

Cambiador de calor de carcasa y tubos

Objetivos:

- Estimar el área de transmisión de calor a partir de los datos de operación.
- Determinar las características geométricas de un cambiador para calcular su área efectiva de intercambio.
- Usar ecuaciones empíricas para calcular coeficientes individuales

Ecuación de diseño	$dQ = -m' C_p' dT' = m'' C_p'' dT''$
Expresión integrada (tubos concéntricos)	$Q = U A \frac{\Delta T_{(2)} - \Delta T_{(1)}}{\ln \frac{\Delta T_{(2)}}{\Delta T_{(1)}}} = U A \Delta T_{ml}$
Ecuación para cambiadores multitubulares (corrección)	$Q = U A F_T \Delta T_{ml}$
Cálculo del área	$A = \frac{Q}{U F_T \Delta T_{ml}}$
Temperaturas, medidas	T_1', T_2', T_1'', T_2''
Flujo de calor, calculable	$Q = m' C_p' (T_1' - T_2') = m'' C_p'' (T_2'' - T_1'')$
Coefficiente de transmisión de calor, dado por el fabricante	$U = 400 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Factor de corrección, F_T , calculable a partir de parámetros	$Z = \frac{T_1' - T_2'}{T_2'' - T_1''} \quad \eta_c = \frac{T_2'' - T_1''}{T_1' - T_1''}$

Características geométricas del cambiador (medir)	
Lado de los tubos	Lado de la carcasa
Número de pasos	Número de pasos
Diámetro interno	Diámetro del eje central
Diámetro externo	Diámetro del haz
Longitud	Separación entre deflec- tores
Número de tubos	
Distancia entre tubos (cla- ro)	
Distancia entre centros (ajuste)	
Tipo de disposición	

Calcular:

- Espesor de la pared, áreas de intercambio (interna y externa) y área mínima libre entre hileras de tubos.

Estimación de coeficientes individuales:

Coeficientes individuales de transmisión de calor para Flujo Interno		
Autores	Ecuación	Condiciones
Sieder y Tate	$Nu = 1,86 Re^{\frac{1}{3}} Pr^{\frac{1}{3}} \left(\frac{D}{L}\right)^{\frac{1}{3}}$	Régimen laminar $Re < 2.000$
Hausen	$Nu = 0,116 \left(Re^{\frac{2}{3}} - 125\right) Pr^{\frac{1}{3}} \left[1 + \left(\frac{D}{L}\right)^{\frac{2}{3}}\right]$	Régimen de transición $2.000 < Re < 10.000$
Dittus - Boelter	$Nu = 0,023 Re^{\frac{4}{5}} Pr^{\frac{1}{3}}$	Régimen turbulento $Re > 10.000$ ($Pr^{2/5}$ para calentamiento)

Coeficientes individuales de transmisión de calor para Flujo Externo			
Autores		Ecuación	
Varios (Perry & Chilton)		$Nu = a Re^m Pr^{\frac{1}{3}}$	
Condiciones			
Re calculado con D_o (diámetro externo de los tubos individuales) y $G_{m\acute{a}x.}$ (velocidad másica a través del área mínima libre entre hileras de tubos, normal al flujo).			
Re	m	a = f(disposición); con deflectores	
		Alineada	Alternada
1 - 100	0,410	0,513	0,650
100 - 300	0,508	0,329	0,416
> 3000	0,600	0,156	0,198

Corrección con:

$$\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$$

Módulos	Variables
$Re = \frac{D G}{\mu}$	D: diámetro [m] G: velocidad másica [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$]
$Pr = \frac{C_p \mu}{k}$	μ : viscosidad [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$] C_p : capacidad calorífica [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]
$Nu = \frac{h D}{k}$	k: conductividad térmica [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$] h: coeficiente individual de transmisión de calor [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]

Coeficiente global a partir de coeficientes individuales:

$$\frac{1}{U'} = \frac{1}{h'} + \frac{e}{k \frac{D_{ml}}{D'}} + \frac{1}{h'' \frac{D''}{D'}}$$

$$\frac{1}{U''} = \frac{1}{h' \frac{D'}{D''}} + \frac{e}{k \frac{D_{ml}}{D''}} + \frac{1}{h''}$$