

TC1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR NUM PERMUTADOR DE TUBOS CONCÊNTRICOS

1. Enquadramento

Na área da Engenharia é frequente a utilização de equipamentos/estruturas que permitem a troca de calor entre dois fluidos que se encontram a diferentes temperaturas, sem que estes se misturem. Estes equipamentos denominam-se permutadores de calor e são usados nas mais variadas aplicações como, por exemplo, sistemas de aquecimento e ar condicionado, em processamento químico de plantas de grande porte de forma a assegurar uma elevada rentabilidade produtiva, no tratamento de hipotermia através do aquecimento do sangue. O calor é designado como o fluxo de energia que ocorre entre dois ou mais sistemas com temperaturas diferentes. Este fluxo de energia dá-se espontaneamente do sistema mais quente para o mais frio até se atingir o equilíbrio térmico. A transferência de calor depende da diferença de temperaturas entre dois sistemas, sendo que quanto maior a diferença maior a transferência de calor. A transferência de calor pode dar-se sob três formas distintas: condução, convecção e radiação.

Visto que os permutadores de calor são equipamentos que têm a capacidade de operar durante longos períodos de tempo, sem que se alterem as suas condições de operação (propriedades) podemos considerar que estes funcionam em estado estacionário.

O permutador de calor mais simples e comum é o permutador de tubos concêntricos, que consiste em dois tubos concêntricos, de diferentes diâmetros sendo que no interior do tubo de menor diâmetro circula um dos fluidos e na secção anelar, entre os dois tubos, circula o outro fluido.

Quanto ao escoamento pode ser em co-corrente e em contra-corrente. No primeiro, os fluidos quente e frio circulam no mesmo sentido, enquanto que em contra-corrente os fluidos circulam em sentidos opostos.

Uma aplicação biomédica prática para este tipo de permutador é o “extra corporeal membrane oxygenation” (ECMO), um suporte temporário cardiopulmonar que trabalha em conjunto com o coração e os pulmões (Figura 1). O objetivo do ECMO é a oxigenação do sangue fora do corpo, sendo possível a sua utilização em casos de insuficiência respiratória grave. Outra aplicação biomédica destes permutadores é o tratamento de casos de hipotermia através do aquecimento do sangue.

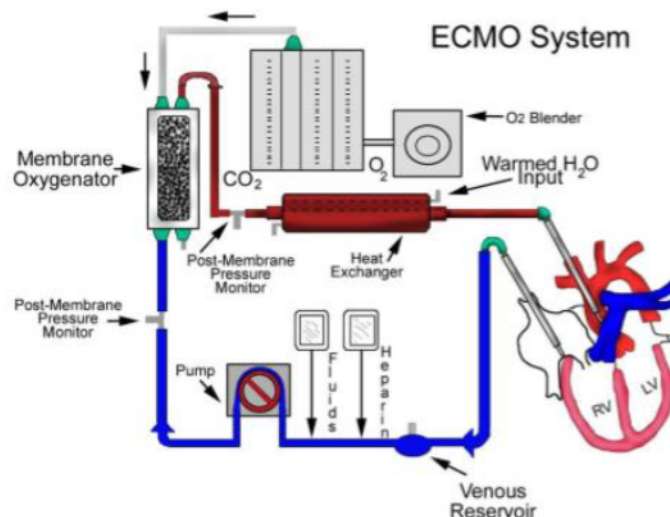


Figura 1.1 - Esquema do sistema ECMO.

2. Objetivos

- Avaliar o funcionamento de um permutador de tubos concêntricos.
- Comparar o funcionamento do permutador em co-corrente e em contra-corrente.

3. Materiais e Métodos

3.1. Descrição da Instalação Experimental

A Instalação experimental encontra-se representada esquematicamente na Figura 1.2.

O permutador é composto por 2 tubos de cobre concêntricos, com um comprimento de transferência de calor de 2 m, isolados por um material isolante designado por "Perolon", com uma espessura de 20 mm. A espessura da parede dos tubos de cobre é de 1 mm.

As medições das temperaturas são efetuadas por termómetros nas entradas e saídas do permutador. Este pode funcionar em contra-corrente ou em co-corrente, para o que basta trocar entre si a entrada e saída de água fria.

O fluido frio é água fornecida pela rede geral de abastecimento. O seu caudal é medido através de um rotâmetro montado junto à torneira. A água fria que sai do permutador é enviada para o esgoto. O fluido quente é água previamente aquecida num termo-acumulador, através de uma resistência elétrica. A temperatura da água quente pode ser regulada por um termostato existente no termo-acumulador. A temperatura

máxima é da ordem dos 70 °C, correspondendo a uma regulação do termostato para 80 °C. Este fluido circula dentro do tubo interior do permutador com o auxílio de uma electro-bomba. O seu caudal é controlado por um rotâmetro instalado antes da entrada do permutador. A água quente retorna ao termo-acumulador.

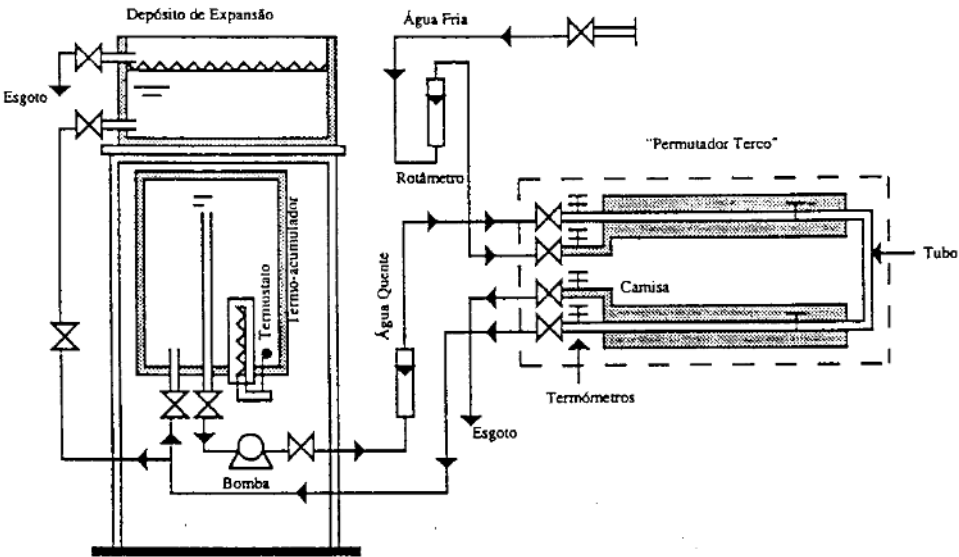


Figura 1.2 - Esquema da instalação experimental do permutador de tubos concêntricos.

As características do permutador estão descritas na tabela 1.1.

Tabela 1.1 - Características do permutador

Tubo interior: diâmetro externo = 10 mm	Tubo exterior: diâmetro externo = 15 mm
-----------------------------------------	-----------------------------------------

Pressão máxima de funcionamento: 1000 kPa	Temperatura máxima de funcionamento: 80 °C
Condutividade térmica do cobre: 395 W/(m·K)	Condutividade térmica do isolante: 0,048 W/(m·K)

3.2. Procedimento Experimental:

- Colocar o controlador de temperatura (prateleira colocada em cima do cilindro) para o valor de 65 °C;
- Verificar se todas as válvulas estão fechadas;
- Selecionar o tipo de funcionamento do permutador: co-corrente ou contra-corrente;
- Abrir todas as válvulas do permutador (entradas e saídas de água quente e fria);
- Abrir a válvula do rotâmetro de água fria de modo a obter o caudal desejado;
- Abrir ligeiramente a válvula do rotâmetro ligado ao cilindro;
- Ligar a bomba;
- Regular o caudal de água quente para o valor desejado;
- Ler as temperaturas de entrada e saída das correntes quente e fria e as temperaturas intermédias da corrente fria de 2 em 2 mins até que as mesmas estabilizem – estado estacionário (3 leituras seguidas iguais nos 6 termopares).
- Depois de realizado um ensaio deve deixar o sistema estabilizar de novo, fechando todas as válvulas e esperando que o termóstato de água quente alcance os 60°C.

Repetir o procedimento acima descrito para o outro tipo de escoamento, mantendo fixo o caudal.

Para terminar o trabalho:

- Fechar as válvulas de admissão e saída de água quente do permutador;
- Fechar a válvula montada na compressão da bomba;
- Desligar a bomba;
- Fechar a válvula montada na aspiração da bomba;
- Fechar as válvulas montadas na entrada e saída da água fria do permutador;
- Fechar a torneira de água fria.

3. Tratamento dos resultados

Poster/Ficheiro com cálculos e resposta a 3 questões

- Desenhar o perfil de temperaturas obtido.
- Determinar o coeficiente global de transferência de calor para o permutador de tubos concêntricos, através dos dados experimentais e comparar com os valores calculados teoricamente. Realizar os cálculos para fluxo em co-corrente e contra-corrente.

Relatório

- Desenhar o perfil de temperaturas obtido.
- Determinar o coeficiente global de transferência de calor para o permutador de tubos concêntricos, através dos dados experimentais e comparar com os valores calculados teoricamente.
- Comparar os resultados obtidos para fluxo em co-corrente e em contra-corrente.
- Estudar o efeito da variação do caudal.