



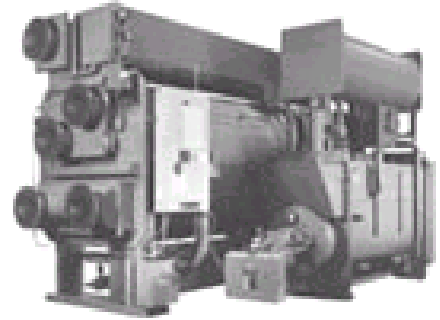
Tecnologias de Micro-Geração e Sistemas Periféricos

PARTE II – Tecnologias de Aproveitamento de Calor -



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional

7 - Chillers de Absorção



7.1 – Descrição da tecnologia

Um chiller de água é uma máquina que tem como função arrefecer água ou outro líquido em diferentes tipos de aplicações, através de um ciclo termodinâmico. Os dois principais tipos de chiller são:

- **Chiller de compressão ou eléctrico**
- **Chiller de absorção**

Os chillers de compressão utilizam um compressor mecânico, usualmente accionado por um motor eléctrico, de forma a aumentar a pressão em determinada fase do ciclo termodinâmico do sistema. A desvantagem deste processo reside no seu relativamente elevado consumo energético.

O que distingue o funcionamento dos chillers de absorção dos chillers de compressão é o facto do primeiro ter como princípio de base um “**compressor termoquímico**”. Os chillers de absorção permitem produzir água gelada a partir de uma fonte de calor, utilizando para tal uma solução de um sal (e.g. brometo lítio) num processo termoquímico de absorção. Os chillers de absorção, por sua vez, subdividem-se em dois tipos:

- **Chiller de absorção de queima directa:** nestes sistemas o calor necessário ao processo é obtido queimando directamente um combustível, tipicamente gás natural.
- **Chiller de absorção de queima indirecta:** nestes sistemas o calor necessário é fornecido na forma de vapor de baixa pressão, água quente ou de um processo de purga quente.

Os chillers de absorção são muitas vezes integrados em sistemas de cogeração, de forma a permitir o aproveitamento do calor que de outra forma seria desperdiçado. O chiller de absorção de queima indirecta utilizando água quente como fonte de calor (*hot water fired absorption chiller*) representa o tipo de chiller mais apropriado para a integração com sistemas de micro-cogeração, já que estes produzem água quente com temperaturas adequadas aos chillers. Existem essencialmente dois tipos distintos de **chillers de absorção de queima indirecta**:

- Sistemas onde o absorvente é o **amoníaco**: estes sistemas representam um investimento relativamente elevado, sendo normalmente aplicados apenas em instalações de grande capacidade.
- Sistemas onde o absorvente é o **brometo de lítio**: representa o sistema mais utilizado nos casos de integração com sistemas de micro-cogeração, devido essencialmente a uma melhor relação entre o seu custo e a sua eficiência energética.

7.1.1 – Componentes e funcionamento de um chiller de absorção

Os principais componentes de um chiller de absorção e a sua função são os seguintes (ver figura 7.1):

- 1) *Secção do evaporador*: zona onde é arrefecida a água a gelar. O fluido refrigerante (normalmente água) evapora ao absorver calor dos tubos onde circula a água a gelar.

- 2) *Secção do absorvedor*: zona onde o vapor de água evaporada é absorvido pela substância absorvente (solução de brometo de lítio). O calor libertado no processo de absorção é dissipado através da passagem dos tubos de água do condensador ao atravessarem o absorvedor.
- 3) *Secção do gerador*: zona onde é fornecido o calor pela fonte quente, de forma a separar novamente o vapor de água da substância absorvente e a re-concentrar a solução.
- 4) *Secção do condensador*: zona onde o vapor de água produzido no gerador é condensado pela água do condensador que circula nesta secção.

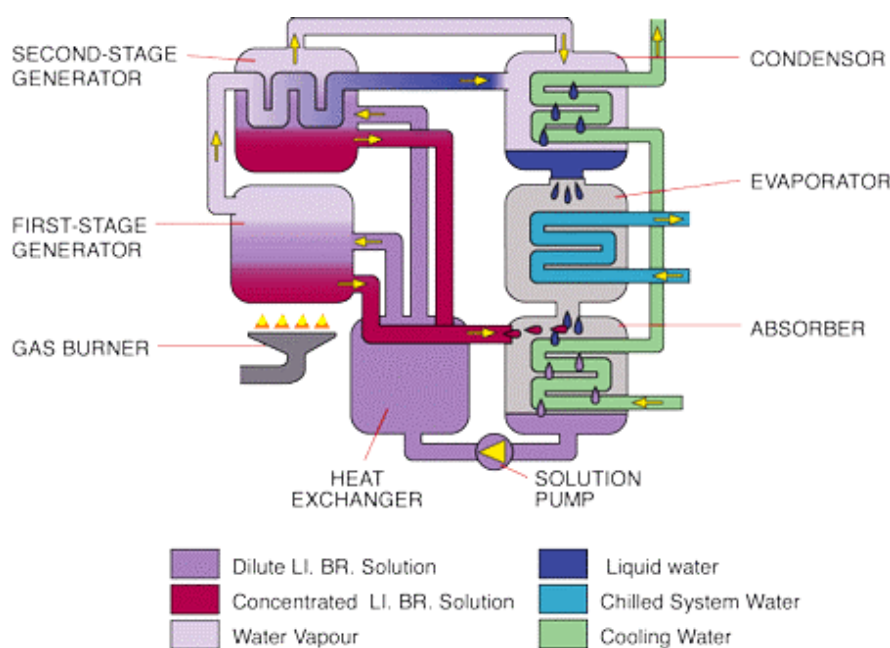


Figura 7.1: Componentes e funcionamento de um chiller de absorção de duplo efeito (fonte: www.fscs-online.com)

7.1.2 - Vantagens e desvantagens

Como o princípio de base de um chiller de absorção é um sistema termoquímico, não existem componentes móveis no sistema (para além das bombas hidráulicas necessárias). Como consequência, este tipo de chillers apresenta uma vida útil longa, geralmente superior a vinte anos, e exigindo muito pouca manutenção. Por outro lado, nos chillers onde se usa água como fluido refrigerante, não é utilizada nenhuma substância nociva da camada de ozono (como os CFC por exemplo).

O consumo eléctrico dum chiller de absorção é tipicamente cerca de 10% do consumo dos chillers de compressão eléctricos. Nas regiões onde existe uma forte procura de electricidade e/ou em que o preço é bastante elevados, é possível reduzir a factura energética investindo num sistema de arrefecimento que praticamente não necessita electricidade.

Os chillers de absorção de queima indirecta apresentam também a vantagem de funcionar com uma ampla gama de fontes quentes: vapor de baixa pressão, água quente, energia solar e processo de purga quente.

A grande desvantagem dos chillers de absorção frente aos chillers de compressão reside no seu relativamente reduzido rendimento energético - Coeficiente de Performance (COP). Os chillers de absorção apresentam COPs de 1,1, enquanto nos chillers de compressão o valor pode subir até de 6,0. Por outro lado, os chillers de absorção representam um investimento inicial muito superior (entre 1,5 e 2,5 vezes mais caro). Uma solução alternativa consiste em usar um sistema híbrido integrando os dois tipos de chillers: um chiller eléctrico como base, e um chiller de absorção funcionando durante os períodos de cheia e de ponta.

Nas aplicações de micro-cogeração, a água quente produzida, aumentando o número de horas de funcionamento anual do sistema. Esta utilização combinada poderá ser interessante em edifícios de escritórios, onde existem necessidades de calor para aquecimento ambiente no Inverno, e grandes necessidades de frio para arrefecimento ambiente no verão.

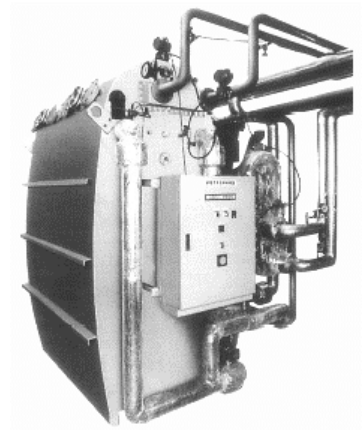
7.2 – Fabricantes e produtos

Normalmente, a capacidade dos chillers de absorção varia entre 10 e 17000 kW, embora a maioria dos chillers funcionem na gama dos 1000 a 2000 kW. O quadro 7.1 resume as principais características de alguns modelos de chillers de absorção existentes no mercado.

Quadro 7.1 – Alguns exemplos de fabricantes e modelos de chillers de absorção

Fabricante / distribuidor	Tipo de tecnologia	Tipo de fonte de calor	Tipo de fluido refrigerante	Potência eléctrica (kW)	Temperatura de saída da água gelada
Cooling Heating and Power	Amoníaco	Gás natural	Água / glicol	12	-10°C
	Amoníaco	Gás natural	Água / glicol	18	-10°C
	Brometo de lítio	Gás natural	Água	370 – 3700	5°C
	Brometo de lítio	Fuel-óleo	Água	370 – 3700	5°C
	Brometo de lítio	Vapor (7 bar)	Água	986 – 3700	5°C
	Brometo de lítio	Água quente	Água	120 – 3700	5°C
Dunham-Bush		Vapor		350 – 5000	
		Água quente		350 – 2700	

8 - Chillers de Adsorção



8.1 – Descrição da tecnologia

Um chiller de adsorção é uma instalação térmica que converte calor em frio utilizando como fonte calor inutilizado.

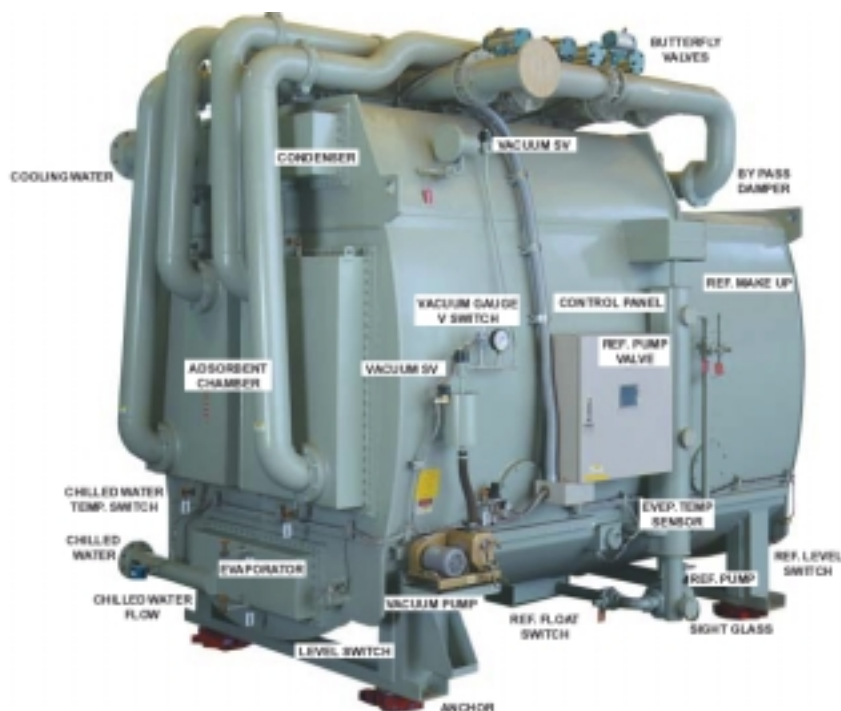


Figura 8.1: Chiller de adsorção (fonte: KRUM International)

A adsorção é um fenómeno de adesão reversível, da qual resulta a acumulação de uma substância gasosa ou dissolvida na superfície de um corpo, tipicamente uma superfície constituída por um material poroso. Quando as moléculas da substância são fixadas, libertam energia: **a adsorção é um processo exotérmico**. A **diferença entre aAdsorção e aBsorção** reside no facto de que, neste ultimo processo, o fluído mistura-se com o absorvente para formar uma solução.

Os chillers de adsorção utilizam apenas água como refrigerante e um gel de sílica como adsorvente. Também se utiliza carvão activo ou resina sintética como adsorvente nos processos industriais, para purificar a água ou para secar (com a adsorção da água).

Os **chillers de adsorção com gel de sílica** podem funcionar com temperaturas inferiores a 80° C, o que os torna mais interessante do que os chillers de absorção em aplicações onde a fonte de calor é de baixa temperatura, como por exemplo integrados com sistemas solares térmicos

Para obter uma grande capacidade de adsorção é necessário ter uma grande superfície de adsorvente disponível. Assim, a dimensão dos micro-poros determina a capacidade de adsorção do adsorvente. Os chillers de adsorção utilizam apenas energia térmica.

O esquema de funcionamento do chiller de adsorção do japonês Mycom encontra-se representado na figura 8.2.

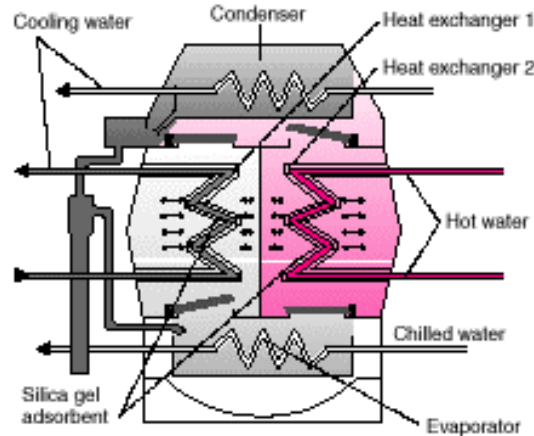


Figura 8.2 - Princípio de funcionamento do chiller de adsorção Mycom (fonte: CADDET Energy Efficiency)

8.1.1 – Aplicações com água quente como fonte de calor

Geralmente, água quente a uma temperatura de 70 a 90°C é suficiente para permitir a fase de desadsorção, sendo a temperatura máxima adequada é 95°C. É possível utilizar água quente com temperaturas até cerca de 55 °C, resultando no entanto eficiências bastante reduzidas para o funcionamento do chiller.

Os chillers de adsorção apresentam uma melhor eficiência do que os chillers de absorção para a gama de temperaturas entre 70 e 85° C, mas estes últimos têm uma eficiência melhor para temperaturas mais elevadas (entre 95 e 150° C). Neste caso, é possível usar um chiller de adsorção em série com um chiller de absorção para utilizar mais calor da água quente. Os chillers de adsorção podem também ser usados com um chiller de compressão convencional, aumentando a capacidade deste chiller sem gastos de energia suplementar significativos.

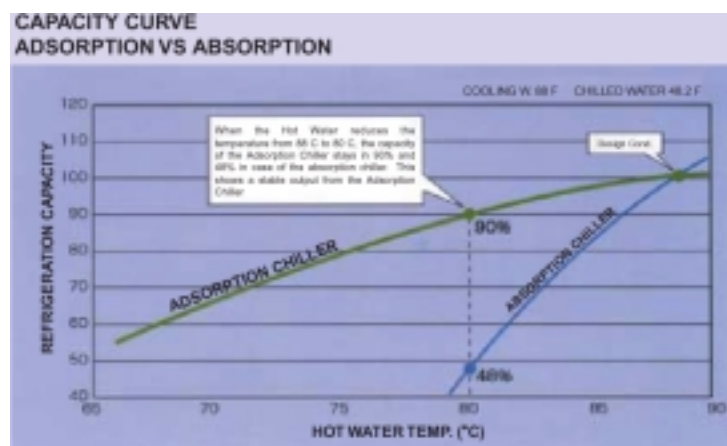


Figura 8.3 - Rendimento energético: Adsorção vs. Absorção (fonte: KRUM International)

Analogamente ao caso dos chillers de absorção, quando toda a energia necessária para aquecer o adsorvente é fornecida pela fonte de calor, designa-se por “ciclo de efeito simples”. Quando existe mais do que um adsorvente no ciclo, pode-se recuperar calor entre os diferentes adsorventes, aumentando a eficiência do ciclo. Diz-se então que se trata de um “ciclo de efeito duplo” ou “ciclo com recuperação de calor”.

8.1.2 - Vantagens

Os chillers de adsorção podem utilizar-se mesmo com fontes de calor de baixa temperatura (55° C) com um Coeficiente de Performance (COP) de 0,5 – 0,6. Assim podem ser utilizados em aplicações de sistemas solares térmicos ou de sistemas de cogeração de baixa temperatura. O consumo de electricidade ronda apenas 6% da capacidade do chiller.

A manutenção é muito reduzida pois os chillers de adsorção praticamente não têm peças móveis (apenas as bombas). O custo da manutenção de um chiller de adsorção representa apenas cerca de um décimo do que é necessário para um chiller de compressão convencional. Para além disso, a equipa de manutenção não necessita de preparação especial.

Os chillers de adsorção que usam gel de sílica não apresentam riscos para o ambiente pois este gel é quimicamente neutro (SiO₂).

Como todas as novas tecnologias, a grande desvantagem dos chillers de adsorção reside no seu elevado custo. Por exemplo, o preço de um chiller de adsorção com gel de sílica ronda os 500 €/kW.