698	5	37.384	1.572
0.778	6	39.127	1.592
0.845	7	40.664	1.609
0.903	8	42.045	1.623
0.954	9	43.301	1.636
1	10	44.457	1.647
1.041	11	45.529	1.648
1.079	12	46.53	1.667
1.113	13	47.471	1.676
1.146	14	48.358	1.684
1.176	15	49.2	1.691

Por lo que se establece un modelo linealizado para describir los datos reológicos del producto alimenticio. Donde se podrá obtener el valor real de b.

$$\log () = m \log () + b$$

$$\log () - m \log () = b$$

Por lo que el valor verdadero de b es 24.94 y como la pendiente m no es afectada por ningún logaritmo su valor es el mismo: 0.249

• ***En que régimen de flujo se opera (Re)?***

Velocidad del agitador = 200 rpm/ 60 s = 3.33 rev/s

$$b = k = 24.94$$

$$m = n = 0.25$$

régimen turbulento (transición)

• ***La potencia de consumida (kW y HP). Comente y discuta sus resultados.***

A partir de las curvas de Bates con el Re que se calculó y siguiendo la curva de la turbina tipo Ruchton se leyó el Número de Potencia:

$N_p = 3.7$ de donde se despeja la Potencia requerida para el agitador.

W

$$12.355 \text{ kW} \mid 1.341 \text{ hp} \mid 1 \text{ KW} \mid = 16.54 \text{ hp}$$

La potencia es un dato muy importante es lo que requerimos para mover dicho agitador pero necesitamos saber por cuanto tiempo para lograr la homogeneización del producto alimenticio (es decir que tengamos las mismas características en cualquier parte del sistema) para poder obtener el consumo total.

• ***¿Que tipo de motor eléctrico (AC o DC) sugiere? Justifique su respuesta***

Se debe escoger el modelo inmediato superior comercial en consumo de potencia. Se debe tener en cuenta el tipo de alimentación que existe en la planta, alterna o directa. No podemos trabajar con un motor de corriente alterna si la planta no cuenta con ese tipo de suministro o viceversa.

El motor sería de corriente alterna, de inducción de tipo de jaula de ardilla ya que son los de mayor uso en la industria, bajo costo, fácil mantenimiento y reparación, además de ser el más adecuado para las necesidades del agitador; considerando que la velocidad permanece constante, aunque se le puede adaptar un variador de frecuencias para evitar el arranque súbito y violento.

- ***Si requiere de escalar el proceso (i.e. multiplicar por 10 veces el volumen de trabajo del tanque de la figura), ¿qué criterios de escalamiento emplearía? ¿Cuál sería la potencia consumida?***

La sugerencia de escalamiento en este caso es de tipo geométrica, puesto que se sugiere aumentar diez veces el volumen de tanque, esto no significa que las semejanzas dinámicas y cinemáticas se obtengan al mismo tiempo. El objetivo que se persigue en este caso es el de *igual movimiento de líquidos*. Para realizar el escalamiento necesitamos calcular el volumen del tanque.

Volumen tanque.

$d / D = 0.33$ de donde $D = d / 0.33 = 0.61 \text{ m} / 0.33 = 1.848 \text{ m}$ (diámetro y altura del tanque). Radio = 0.924 m

$V = \pi r^2 h = \pi (0.924 \text{ m})^2 1.848 \text{ m} = 4.956 \text{ m}^3$ (volumen del tanque)

Criterios de escalamiento

Llamaremos 1 al sistema piloto o de menor escala y 2 al sistema de mayor escala.

Diámetro del agitador 1. $Da1 = 0.61 \text{ m}$

Diámetro del tanque 1. $DT1 = 1.848 \text{ m}$

Volumen del agitador 1. $V1 = 4.956 \text{ m}^3$

Volumen del agitador 2. $V2 = 49.56 \text{ m}^3$

Velocidad del agitador 1. $N1 = 200 \text{ rpm} = 3.33 \text{ rev/s}$

$NRe = 131.697$

$Np = 3.7$

R es la razón de aumento de escala. Para un cilindro estándar con diámetro igual a altura:

Las dimensiones del sistema de agitación más grande, se calcula de la siguiente manera:

Diámetro del agitador 2. $Da2 = R Da1 = (2.154) (0.61 \text{ m}) = 1.533 \text{ m}$

Diámetro de tanque 2. $DT2 = R DT1 = (2.154) (1.848 \text{ m}) = 3.981 \text{ m}$

Velocidad del agitador 2. rev/s

(n = 1 para igual movimiento de líquidos)

Para calcular la Potencia para el sistema 2, lo hacemos con el N_p y las nuevas dimensiones del agitador.

W

$$P_2 = 123.502 \text{ KW}$$

$$P_2 = 165.49 \text{ hp}$$

2.- MEZCLADO DE FLUIDOS.

Para fluidos que siguen el modelo de Carreau, cómo esta relacionada la potencia (P) con la velocidad del agitador (N)? Justifique su respuesta Claramente!

El modelo reológico de Carreau estima la viscosidad como una función de la velocidad de cizalla, y es el siguiente:

La manera de relacionar la potencia (P) con la velocidad del agitador (N) es mediante el N_p y el Re usados para calcular la potencia en las curvas de Bates, por lo que el modelo de Carreau se sustituye en la del Re .

Sabiendo que $N_p(Re) = K_p$ y que se sustituyen el Re y N_p .

Reduciendo términos:

Despejando la Potencia:

Podemos que la potencia se relaciona al cuadrado con la velocidad del agitador.

3.- SECADO – CHE

Durante el secado de un producto alimenticio se obtienen los siguientes datos de contenido de humedad en equilibrio como función de la actividad acuosa, a 25° C.

Actividad Acuosa	Cont. de humedad en equilibrio (g agua / g ss)
0.115	0.13406
0.316	0.1570
0.473	0.1981
0.748	0.2409
0.791	0.2499
0.853	0.2767
0.958	0.389

PREGUNTAS:

- **Que modelo matemático representa mejor los datos? Pruebe al menos dos modelos!**

Ver anexo 1.

- Si la temperatura se incrementa a 35° C., que efecto tendría sobre el contenido de humedad en equilibrio? Justifique ampliamente sus respuestas!

El contenido de humedad de equilibrio de un sólido disminuye en aumentar la temperatura, con frecuencia para intervalos de temperatura moderados, se supone que el contenido de humedad de equilibrio es constante cuando no se dispone de datos experimentales a diferentes temperaturas, en general no hay relaciones empíricas para la mayoría de los materiales, y los contenidos de humedad de equilibrio se deben determinar experimentalmente.

4.- SECADO – CINETICA

Durante el secado de una fruta se emplea aire con las siguientes características; 65° C y un punto de rocío de 24.95 ° C. El aire fluye a una velocidad de 2.0 m/s, en paralelo, a una serie de charolas donde se encuentran el equivalente a 325 kg. De fruta seca. El total del área expuesta al secado es de 20 m². Datos de una cinética de deshidratación en las condiciones anteriores, son descritos a continuación:

tti=	WWi=
0	667.44
0.5	659.475
1	649.08
1.75	634.365
2.75	614.79
3.75	594.54
5.25	572.535
6.25	560.25
8.75	542.565
11.25	537.03
15	533.925

Donde tt = tiempo (hr) y WW = kg. Agua / sólido seco. El contenido de humedad en equilibrio ha sido estimado en 0.6 kg de agua / kg sólido seco.

Estime:

- La curva de secado en base seca.

Para lo que tenemos que hacer un recálculo de los datos del experimento.

Tiempo (h)	W (kg agua /kg ss)	xt= (W-Ws)/Ws	x =xt-x* (kg agua/ kg ss)	Pendientes (dx/dt)	R (kg agua/h m ²)	1/R
0	667.4400	1.0537	0.4537	-0.0420	0.6825	1.4652
0.5	659.4750	1.0292	0.4292	-0.0640	1.0400	0.9615
1	649.0800	0.9972	0.3972	-0.0613	0.9961	1.0039
1.75	643.3650	0.9796	0.3796	-0.0600	0.9750	1.0256
2.75	614.7900	0.8917	0.2917	-0.0620	1.0075	0.9926
3.75	594.5400	0.8294	0.2294	-0.0450	0.7313	1.3675
5.25	572.5350	0.7616	0.1616	-0.0380	0.6175	1.6194

6.25	560.2500	0.7238	0.1238	-0.0216	0.3510	2.8490
8.75	542.5650	0.6694	0.0694	-6.6400e-3	0.1079	9.2678
11.25	537.0300	0.6524	0.0524	-2.5600e-3	0.0416	24.0385
15	533.925	0.6428	0.0428			

W = Datos.

Ws = Ls = peso del alimento seco = 325 kg.

xt = humedad relativa.

x* = humedad en equilibrio = 0.6 kg agua / kg ss

R = velocidad de secado

Curva Ver anexo 2

- **La curva de velocidad de secado como función del contenido de humedad (base seca)**

Curva Ver anexo 2

- **A partir de la curva de velocidad de secado, el tiempo de secado para reducir el contenido de humedad de 0.4 a 0.05 kg de agua / kg de sólido seco.**

Área bajo la curva a partir de la gráfica anexa.

$$A = (0.017 \times 20) + (0.035 \times 8.3) + (0.06 \times 3.5) + (0.14 \times 2) + (0.1 \times 1.5) = 1.2705 \text{ m}^2$$

horas

- **Si existe período constante, estime la velocidad de secado como kg. de agua / hr m² y la velocidad de evaporación como kg de agua / hr.**

Geankoplis C. J. 3° Ed. Pp 168

Geankoplis C. J. 3° Ed. pp 595