

17 ÁGUA DE RESFRIAMENTO

A remoção de calor indesejável na operação de um processo industrial algumas vezes é necessário. Entre os meios utilizados a água é tida como eficaz na absorção e no afastamento desse tipo de calor. A água trata-se de uma substância química, composta de H e O encontrada em abundância na terra, sob forma líquida, gasosa ou sólida.

A água para reposição em sistemas de refrigeração e ar condicionado pode provir de diversas fontes: rede pública, poços artesianos, e, menos freqüentemente, de cursos d'água, como rios e lagoas. É a matéria prima mais empregada no mundo servindo para uso humano, processos de limpeza, produção de vapor e energia, aquecimento, resfriamento, reações químicas, etc., porém os contaminantes e não a água são causadores de problemas e cada um deve ser tratado de modo específico.

Os três grupos principais de contaminantes são:

- sólidos em suspensão: areia, argila, microorganismos, vegetais em decomposição, sílicas coloidais e óleo;
- sólidos dissolvidos: Ca, Mg, Na, Fe, Al, Mn, -Cátions; HCO_3 , CO_3 , SiO_3 , Cl e SO_4 , NO_3 , F -Ânions;
- gases dissolvidos: O_2 , N_2 , CO_2 , SO_2 , SO_3 e H_2S , NH_3 .

17.1 PROBLEMAS NA ÁGUA DE RESFRIAMENTO

CORROSÃO (fig. 150a): Existe três tipos de corrosão, porém qualquer uma pode causar danos irreparáveis ao equipamento.

Corrosão ácida ou pH baixo: Ocasiona o desgaste do material (afinam-se as paredes da tubulação até ocorrer vazamento).

Corrosão localizada (pitting): Ocasionada por oxigênio contido na água, faz com que a tubulação seja perfurada em pontos localizados.

Corrosão galvânica: Ocorrem quando existem dois materiais diferente na tubulação, por exemplo, Fe + Cu, Cu + Aço, etc.

INCRUSTAÇÃO(fig. 150b): São sólidos da água que se agregam às paredes da tubulação, aumentando sua espessura, ocasionando além de um menor fluxo de á água, uma camada térmica a qual diminui o resfriamento.

ALGAS (fig. 150c): Em locais onde hajam dois elementos: oxigênio + luz, ocorre o desenvolvimento de algas, que dentro de um sistema de água ocasionarão, dois problemas específicos:

- ocorre despreendimento, entram na tubulação causando entupimento;
- deterioração da espécie, gera material que polui a água ocasionando odores desagradáveis e ação corrosiva.

Outros problemas causados pela corrosão, incrustação e slime são:

- queda na eficiência dos trocadores de calor
- vazamento, após perfuração, nos trocadores de calor;
- redução da resistência mecânica dos materiais;
- entupimento das tubulações dos trocadores de calor;
- aumento da perda de carga e da redução da vazão;

- aceleração da corrosão;
- adsorção e consumo de produtos químicos usados no tratamento;
- queda na eficiência da torre de resfriamento;
- deformação ou despreendimento do enchimento da torre de resfriamento.

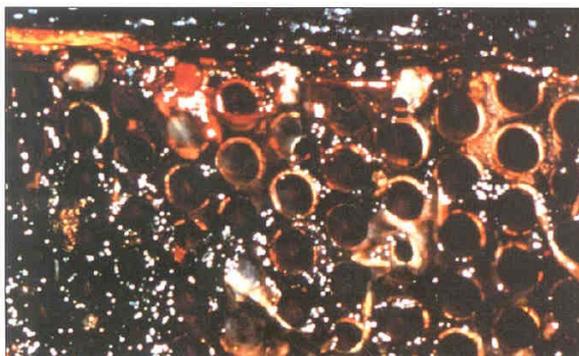
FIGURA 150 - a) CORROSÃO - b) INCRUSTAÇÃO - c) LAMA



(a)



(b)



(c)

Os feixes tubulares dos trocadores de calor e as demais tubulações do sistema são confeccionados em materiais metálicos, que possuem a tendência natural de retornarem ao seu estado mais estável, ou seja, a forma de óxidos, sais,

etc. A água de resfriamento reúne uma série de variáveis que favorecem a oxidação dos metais, ocasionando, dessa forma, a corrosão dos equipamentos.

Os sais dissolvidos e os sólidos em suspensão na água de resfriamento e algumas características físico-químicas e operacionais inerentes ao próprio sistema acarretam o aparecimento de depósitos e incrustações, principalmente sobre a superfície de troca térmica das tubulações dos trocadores de calor.

A qualidade físico-química da água de resfriamento; a possibilidade da mesma ser contaminada por substâncias nutrientes de microorganismos oriundos do processo produtivo e o fato da torre de resfriamento promover a oxigenação e insolação da água, originam conjuntamente um meio ideal para a proliferação de toda a sorte de microorganismos, notadamente algas, bactérias e fungos. Esses microorganismos dão origem aos bioflocos, que se depositam ou aderem em toda superfície em contato com a água, principalmente as tubulações dos trocadores de calor, originando um depósito não endurecido que denominamos "slime". Dessa forma, corrosão, incrustação e slime são os três principais problemas que ocorrem em um sistema de água de resfriamento.

Todos esses problemas causados pela corrosão, incrustação e slime, podem na prática ocasionar:

- parada do processo produtivo para a realização de manutenção nos trocadores de calor, com a conseqüente perda em termos de lucros cessantes;
- redução da vida útil dos equipamentos;
- aumento do consumo de energia nos motores das bombas de recirculação e ventiladores.

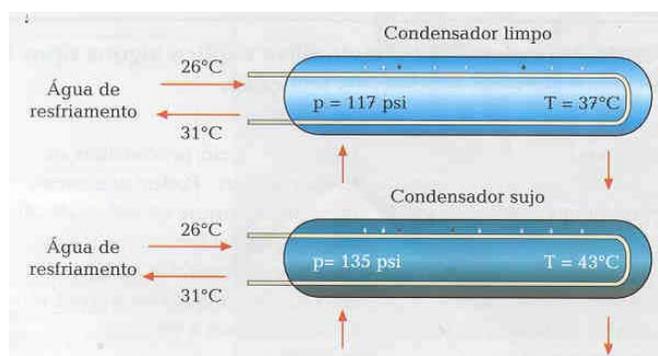
Para prevenir esta concentração de impurezas, é recomendado purgar continuamente, uma quantidade de água igual aquela evaporada.

Sob condições extremas mesmo esta purga pode ser insuficiente, devendo um tratamento de água ser efetuado nestes casos. O tratamento deve ser compatível com o material do sistema devendo o pH da água ser mantido entre 6,5 a 8,5.

O asseguramento da devida proteção a um sistema de água de resfriamento dos problemas causados por corrosão, incrustação e por desenvolvimento microbiológico, exige a aplicação de um programa de tratamento que melhor atenda às características particulares de cada circuito.

A (fig. 151) ilustra o efeito de um condensador sujo sobre a pressão.

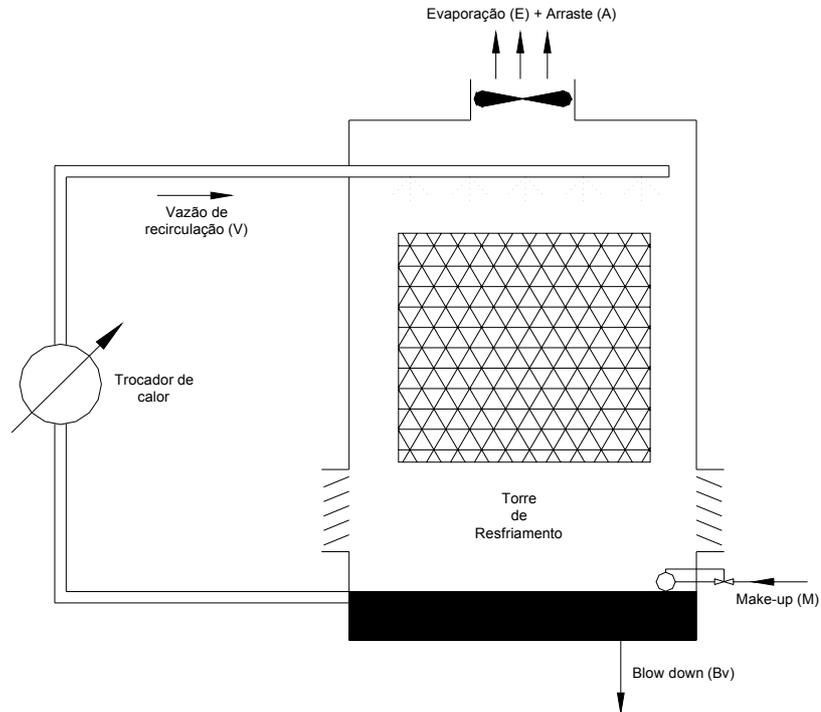
FIGURA 151 - EFEITO DE UM CONDENSADOR SUJO



17.2 BALANÇO DE ÁGUAS EM UM SISTEMA DE RESFRIAMENTO

Para a elaboração de um programa de tratamento da água é necessário calcular as perdas que existem no sistema mostradas na (fig. 152).

FIGURA 152 - BALANÇO DE ÁGUAS



$$M = E + A + B_v \quad (77)$$

$$E = \frac{V \Delta T}{L} \quad (78)$$

$$B_v = \frac{E}{(N-1)} \quad (79)$$

$$N = \frac{\text{Dureza - cálcio na água da torre em ppm}}{\text{Dureza - cálcio na água de make - up em ppm}} \quad (80)$$

onde

- M vazão da água de make-up, m³/h
- E vazão de evaporação, m³/h
- A arraste de água (0,1 a 0,2% de V), m³/h
- B_v blow down, m³/h
- V vazão de recirculação, m³/h

ΔT	diferença de temperatura entre a água quente e fria, °C
L	calor latente de vaporização da água, 580
N	ciclo de concentração.

17.3 MÉTODOS PREVENTIVOS

Corrosão:

Causas:

- concentração de oxigênio dissolvido, temperatura, conteúdo de dióxido de carbono, pH, sólidos dissolvidos, sólidos em suspensão, velocidade da água;

Controle:

- inibidores químicos: cromatos, nitritos, molibdatos, polifosfatos, ortofosfatos, fosfonatos, sais de zinco, benzotriazol, mercaptobenzotriazol, toliltriazol, aminas;
- formação de um filme de carbonato de cálcio na superfície dos metais;
- controle do pH;
- desaeração mecânica da água.

Incrustação:

Causas:

- carbonato de cálcio;
- fosfato de cálcio e zinco;
- sulfato de cálcio;
- sílica e silicato de magnésio;
- óxidos de ferro;
- compostos de alumínio.

Controle:

- fosfonatos, homopolímero de ácido maleico, homopolímeros de ácido acrílico;
- terpolímero a base de ácido acrílico, copolímero a base de ácido maleico;
- dosagem de ácidos (HCl e H₂SO₄);
- abrandamento ou desmineralização da água de make-up.

Slime:

Causas:

- nutrientes de microorganismos;
- temperatura;
- pH;
- oxigênio dissolvido;
- luz solar;
- concentração de bactérias;
- turbidez;
- velocidade da água.

Controle:

- prevenção da contaminação por sólidos em suspensão e nutrientes;
- aplicação de produtos químicos, biocidas (clorados, sais de amônia quaternária, compostos de bromo, compostos orgânicos nitrogenados-sulfurados, dispersantes);
- filtração lateral;
- velocidade da água > 0,5 m/s.

17.4 PROGRAMA DE TRATAMENTO DA ÁGUA DE RESFRIAMENTO

A elaboração de um programa de tratamento de água de resfriamento é baseada em dados teóricos, dados extraídos de testes de bancada, dados obtidos através de plantas piloto e da experiência acumulada na área. Seu princípio básico é considerar que os problemas conhecidos como corrosão, incrustação e desenvolvimento microbiológico, apesar de se manifestarem universalmente da mesma maneira, para serem corrigidos devem ser individualizados a partir de estudos no local de origem do problema, considerando a qualidade das águas, a situação dos equipamentos, as condições climáticas, as contaminações e assim por diante.

O desenvolvimento dessa tecnologia possibilita soluções a nível de compostos químicos, que formam os programas cada vez mais sofisticados e desenvolvidos a partir da necessidade real gerando dessa forma soluções corretas.

Portanto, os programas de tratamento são elaborados após se estudar cada caso, não admitindo soluções padronizadas.

Dados necessários a elaboração de um programa de tratamento:

- análise da água de recirculação;
- qualidade da água de make-up;
- dados sobre os trocadores de calor (tipo de material, velocidade e local de passagem da água (casco ou tubos), fouling factor, temperatura de película, etc.);
- dados sobre a torre (diferença de temperatura, vazão de recirculação, volume total de água do sistema e da bacia de água, etc.);
- sistema de dosagem de produtos químicos (quantidade de linhas de dosagem, material dos tanques e bombas);
- processo produtivo (natureza dos fluídos de processo e tempo de campanha da planta);
- histórico do sistema (para o caso de plantas já em operação), (qualidade da água de resfriamento, tratamento químico aplicado, ciclo de concentração e blow-down total, resultados obtidos (inspeção dos trocadores), taxa de corrosão, etc.).

Dosagem de Produtos Químicos:

Dosagem de inibidores de corrosão:

- no tratamento com polifosfato e zinco, a concentração mínima de fosfato a ser mantida na água de resfriamento pode ser estimada, em função da dureza de cálcio.

Dosagem de dispersantes:

- a dosagem desses produtos é função da concentração de fosfato, zinco, dureza de cálcio, do pH e da temperatura de película, outros fatores

como a concentração de ferro, sílica, sólidos em suspensão, alumínio, etc., também influem.

Dosagem de biocidas:

- normalmente, o cloro gasoso ou o hipoclorito de sódio são utilizados isoladamente, de modo a manter a concentração de cloro residual total de 0,5 a 1,0 ppm na água de retorno a torre, durante 3 a 4 horas por dia.

Entretanto, quando apenas a cloração não se mostrar suficiente, outros tipos de biocidas devem ser adicionados em conjunto com a cloração. O tipo de biocida e a dosagem do mesmo depende do tipo de microorganismo presente, do tipo de contaminante existente e do tipo de slime formado.

17.5 FAIXA DE CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE RESFRIAMENTO

Essas faixas de controle devem ser estipuladas para cada sistema em particular, entretanto, as mesmas de um modo geral seguem os valores da (tab. 23) para, 25°C.

TABELA 23 - FAIXAS DE CONTROLE

PARÂMETROS	SISTEMA ABERTO (1)	SISTEMA FECHADO (2)
pH (25°C)	7,0 - 8,5	7,0 - 8,5
turbidez (graus)	< 20	-
condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	< 3000	< 2500
alcalinidade - T (ppm CaCO_3)	30 - 100	-
dureza-cálcio (ppm CaCO_3)	< 250	-
cloreto (ppm Cl^-)	< 500	< 100
Sulfato (ppm SO_{4-2})	< 300	< 50
Sílica (ppm SiO_2)	< 150	-
ferro (ppm Fe)	< 3	-
DQO Mn (ppm O)	< 10	-
SS (ppm)	< 15	-

onde

- (1) considerando tratamento com polifosfato - zinco;
 (2) considerando tratamento com nitrito.

17.6 TRATAMENTOS INICIAIS PARA SISTEMAS ABERTOS

WATER FLUSHING: Esse procedimento objetiva remover sólidos grosseiros (plásticos, lama, etc.) das tubulações do sistema, os quais podem obstruir as tubulações de troca térmica dos trocadores de calor. Normalmente, deve ser empregado em plantas novas ou em plantas que reiniciam a operar após parada geral para manutenção. Durante esse procedimento é aconselhável que os trocadores de calor sejam "by passados".

LAVAGEM QUÍMICA: Esse procedimento é usado em plantas novas (antes da partida), e visa remover óleos graxas e uma fina camada não endurecida de óxido de ferro, normalmente encontrados em sistemas novos.

PASSIVAÇÃO: Esse procedimento visa a formação do filme protetor. É uma das fases mais importantes do tratamento.

Testes de Monitoramento:

- análise da água e sua frequência;
- teste de corrosão;
- contagem de bactérias;
- teste de aderência de slime;
- medida do volume de slime;
- instalação de trocador de calor piloto (para acompanhar a taxa de incrustação).

A (fig. 153) ilustra o processo de tratamento da água de resfriamento.

FIGURA 153 - TRATAMENTO DE ÁGUA DE RESFRIAMENTO

