

HEAT PIPE: Uma alternativa tecnológica para a recuperação de calor com eficiência e segurança operacional no aquecimento de ar e gás

Joaquim Luiz Monteiro de Barros
Diretor Desenvolvimento de Negócios da Kuttner do Brasil
Engenheiro Mecânico
Pós-graduado em Eficiência Energética
Mestre em Economia – ênfase na Área de Energia
jl.monteiro@kuttner.com.br

1 INTRODUÇÃO

Sistemas de recuperação de calor tipo Heat Pipe (tubos de calor) são e podem ser cada vez mais utilizados na recuperação de calor dos gases de exaustão nos processos industriais, para o pré-aquecimento do ar e dos gases combustíveis, aumentando a eficiência energética global do sistema. Esta tecnologia agrega uma série de vantagens, quando comparada com os trocadores de calor tradicionais, pois possui um design compacto, transferência de calor uniforme em toda a área de troca térmica, alto grau de vedação, sem vazamento entre os tubos de forma a evitar o risco de mistura/contaminação entre os fluidos quente e frio.

Atingir uma maior eficiência energética nos processos produtivos e uma utilização cada vez mais racional das mais variadas formas de energia, são metas operacionais para todos os profissionais envolvidos no projeto e na operação de sistemas industriais, seja por motivos econômicos ou por pressões advindas das demandas ambientais.

A utilização de forma inteligente da energia gerada nos diversos processos térmicos, com certeza passa pelo aproveitamento do calor residual, através de recuperadores cada vez mais eficientes e seguros operacionalmente.

A tecnologia de recuperação de calor através de Heat Pipe (Tubos de Calor) vem de encontro ao atendimento das demandas operacionais, com vantagens técnicas e alta eficiência, conforme será apresentado neste trabalho.

2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1 Heat Pipe

Equipamento projetado para transferir calor de um fluido quente para um fluido frio através da evaporação e condensação de um fluido de trabalho específico e adequado para cada aplicação, fluido este que se encontra confinado no interior do feixe tubular. O Heat Pipe é um equipamento com alta eficiência, compacto e próprio para trabalhar com diversos tipos de fluidos e uma ampla faixa de temperatura.

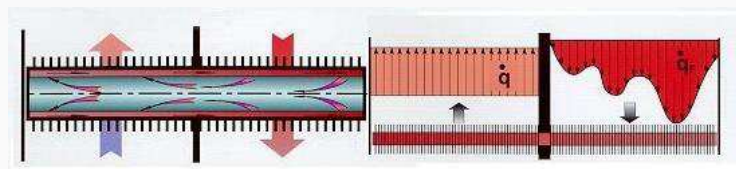


Figura 1. Diagrama operacional simplificado de um Heat Pipe

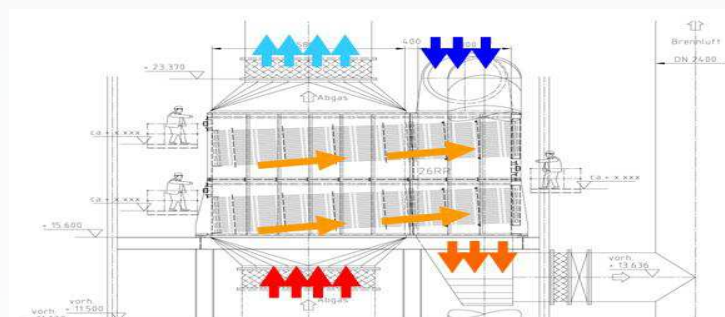


Figura 2. Heat Pipe-Fluxo de massa, calor e design

2.2 Características e Aplicações

Equipamento adequado para pré-aquecimento de ar, gases combustíveis e outros fluidos, através da recuperação do calor dos gases de exaustão de processos térmicos. Seu feixe tubular pode trabalhar tanto na posição horizontal quanto vertical, de forma a atender as necessidades específicas de cada instalação.

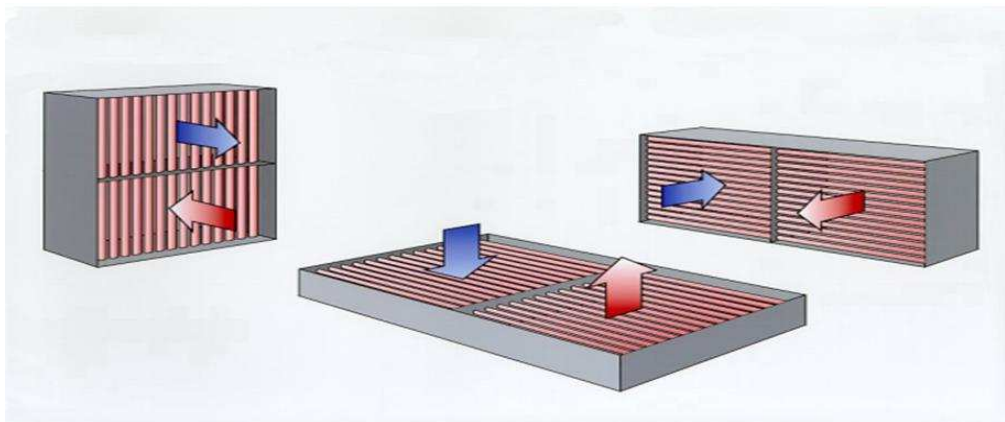


Figura 3. Posições de trabalho do feixe tubular

Com uma ampla gama de aplicações, tem-se sistemas Heat Pipe operando na siderurgia, fundição, indústrias de vidro, cimento, química, em plantas de queima de resíduos, termoeletricas, etc.

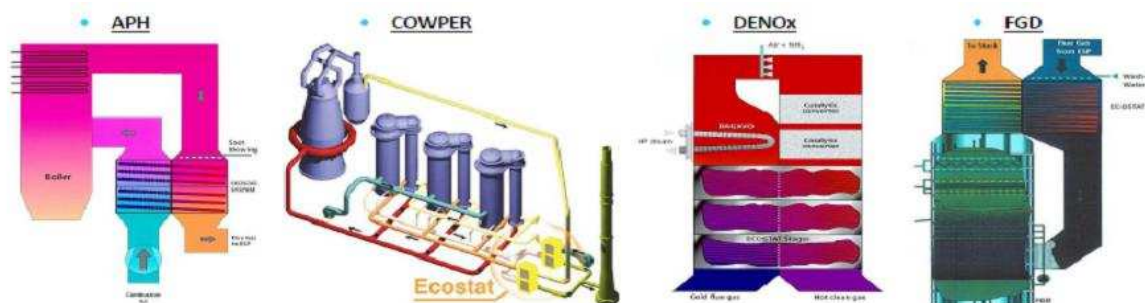


Figura 4. Exemplos de aplicações

2.3 Vantagens Operacionais do Heat Pipe

- . Design compacto
- . Sistema modular
- . Facilidade de montagem e desmontagem
- . Facilidade de inspeção e manutenção
- . Alta confiabilidade
- . Alta disponibilidade
- . Baixa perda de carga
- . Feixe tubular com tubos independentes
- . Sem partes móveis
- . Alto grau de vedação
- . Baixíssimo risco de mistura/contaminação entre os fluidos quente e frio

2.4 Fluidos de trabalho e temperaturas críticas

Existe uma ampla gama de substâncias que podem ser utilizadas como fluido de trabalho, devendo atender as necessidades operacionais específicas de cada sistema.

A utilização de água purificada como fluido de trabalho tem uma vasta aplicabilidade além de uma facilidade operacional. O limite para a aplicação deste fluido de trabalho é balizado pela temperatura crítica da água (374,15 °C) e de uma maneira geral pode-se considerar que a máxima temperatura de filme no lado quente do sistema está em torno de 400 °C e no lado frio é de aproximadamente 280 °C.

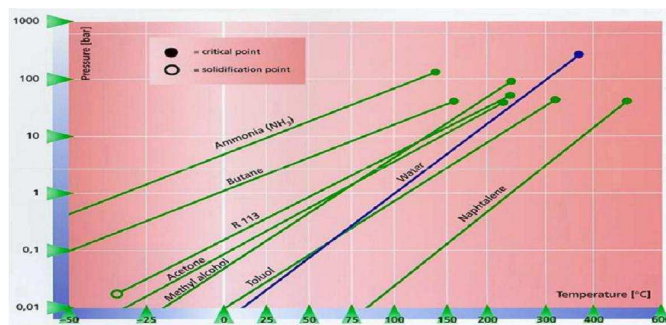


Figura 5. Fluidos de trabalho e temperaturas críticas

2.5 Características construtivas

Trata-se de um sistema modular, com design flexível e adaptável a cada tipo de instalação.



Figura 6. Exemplos de instalação



Figura 7. Sistema modular



Figura 8. Montagem do feixe tubular/espelho



Figura 9. Manutenção do feixe tubular

2.6 Exemplos de Instalações, balanços térmicos e de massa



Figura 10. Instalação de Heat Pipe na HKM

Tabela 1. Balanço de massa e térmico - Aquecedor de ar

FLUIDO	VAZÃO (Nm³/h)	TEMP. ENT. °C	TEMP.SAÍDA °C
GÁS DE EXAUSTÃO	136.348	340	120
AR DE COMBUSTÃO	203.706	20	240
CAPACIDADE TÉRMICA		MW	6,7

Tabela 2. Balanço de massa e térmico - Aquecedor de gás

FLUIDO	VAZÃO (Nm³/h)	TEMP. ENT. °C	TEMP.SAÍDA °C
GÁS DE EXAUSTÃO	193.072	300	120
GÁS COMBUSTÍVEL	153.218	20	240
CAPACIDADE TÉRMICA		MW	17,9



Figura 11. Instalação de Heat Pipe na Rogesa

Tabela 3. Balanço de massa e térmico – Aquecedor de ar

FLUIDO	VAZÃO (Nm3/h)	TEMP. ENT. °C	TEMP.SAÍDA °C
GÁS DE EXAUSTÃO	375.000	300	170
AR DE COMBUSTÃO	222.000	30	258
CAPACIDADE TÉRMICA		MW	20,4



Figura 12. Instalação de Heat Pipe na ArcelorMittal Tubarão

Tabela 4. Balanço de massa e térmico - Aquecedor de ar

FLUIDO	VAZÃO (Nm ³ /h)	TEMP. ENT. °C	TEMP.SAÍDA °C
GÁS DE EXAUSTÃO	83.840	305	150
AR DE COMBUSTÃO	94.155	20	215
CAPACIDADE TÉRMICA		MW	6,7

Tabela 5. Balanço de massa e térmico- Aquecedor de gás

FLUIDO	VAZÃO (Nm ³ /h)	TEMP. ENT. °C	TEMP.SAÍDA °C
GÁS DE EXAUSTÃO	108.700,00	305	150
GÁS COMBUSTÍVEL	113.215	20	215
CAPACIDADE TÉRMICA		MW	8,4

3 CONCLUSÃO

O sistema Heat Pipe apresenta uma alta flexibilidade operacional, alta segurança, confiabilidade e disponibilidade, sendo um equipamento modular e de fácil manutenção. Através de uma análise técnica específica, com balanços térmico e de massa, baseados em dados específicos de cada processo e principalmente nas necessidades energéticas de cada instalação, pode-se dimensionar equipamentos eficientes e tecnicamente adequados, reduzindo os custos operacionais, aumentando a eficiência global do sistema de forma a se obter projetos que sejam técnica e economicamente viáveis para as mais diversas aplicações industriais.

REFERÊNCIAS

- 1 Incropera FP, Dewitt DP. Fundamentals of Heat transfer. New York: John Wiley & Sons; 1981.
- 2 Van Wylen G, Sonntag R, Borgnakke C. Fundamentos da Termodinâmica Clássica. 4ª edição. São Paulo: Edgard Blücher; 1995.
- 3 Barros Jr JLM. Integração de Utilidades, Recuperação de Calor e Cogeração em Sistemas de aquecimento de fluido térmico (pós-graduação). Rio de Janeiro: CEFET; 2002.
- 4 Praeger J. Waste Heat Recovery Systems_Ecostat and Ecoflow. Essen: Kuettner Energy; 2012.