

N. CLASS. M620.1
CUTTER L933T
ANO/EDIÇÃO 2014

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS - UNIS
ENGENHARIA MECÂNICA
DIEGO HENRIQUE DE PAIVA LUCAS

TROCADOR DE CALOR TUBULAR: CONSTRUÇÃO E FUNCIONAMENTO

Varginha
2014

DIEGO HENRIQUE DE PAIVA LUCAS

TROCADOR DE CALOR TUBULAR: CONSTRUÇÃO E FUNCIONAMENTO

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas - Unis/MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação do Prof. Esp. Luciene de Oliveira Prósperi.

**Varginha
2014**

DIEGO HENRIQUE DE PAIVA LUCAS

TROCADOR DE CALOR TUBULAR: CONSTRUÇÃO E FUNCIONAMENTO

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas - Unis/MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Orientador Prof. Msc. Luis Carlos Vieira Guedes

Prof. Msc. Alexandre Lopes

Prof. Deborah Reis Alvarenga

Prof. Rullyan Marques Vieira

Eng Lucas Vicente

OBS.:

Dedico este trabalho a Deus por me dar forças e não desistir dos sonhos que me empenho em realizar. Agradeço minha família pelo apoio sempre presente e a todos os professores e amigos que contribuíram em minha jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores, mestres e todos que de alguma forma, mesmo que pequena, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Com a utilização de trocadores de calor em diversos projetos, setores, produtos, linhas de produção, sempre com o intuito de deixar um fluido a uma temperatura desejada, é necessário uma evolução que sempre acompanhe os tipos de trocadores e as características necessárias para realizar os processos de forma eficiente. Os sistemas utilizados confirmam as configurações mais viáveis para determinadas ocasiões que aperfeiçoem os processos, levando-os a uma eficiência cada vez maior e também relativamente com um menor custo, mas em contrapartida, não pode deixar de analisar estas melhorias, pois indiretamente todo o sistema do trocador está interligado. Todos os trocadores tubulares têm funções e estrutura parecidas, mas cada um com sua utilização e função. As partes físicas dos trocadores são utilizadas para suportar suas peças, mas também servem de melhoria de alguma característica, como o fluxo, troca de calor ou acessibilidade. Produção, manutenção, dimensões, custo e eficiência são as principais determinantes para decidir o tipo de trocador utilizar e o desenvolvimento e aperfeiçoamento do fluxo dos fluidos sempre correm à frente para conseguir deixar a tecnologia dos trocadores de calor a par das necessidades industriais.

Palavras chaves: Trocador de calor tubular. Trocador de calor duplo tubo.

ABSTRACT

With the use of heat exchangers in various projects, sectors, products, production lines, always with the intention of leaving a fluid at a desired temperature, an evolution that always accompany the types of exchangers and the necessary characteristics is necessary to achieve the processes efficiently. The systems used most viable confirm the settings for certain occasions that improve processes, leading them to ever greater efficiency and also with a relatively lower cost, but in return, you cannot help but analyze these improvements, because the whole system indirectly changer is connected. All tubular exchangers have similar functions and structure, but each with its use and function. The physical parts of the exchangers are used to support its parts, but also serve to improve certain characteristics such as flow, heat exchange or accessibility. Production, maintenance, size, cost and efficiency are the main determinant in deciding the type of exchanger used and the development and improvement of the flow of fluids always run ahead to get leave of technology heat exchangers aware of the industrial needs.

Keywords: Tubular heat exchanger. Double tube heat exchanger.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Trocador de calor casco e tubo com dois passes.....	10
Figura 2 – Exemplo de um recuperador de calor.....	11
Figura 3 – Exemplo de um armazenador de calor.....	11
Figura 4 – Tipos de trocadores.....	12
Figura 5 – Componentes de um trocador de calor casco e tubo.....	12
Figura 6 – Trocador de calor duplo tubo com grampo.....	13
Figura 7 – Serpentina de um trocador.....	14
Figura 8 – Tubo ondulado.....	15
Figura 9 – Tubo corrugado.....	16
Figura 10 – Distribuição de temperatura para operação em paralelo.....	17
Figura 11 – Distribuição de temperatura para operação em contracorrente.....	18
Figura 12 – Arranjo dos tubos.....	19
Figura 13 – Chicana segmentar, janela, altura do corte e disposição no trocador.....	20
Figura 14 – Chicana duplamente segmentar e triplamente segmentar.....	20
Figura 15 – Chicana tipo disco e anel.....	20
Figura 16 – Chicana de orifício.....	21

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	09
2 DEFINIÇÃO DE UM TROCADOR DE CALOR.....	10
2.1 Trocadores de calor de contato indireto.....	10
2.2 Trocadores de calor de contato direto.....	11
3 TIPOS DE CONSTRUÇÃO DE UM TROCADOR DE CALOR.....	11
3.1 Carcaça e tubo.....	12
3.2 Duplo tubo.....	13
3.3 Serpentina.....	13
4 TRANSMISSÃO DE CALOR.....	14
5 CONDUTIVIDADE TÉRMICA.....	14
5.1 Tubo interno do trocador de calor.....	15
5.2 Material para construção dos tubo.....	16
5.3 Fluxo dos fluidos.....	16
5.3.1 Paralelo.....	17
5.3.2 Contracorrente.....	18
5.3.3 Disposição dos tubos.....	19
6 CHICANAS.....	19
7 MELHORIA DE EFICIENCIA.....	21
CONCLUSÃO.....	22
REFERÊNCIAS.....	24

1 INTRODUÇÃO

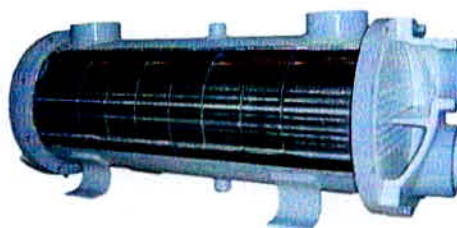
Os trocadores de calor tubulares são trocadores relativamente simples, com poucas peças em questão, mas muito importantes. Para melhorar a troca de calor, a velocidade dos fluidos tem de ser baixa, sendo assim qualquer queda de pressão no sistema irá aumentar a velocidade dos mesmos, então se deve procurar uma configuração de tubulação/sistema que faça a pressão interna ter uma menor diminuição possível. Outra característica dos trocadores é o formato do tubo interno, quanto maior sua área de contato maior será a troca de calor tornando-o assim uma peça muito importante que pode receber melhorias mas comedidas pois pode afetar indiretamente a eficiência. Durante o trabalho será questionado e mostrado o funcionamento de um trocador de calor tubular e a explicação de como os componentes de sua estrutura em relação ao aumento de eficiência funcionam. O objetivo geral é apresentar um trabalho onde estará descrito a estrutura e o funcionamento dos tipos de trocadores de calor construídos com tubos, descrever seu funcionamento e como a eficiência de determinadas características de um trocador de calor tubular, está relacionada com sua troca térmica, manutenibilidade e construção. Os principais tópicos discutidos são a definição de um trocador de calor, a descrição dos tipos de trocadores tubulares, definir a transferência de calor, analisar os fatores que afetam a condutividade térmica, discutir como as características de um trocador funcionam no sistema, analisar também a melhora da eficiência em relação aos prejuízos causados por determinadas partes de sua estrutura e concluir se aumentar a eficiência de um trocador é realmente melhorar a função de um trocador de calor.

2 DEFINIÇÃO DE UM TROCADOR DE CALOR

Um trocador de calor é um equipamento dedicado a promover a transferência de calor entre duas ou mais substâncias que apresentam diferentes temperaturas. Na maioria dos casos, a transferência de calor ocorre entre dois fluidos. Normalmente, para evitar que ocorra a mistura destes fluidos, os dois escoamentos são separados por paredes sólidas que, usualmente são denominadas superfícies de transferência de calor ou superfícies de troca de calor. Estas superfícies sólidas não são necessárias em alguns trocadores de calor porque a imiscibilidade natural dos dois fluidos ou a estratificação dos dois escoamentos no campo gravitacional garante a estanqueidade dos escoamentos. Nestes casos, a transferência de calor entre os fluidos nas interfaces mútuas e o equipamento é denominada trocador de calor por contato direto (BEJAN,1996).

Segundo UFSC¹ (2010, p. 1), são três classificações importantes: aquela que divide os trocadores entre os que utilizam o contato direto e os de contato indireto e outra que os classifica em função das suas características de construção.

Figura 1: Trocador de calor casco e tubo com dois passes



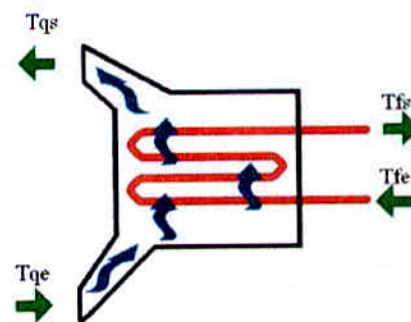
Fonte: Evacon, 2014.

2.1 Trocadores de calor de contato indireto

Segundo (UFS, 2012, p.1), em um trocador de contato indireto, os fluidos permanecem separados e o calor é transferido continuamente através de uma parede, pela qual se realiza a transferência de calor.

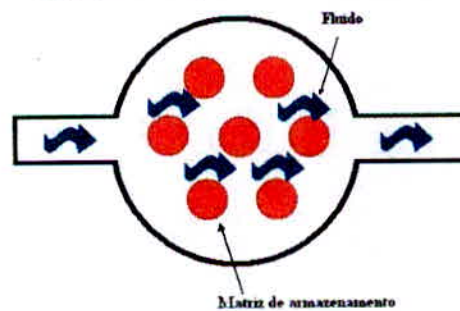
Os trocadores de contato indireto são chamados recuperadores e armazenadores, em ambos esses tipos de trocadores, os fluidos percorrem a mesma passagem alternadamente para que ocorra a troca de calor, esse processo está representado nas figuras abaixo.

Figura 2: Exemplo de um recuperador



Fonte: O autor

Figura 3: Exemplo de um armazenador



Fonte: o autor

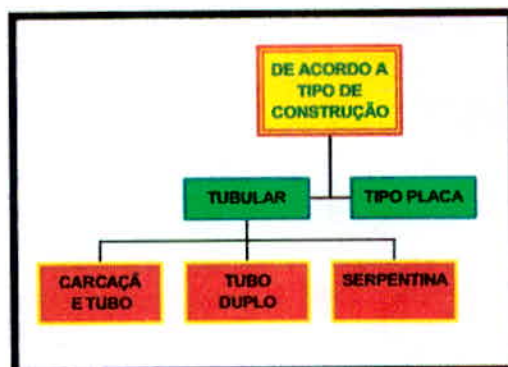
2.2 Trocadores de calor de contato direto

Neste trocador, os dois fluidos se misturam. Aplicações comuns de um trocador de contato direto envolvem transferência de massa além de transferência de calor, aplicações que envolvem somente transferência de calor são raras. Comparado a recuperadores de contato indireto e regeneradores, são alcançadas taxas de transferência de calor muito altas. Sua construção é relativamente barata. As aplicações são limitadas aos casos onde um contato direto de dois fluxos é permissível. (UFS, 2012, p.5)

3 Tipos de construção de trocadores de calor

Existem formas variadas para atender a cada tipo de necessidade na construção dos trocadores e também nas necessidades de vários tipos de processos. Na figura abaixo, estão divididos os tipos de trocadores em relação ao tipo de construção.

Figura 4: Tipos de trocadores.



Fonte: UFSC¹ – Trocadores de calor.

3.1 Carcaça e tubo

O trocador de calor casco e tubo (shell and tube) (Figura 5) é composto por um casco cilíndrico (1), contendo um conjunto de tubos (2), colocado paralelamente ao eixo longitudinal do casco. Os tubos são presos, em suas extremidades, a placas perfuradas denominadas espelhos (3), a cada furo corresponde um tubo do feixe. Os espelhos por sua vez, são presos de alguma forma ao casco. Os tubos que compõe o feixe atravessam várias placas perfuradas, as chicanas (4), que servem para direcionar o fluido que escoar por fora dos tubos e também para suportar os tubos. (EdUFSCAR, 2002, p.15). A seguir veremos uma figura descrevendo os componentes de um trocador de calor casco e tubo como foi citado.

Figura 5: Componentes de um trocador de calor casco e tubo



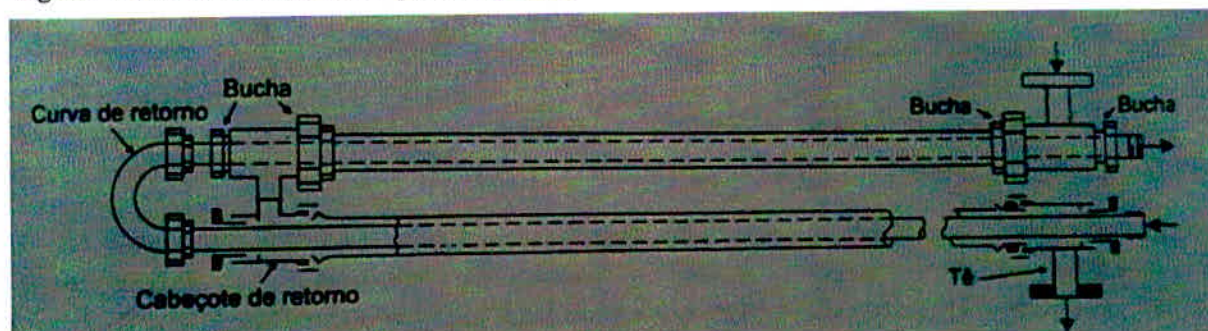
Autor: EdUFSCAR,2014

3.2 Tubo duplo

O trocador de calor duplo tubo é composto por dois tubos concêntricos, geralmente com dois trechos retos e com conexões apropriadas nas extremidades de cada tubo, para dirigir os fluidos de uma seção reta para outra. Esse conjunto com forma de U é denominado grampo (hairpin). Na figura 6 é apresentado um trocador duplo tubo composto por um grampo (hairpin). Normalmente, os trocadores duplo tubo são compostos por vários grampos conectados em série, fornecendo, assim, uma área de troca razoável. (EdUFSCAR, 2002, p.7).

O simples trocador de calor tubo duplo é mostrado juntamente com o grampo para conexão entre dois trocadores na figura abaixo:

Figura 6: Trocador de calor tubo duplo com grampo

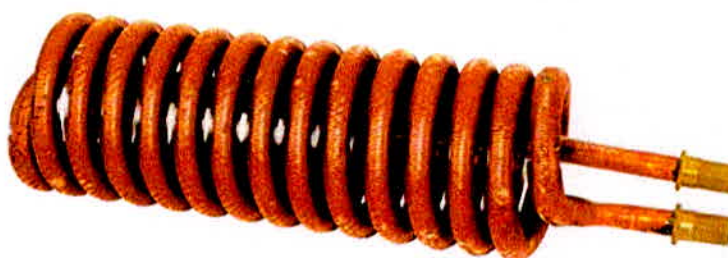


Autor: EdUFSCAR,2014

3.3 Serpentina

Este tipo de trocador consiste em uma ou mais serpentinas (de tubos circulares) ordenadas em uma carcaça. A transferência de calor associada a um tubo espiral é mais alta que para um tubo duplo. Além disto, uma grande superfície pode ser acomodada em um determinado espaço utilizando as serpentinas. As expansões térmicas não são nenhum problema, mas a limpeza é muito problemática. (UFS, 2012, p.9). Este tipo de configuração de tubo é bastante antiga e utilizada em aquecimentos de água em casas, pode-se observar o formato da serpentina citada na figura abaixo.

Figura 7: Serpentina de um trocador



Fonte: Thermopipe

4 TRANSMISSÃO DE CALOR

O calor é uma forma de energia em trânsito de um corpo para o outro, desde que, exista, entre eles, uma diferença de temperatura. Sabemos que, de forma espontânea, o calor flui no sentido das temperaturas decrescentes, ou seja, do corpo com maior temperatura para o de menor temperatura. (CARVALHO, PAULO ROBERTO FIATTE, 2002, p.19)

Em diferentes modelos de trocadores de calor, dependendo da necessidade e dos fluidos utilizados, a transmissão de calor ocorre de diferentes formas. São elas: Condução, convecção e radiação.

5 CONDUTIVIDADE TÉRMICA

Segundo o objetivo do trabalho em melhorar a eficiência de um trocador de calor duplo tubo, a principal característica do sistema é a condutividade térmica dos materiais utilizados. Para que possa ser feita uma melhoria efetiva em um trocador de calor, deve-se analisar os fatores que afetam diretamente e também indiretamente a transferência de calor. Serão analisados dois aspectos que estão relacionados:

- a) Formato e material do tubo interno;
- b) Fluxo do fluido externo.

5.1 Tubo interno do trocador de calor

Em um trocador de calor, o fluxo do fluido externo e o tubo interno têm muita importância na transferência de calor do fluido quente para o fluido frio. Dentre suas características, destacam-se a geometria em que foi produzido e o material utilizado na construção do tubo interno e a pequena área de transferência de calor em relação a outros tipos de trocadores de calor tubulares.

Sobre o formato do tubo interno, a empresa HRS Heat Exchangers tem investido bastante nessa característica de seus trocadores de calor, como os tubos corrugados por exemplo. Dentre suas pesquisas entre os trocadores de calor utilizados em indústrias alimentícias, há dois aspectos em que se deve decidir qual necessidade é mais eficiente.

A HRS desenvolve trocadores com fitas internas nos tubos internos de seus trocadores. Estas têm a função de “liberar” a camada limite do fluido da parede do tubo, evitando assim a incrustação de materiais em suspensão e indiretamente mantendo a transferência de calor mais perto do nível desenvolvido no projeto, mas com certa desvantagem. Estas fitas utilizadas para diminuir a incrustação, em contramão aumentam a queda de pressão do fluido no tubo, aumentando assim a velocidade do fluido e diminuindo a eficiência da troca térmica.

Dois tubos com geometrias diferentes, mas com o mesmo objetivo também são desenvolvidos por esta empresa. São eles, os tubos corrugados e tubos ondulados. A principal diferença entre eles é o fluido que será utilizado no trocador de calor. O tubo corrugado possui uma área de troca de calor por comprimento maior que o tubo ondulado, mas este não é recomendado para a utilização em processos onde os fluidos possuem muito material sólido em suspensão ou partículas sólidas muito grandes. A geometria dos tubos apresentados pode ser vista nas imagens abaixo.

Figura 8: Tubo ondulado



Fonte: HRS Heat Exchangers

Figura 9: Tubo corrugado



Fonte: HRS Heat Exchangers

5.2 Material para construção dos tubos

Outra característica de suma importância para um produto que pode realizar uma troca de calor o mais eficiente possível sem trazer prejuízo ao processo é o material utilizado para a construção não só do tubo externo, que está em contato com apenas um fluido, mas principalmente do tubo interno que por sua vez estará sempre em contato com os dois fluidos.

A gama de materiais utilizados para a fabricação destes tubos leva em consideração algumas variáveis importantes:

- a) O fluido interno que será resfriado ou aquecido no processo;
- b) O fluido externo;
- c) Capacidade de transferência de calor de determinado material;
- d) Custo x capacidade de transferência térmica;

Na indústria alimentícia, o material mais utilizado é de longe o aço inoxidável, que para cada tipo de utilização possui uma diferente composição química. Outros materiais mais nobres como o titânio estão sendo utilizados para trocadores de calor que são produzidos para uma utilização mais específica.

5.3 Fluxo do fluido externo

No caso de um trocador de calor de tubo duplo, não há muitas soluções para que seja melhorado o fluxo do fluido externo ao tubo interior. Por se tratar de um trocador de calor simples e com uma taxa de troca de calor relativamente baixa em relação a outros tipos de trocadores, soluções simples também são propostas para tal. Por exemplo, os grampos em

formato de U que fazem a conexão de um trocador ao outro é uma solução para aumentar a eficiência do sistema de trocadores e não somente de um único trocador.

Outra maneira é a operação em paralelo e contracorrente para outros tipos de trocadores de calor tubulares, existem várias maneiras de melhorar o fluxo de fluido no casco como descrito abaixo além deste tipo de operação.

- a) Operação em paralelo e contracorrente
- b) Disposição dos tubos (tube pitch)
- c) Chicanas

5.3.1 Paralelo

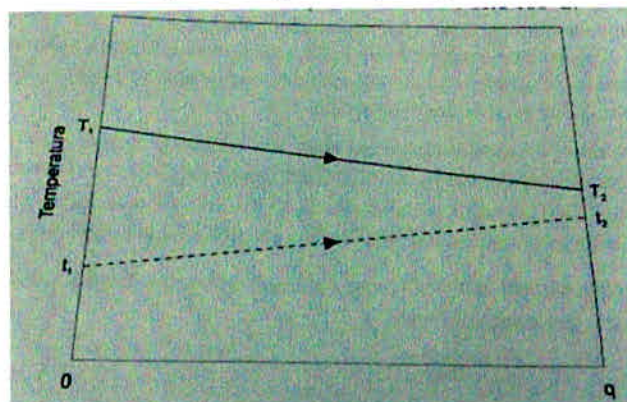
Os dois fluidos entram no trocador de calor na mesma extremidade e percorrem no mesmo sentido. Na extremidade de entrada tem-se maior temperatura do fluido quente e a menor temperatura do fluido frio, portanto, a maior diferença de temperatura entre os fluidos. Ao longo do equipamento esta diferença vai diminuindo. A distribuição de temperaturas no trocador é apresentada na figura 10.

Na operação em paralelo não é possível obter temperatura de saída do fluido frio maior que a de saída do fluido quente. Para operação de um trocador de calor duplo tubo em paralelo a equação para a Média Logarítmica de Diferença de Temperatura. (EdUFSCAR,2002, p.12)

$$MLDT = \frac{(T_1 - t_1) - (T_2 - t_2)}{\ln \frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_2}}$$

O valores dessa expressão para meios de entendimento pode ser descrito no gráfico mostrado abaixo:

Figura 10: Distribuição de temperatura para operação em paralelo

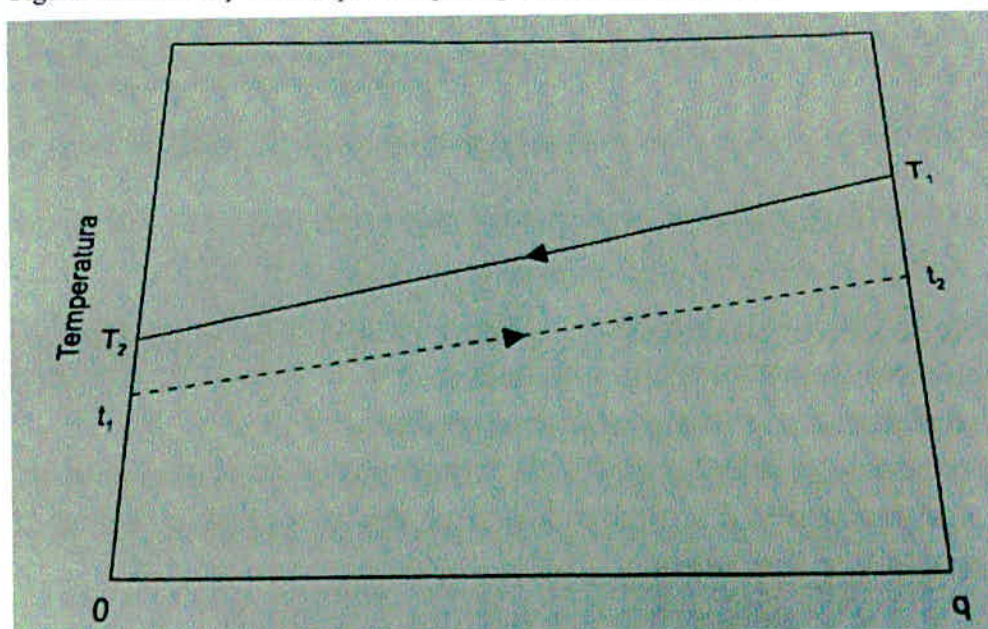


Fonte: EdUFSCAR, 2014

5.3.2 Contracorrente

Neste tipo de operação os fluidos entram no equipamento em extremidades opostas, percorrendo-o em sentidos contrários. A diferença de temperatura entre os fluidos é mais homogênea ao longo do trocador, comparando-se com a operação em paralelo. A distribuição de temperaturas no trocador é apresentada na Figura 11. (EdUFSCAR, 2002, p.13). Os valores do gráfico a seguir são utilizados na expressão MLDT descrita anteriormente.

Figura 11: Distribuição de temperatura para operação em contracorrente



Fonte: EdUFSCAR, 2014

Neste tipo de operação a temperatura de saída do fluido frio pode ser maior que a do fluido quente ($t_2 > T_2$). Isto torna a operação em contracorrente muito mais vantajosa que a em paralelo, pois a quantidade de calor que é possível transferir é maior.

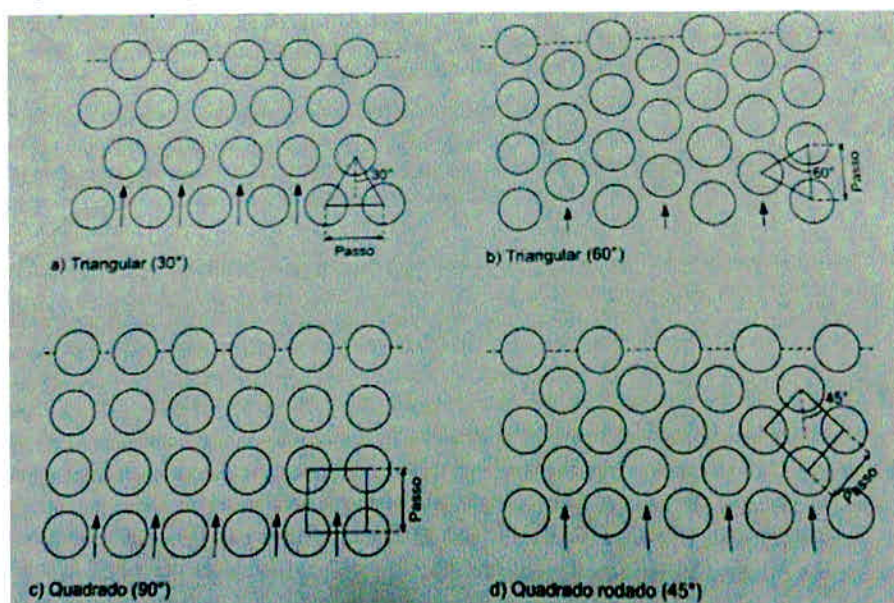
Para a operação de um trocador de calor duplo tubo em contracorrente, a equação para a MLDT... (EdUFSCAR, 2002, p.13)

$$MLDT = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}}$$

5.3.3 Disposição dos tubos (tube pitch)

Os arranjos triangulares fornecem trocadores mais compactos. Para mesmo diâmetro de tubo, passo e diâmetro de casco, o número de tubos e, conseqüentemente a área de troca, é maior para trocador com arranjo triangular do que com arranjo quadrado. (EdUFSCAR,2002,p.19) A figura abaixo descreve os arranjos possíveis para uma configuração de tubos de um trocador de calor.

Figura 12: Arranjo dos tubos



Fonte: EdUFSCAR ,2014

6 Chicanas

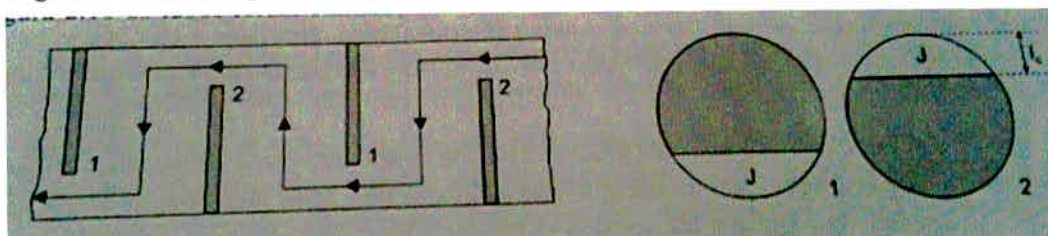
As chicanas têm por função suportar os tubos, para evitar curvaturas e possível vibração, e direcionar o escoamento do lado casco, melhorando a transferência de calor e evitando regiões mortas. O espaçamento entre as chicanas é padronizado pelas normas de trocadores de calor, que definem valores máximos e mínimos. De acordo com o TEMA, o espaçamento mínimo é igual a um quinto do diâmetro interno do casco ou a duas polegadas, aquele que for maior. O espaçamento máximo entre chicanas é definido pelo comprimento máximo de tubo não suportado (l_m). (EdUFSCAR,2002,p.20)

Chicanas são desenvolvidas seguindo as necessidades do processo. Existem vários tipos de chicanas, mas todas possuem duas funções básicas, suportar os tubos e melhorar o fluxo do fluido externo. Os principais modelos de chicanas são:

- a) Chicana segmentar, duplamente segmentar e triplamente segmentar;
- b) Chicana tipo disco e anel;
- c) Chicana de orifício.

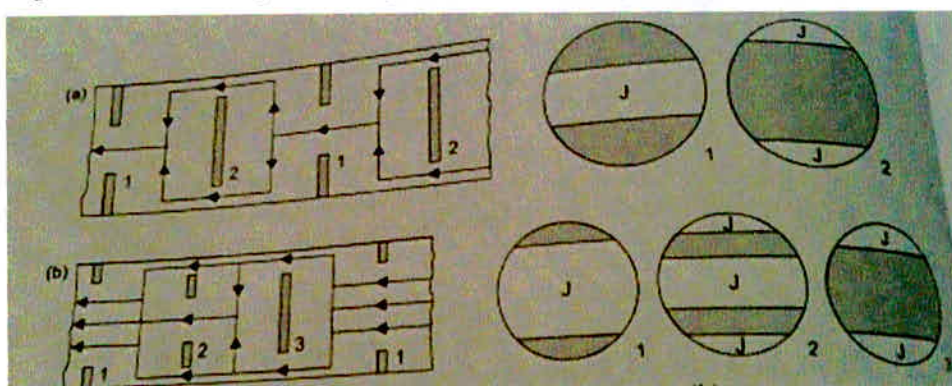
As chicanas são mostradas e explicadas segundo os tipos de disposição nas figuras abaixo.

Figura 13: Chicana segmentar, janela, altura do corte e disposição no trocador



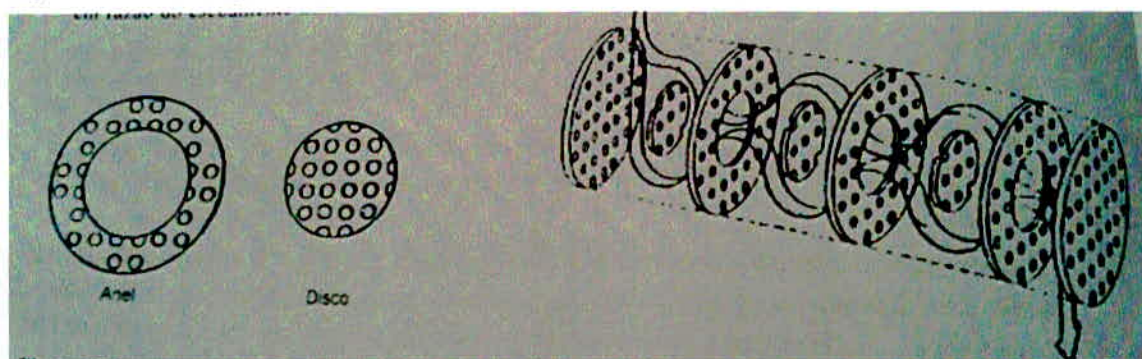
Fonte: EdUFSCAR,2014

Figura 14: Chicanas duplamente segmentar (a) e triplamente segmentar (b)



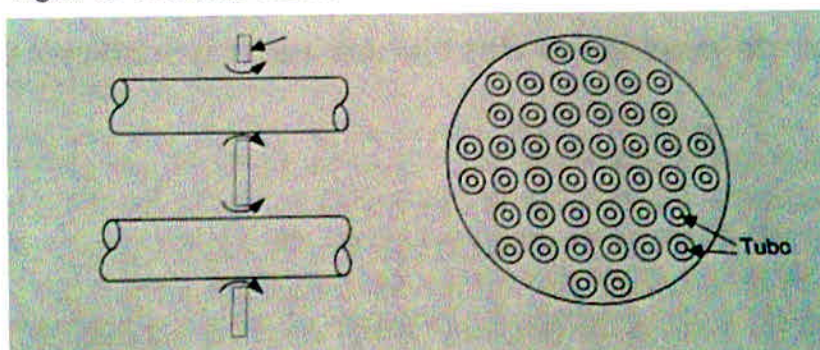
Fonte: EdUFSCAR,2014

Figura 15: Chicana tipo disco e anel



Fonte: EdUFSCAR – Trocadores de calor

Figura 16: Chicana de orifício



Fonte: EdUFSCAR – Trocadores de calor

7 MELHORIA DE EFICIÊNCIA

Segundo os tópicos acima, várias soluções foram tomadas para melhorar o rendimento dos trocadores de calor. Dentre eles, foram alternativas que melhoram de alguma maneira o sistema em que trabalha o fluxo do fluido interno, como por exemplo as fitas internas da empresa HRS Heat Exchangers. Também foi falado sobre as chicanas, que além de funcionarem como suporte dos tubos, funcionam direcionando o fluido dentro do casco dos trocadores casco e tubo. E surgiram trocadores tubulares que são evoluções de trocadores mais simples, neste caso o trocador de calor de serpentina, que foi uma evolução do trocador de tubo duplo, onde o tubo interno tem formato de uma mola, aumentando a quantidade de parede de tubo para a troca de calor. Todas estas melhorias tendem a aumentar a eficiência do trocador, sendo ela aumentando a quantidade de calor trocada, a facilidade de manutenção, a instalação do trocador ou simplesmente evitando que o fluxo do trocador de calor seja obstruído apenas mantendo seu funcionamento estável.

Como a área de aplicação dos trocadores de calor é muito vasta, sempre haverá uma necessidade diferente e assim será necessário o desenvolvimento de novos trocadores. Isso já ocorre, sendo que já existem trocadores de calor de placas, lamelas (lamella heat exchanger), espiral (spiral heat exchanger). Há também variações dos trocadores que já existem como por exemplo o trocador de calor casco e tubo de tubos torcidos (twisted tubes), que não necessitam de chicanas, gerando mais uma variação que futuramente será passível de melhorias

CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi apresentado como funcionam os trocadores de calor tubulares. Embora suas construções sejam diferentes, obedecem às mesmas leis da termodinâmica e da mecânica dos fluidos. Todos possuem seus pontos fortes e pontos fracos, e também pontos em que conseguem trabalhar com certa elasticidade.

Após pesquisas, leituras e observações, nota-se uma relação entre a melhora da eficiência e os prejuízos que tais melhorias trazem em relação a outros aspectos e características dos trocadores.

Nos trocadores de calor de tubo duplo, bastante utilizados por sua simplicidade de manutenção, instalação e utilização, dependendo de sua área de atuação, ferramentas como raspadores de tubo interno nas indústrias químicas, trazem sim grande melhoria em relação ao combate à incrustação nas paredes do tubo interno, mas trazem prejuízo ao fluxo do fluido interno. Essa relação deve ser analisada para saber se é necessária e se esse prejuízo é menor ao benefício trazido pela ferramenta. Outros casos semelhantes são a utilização de fitas internas do tubo interno, tubos corrugados e ondulados que aumentam a área de troca de calor, porém aumentam a capacidade dos sólidos em suspensão dos fluidos se depositarem nas paredes dos tubos.

Em trocadores de serpentina, é aumentado o número de revoluções do tubo que cabem dentro do casco, e também é duplicado o cilindro de serpentina ou até triplicado, aumentando relativamente a troca térmica entre os fluidos, mas prejudica e muito a limpeza e manutenção do trocador de calor.

Já os trocadores de casco e tubo, que são os mais utilizados por possuírem grande área de troca de calor, grande gama de materiais possíveis de serem utilizados, ferramentas de construção que facilitam o uso de determinados fluidos em condições especiais de aplicação, necessitam de um planejamento de produção bem mais minucioso que os demais.

Estes trocadores têm a possibilidade de serem construídos para serem desmontáveis para facilitar a limpeza e manutenção, também podem ser montados completamente lacrados, podem utilizar de chicanas especiais, variando das simples chicanas segmentares até as chicanas de orifícios ou até chicanas que funcionem de acordo com cada processo. Materiais com características especiais são utilizados em determinadas ocasiões onde materiais mais usuais não suprem todas as necessidades.

No geral, o processo de planejamento e desenvolvimento de um trocador, não gira em torno apenas da máxima eficiência a ser atingida. Sim, é necessário um trocador eficiente, mas também um trocador com uma manutenção acessível, com uma possível troca de partes que sofrem mais desgaste, com uma elasticidade em relação aos fluidos utilizados se isso for necessário. Custo é um assunto sempre presente, pois não adianta um trocador de calor que utiliza materiais especiais que custam muito mais que materiais mais simples, e estes conseguiriam suprir as necessidades básicas para que o trocador foi projetado.

A grande vantagem de trocadores de calor tubulares é a simplicidade de sua estrutura, funcionamento e variação. Podendo ir de trocadores de calor casco e tubo compactos de última geração, até trocadores de calor duplo tubo que são utilizados a anos e ainda assim conseguem executar seu propósito com total confiança.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Everaldo César da Costa. **Trocadores de calor, Série Apontamentos**. Editora da Universidade Federal de São Carlos, UFSCAR, São Carlos, 2002.

BEJAN, Adrian. **Transferência de Calor**, Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1996.

CARVALHO, Paulo Roberto Fiate. **Termometria, Calorimetria e Transmissão de Calor**, Curso de formação de operadores de refinaria: física aplicada, termometria, calorimetria e transmissão de calor, PETROBRAS, Curitiba, 2002.

MULLER, Dr José Miguel. **Apostila trocadores de calor**, Universidade Federal de Santa Catarina¹, -2014.

TROCADORES DE CALOR, Produtos. Disponível em <http://www.evacon.com.br>. Acesso em: 09. Março. 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE ². **Apostila trocadores de calor**, Sergipe, 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Trocadores de calor**. Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos. Santa Catarina, 2010. Disponível em: < http://www.enq.ufsc.br/muller/operacoes_unitarias_a/TrocadoresdeCalor> Acesso em: 20 de maio de 2014.

Resources, How to design a tubular heat exchanger? Disponível em < <http://www.hrs-heatexchangers.com/en/resources/how-to/design-a-tubular-heat-exchanger.aspx>> Acesso em: 15 de junho de 2014.