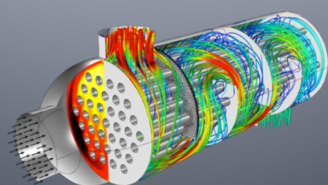


TROCADORES DE CALOR

FBT0530 - FÍSICA INDUSTRIAL

Profa. Juliana Ract
Profa. Marina Ishii



2018

TROCADORES DE CALOR

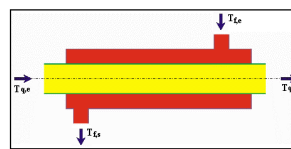
- Equipamentos usados para implementar a troca térmica entre materiais
- Aplicações
 - Aquecimento e condicionamento de ambiente
 - Recuperação de calor
 - Processos químicos
- Tipos de equipamentos mais comuns
 - Aquecedores
 - Resfriadores
 - Condensadores
 - Evaporadores
 - Torres de refrigeração
 - Caldeiras

CLASSIFICAÇÃO DE TROCADORES DE CALOR



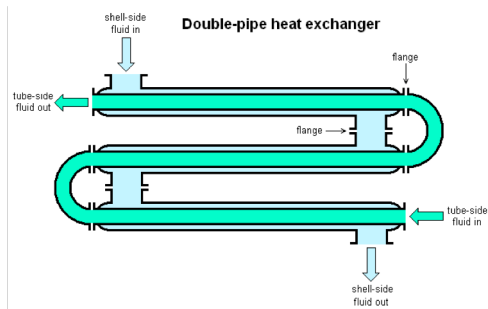
TROCADORES TUBULARES

- Tubos concêntricos
 - Os mais simples
 - Fluxo pelo tubo interno e pelo espaço anelar entre os tubos
 - Fluxos no mesmo sentido (co-corrente) ou em sentidos opostos (contra-corrente)
- http://rpaulsingh.com/animations/tubular_heatex.html



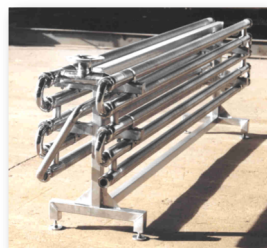
Trocador de calor tubo duplo

TROCADORES TUBULARES



Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Double-Pipe_Heat_Exchange.png

TROCADORES TUBULARES



TROCADORES TUBULARES



Inconvenientes

- Pequena área de troca de calor
- Pequenas capacidades

Vantagens

- Baixo custo
- Fácil desmontagem para limpeza e manutenção

MÉDIA LOGARÍTMICA DE DIFERENÇA DE TEMPERATURA (LMTD)

- Para dimensionamento de trocadores de calor
- Usado para determinar a área necessária de troca térmica e o coeficiente global de troca de calor
- A partir das equações apresentadas anteriormente de Q , q (condução) e q (convecção):

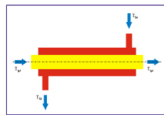
$$LMTD = \frac{dT_2 - dT_1}{\ln(dT_2 / dT_1)}$$

- que pode ser usada em:

$$q = UA(LMTD)$$

EXEMPLO 8

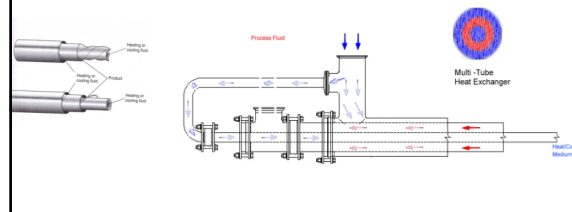
- Um fluido newtoniano ($C_p = 4 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$) escoia no tubo interno de um trocador de calor de tubo duplo. O produto entra no trocador a 20°C e sai a 60°C . A vazão mássica do produto é de $0,5 \text{ kg/s}$. Na seção anelar, água quente a 90°C entra no trocador de calor e flui contracorrente a uma vazão mássica de 1 kg/s . O calor específico médio da água quente é de $4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$.
- a) Calcule a temperatura de saída da água.
- b) Calcule a LMTD.
- c) Considerando o coeficiente médio de convecção de $2000 \text{ W/m}^2\text{C}$ e o diâmetro do tubo interno de 5 cm , calcule o comprimento do trocador de calor.
- d) Repita os cálculos para o mesmo trocador em configuração co-corrente.



TROCADORES TUBULARES

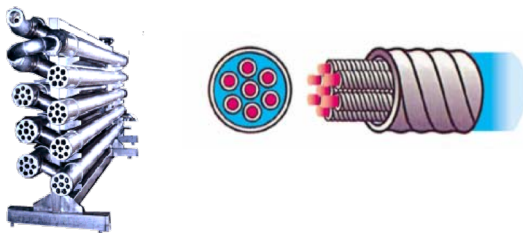
Variações

- Tubo triplo (<http://www.genemco.com/aloe/tripletube.html>)
- Superfície diferenciada do tubo interno para aumentar turbulência



TROCADORES TUBULARES

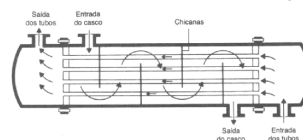
- Variações
- Multitubos



Fonte: <http://www.mmc-equipamentos.com.br/TROCADORES%20DEN%20CALOR%20GERAL.htm>

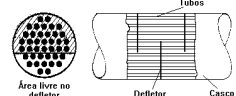
TROCADORES TUBO E CASCO

- Tubo e casco (<http://www.youtube.com/watch?v=hxbBskoyhzq&feature=related>)
- Feixe de tubos paralelos contidos em um grande tubo cilíndrico (casco ou carcaça)



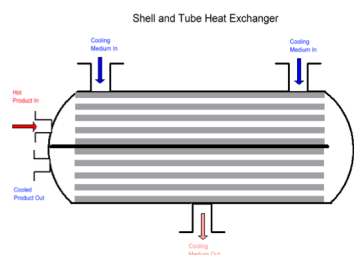
- Um dos fluidos escoia pelo interior dos tubos, enquanto que o outro escoia por fora dos tubos e dentro do casco

- Defletores ou chicanas: melhoram a troca de calor do fluido do casco pelo aumento da turbulência e da velocidade de escoamento deste fluido (fluxo paralelo x fluxo perpendicular)



TROCADORES TUBO E CASCO

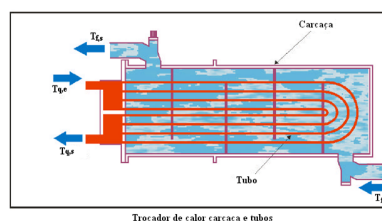
- <http://www.genemco.com/aloe/shellandtube.html>



Fonte: <http://www.genemco.com/aloe/shellandtube.html>

TROCADORES TUBO E CASCO

- Tubo e casco
 - 5 passes na carcaça
 - 2 passes nos tubos



TROCADORES TUBO E CASCO

- Tubo e casco
 - Grande variedade de construções diferentes
 - Transferência de calor desejada
 - Necessidade de queda de pressão
 - Facilidade relativa de limpeza
 - Feitos de uma variedade de materiais e tamanhos e são extensivamente usados em processos industriais
 - São os mais usados devido à grande versatilidade
 - Pressões e temperaturas altas
 - Atmosferas altamente corrosivas
 - Fluidos muito viscosos
 - Misturas multicomponentes

TROCADORES TUBO E CASCO



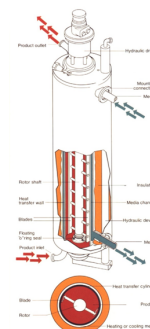
TROCADORES TUBO E CASCO

- Tubo e casco
 - Muito utilizados em sistemas de evaporação



TROCADOR DE CALOR DE SUPERFÍCIE RASPADA

- Aplicações
 - Fluidos viscosos e/ou com alta incidência de incrustação ou deposição, mas que ainda podem ser bombeados
 - Operações: aquecimento, pasteurização, esterilização, batimento, gelificação, emulsificação, e cristalização
 - Produtos: gorduras e emulsões (sorvete, margarina), sucos de fruta concentrados ou não, papinhas infantis, sopas, extratos de tomate, recheios em geral e suspensões diversas na indústria farmacêutica

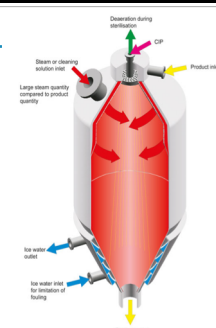


Exemplos práticos

- Pasteurização de leite
 - http://rpaulsingh.com/animations/plate_pasteurizer.html
- Recuperação de calor em pasteurização de suco de laranja
 - http://rpaulsingh.com/animations/juice_process.html

TROCADOR DE CALOR COM INFUSÃO DE VAPOR

- http://rpaulsingh.com/animations/steam_infusion.html
- Produto bombeado no topo do trocador para escoar em finas camadas ou em gotas
- Altas taxas de TC
- Líquido no fundo da câmara para promover cozimento adequado
- Água condensada pode ser desejável ou não (neste caso é eliminada por vácuo)
- Usado para cozimento e esterilização de sopas concentradas, chocolate, queijo processado, mistura para sorvete, pudins, recheios de fruta e leite



Fonte: <http://www.spx.com/en/bapi/industries/personal-healthcare/uhf-cosmetics-sterilization/>

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- SINGH, R.P.; HELMAN, D.R. Introduction to Food Engineering. 4th ed. Burlington: Academic Press, 2009.

