Tipos de corrosão interna

Oxidação Generalizada do ferro

O aço dos tubos e chapas antes da colocação em marcha das caldeiras, apresenta uma fina camada(da ordem de 50 mícrons) protetora contra a corrosão, chamada magnetita(Fe_3O_4), que apresenta uma coloração escura, densa e aderente. No funcionamento da caldeira, essa camada protetora está sendo constantemente quebrada e reconstruída e é muito resistente à alguns agentes químicos(ácido nítrico). Entretanto, quando sofre a ação de agentes físicos, tais como choques térmicos e dilatação e/ou agentes químicos, tal como a soda cáustica, oxigênio, quelantes de tratamento da água, etc., a magnetita deixa de existir e inicia-se a oxidação do ferro, resultando a formação de outros óxidos não

Corrosão Galvânica

- Ocorre quando dois metais diferentes estão em presença de um eletrólito, gerando uma diferença de potencial e, de conseqüência, um fluxo de elétrons. Nas caldeiras, o par galvânico pode ser originado quando partes metálicas de cobre ou níquel ou outro metal, se desprendem pela erosão, cavitação de tubulações ou de rotores de bombas e se alojam em ranhuras ou pequenas folgas entre as partes da caldeira. O aço atuando como anodo, é o elemento mais prejudicado quanto à corrosão.

Corrosão por Aeração Diferencial

- Isso ocorre em geral, nas caldeiras fumotubulares em que o oxigênio dissolvido na água provoca corrosão dos tubos superiores. Os tubos submersos estão submetidos a menores concentrações de O_2, comparados à região acima da superfície da água(daí o nome de aeração diferencial). Essa diferencia de concentração de O_2, forma uma pilha em que o anodo é formado pela parte menos aerada. Como na pilha galvânica, o anodo, nesse caso, é também a região que apresenta corrosão mais severa, e, sendo localizada, viabilizará o aparecimento de **pites**(cavidade na superfície metálica com fundo angular e profundidade maior que o seu diâmetro) ou **alvéolos** (cavidade na superfície metálica com fundo arredondado e profundidade menor que seu diâmetro). Nas caldeiras aquotubulares a aeração diferencial ocorre no tubulão superior e nos purificadores de vapor.

Corrosão Salina

Acontece quando existem concentrações elevadas de **cloretos** que migram para ranhuras ou regiões sem proteção de magnetita. Os cloretos podem também se alojar sob camadas porosas que se formam sobre os tubos. Em particular, o cloreto de magnésio, se hidrolisa formando ácido clorídrico, atacando quimicamente o ferro da caldeira. Em geral, os cloretos na presença de O_2 catalisam a reação da magnetita com o O_2 resultando Fe_2O_3, que é um oxido não protetor.

Fragilidade Cáustica

Esse é um modo de corrosão em que o hidróxido de sódio(soda cáustica), em concentrações acima de 5 %. Migra para fendas ou outras partes em que não exista a camada protetora de magnetita e reage diretamente com o ferro.

Corrosão por Gases Dissolvidos

A água da caldeira pode-se contaminar com gases, especialmente com o gás sulfídrico(H_2S), decorrente da poluição atmosférica ou pelo seu tratamento com sulfito de sódio. O H_2S reage com o ferro dando origem a sulfeto de ferro (FeS), que se apresenta sob a forma de manchas pretas. O gás carbônico (CO_2) torna a água ligeiramente acidificada, viabilizando a formação de **pites.**

Erosão

A erosão é outro fator que age na redução da espessura. Esse fenômeno pode acontecer de diversas maneiras nas caldeiras. **Nas caldeiras fumotubulares**, pode ocorrer, por exemplo, na alimentação da água pela bomba em que o jato de entrada, podendo conter partículas pesadas (areia, partes metálicas, etc.), incide sobre a parte externa da fornalha, causando seu desgaste. A erosão pelo vapor pode acontecer em sedes de vedação de válvulas de segurança. Essas válvulas são normalmente fabricadas para resistir à ação abrasiva da passagem do vapor em regime de solicitações normais, ou seja, quando a válvula é aberta apenas em situações de emergências e de testes. Entretanto, quando outros controles de pressão não estão presentes ou não funcionam , a válvula de segurança deixa de ser um acessório de emergência e passa a funcionar com maior freqüência desgastando de modo excessivo e reduzindo muito a vida útil do disco de assentamento.

Nas caldeiras aquotubulares a erosão é freqüentemente ocasionada por sopradores de fuligem desalinhados, que direcionam o jato de vapor sobre os tubos, em vez de entre eles.

Cavitação

É uma forma também de degeneração dos materiais, podendo ser responsável pela redução de espessuras. Seu mecanismo á caracterizado pela ação dinâmica resultante da contínua formação e colapso de bolhas de gases ou vapores do meio líquido sobre uma superfície. Sua ocorrência é muito comum em bombas centrífugas (com pressão de sucção deficiente), dobras, cotovelos, derivações de tubulações, válvulas etc.

Logicamente, a ação combinada dos dois últimos fenômenos com a corrosão, é muito mais maléfica para as caldeiras, que o efeito isolado de cada um deles.

Corrosão Externa (origem)

Nas caldeiras aquotubulares, as superfícies de aquecimentos mas quentes são aquelas do superaquecedor e do reaquecedor, podendo ocorrer corrosão tanto nas caldeiras que queimam óleo como carvão. Outro problema de corrosão ocorre nas caldeiras que operam com cinzas fundidas, que permitem o ataque do O_2, destruindo a camada protetora de magnetita. A corrosão nas zonas de baixas temperaturas é conseqüência direta da presença do enxofre nos combustíveis, na forma de sulfatos, de compostos orgânicos ou na forma elementar. A decomposição dos sulfatos produz SO_3, já o enxofre elementar e os compostos orgânicos produzem no processo de combustão o SO_2 e o SO_3(em menor quantidade). O SO_2 por sua vez pode oxidar-se em SO_3 por ação direta do O_2 ou por oxidação direta catalítica ao contato dos depósitos existentes sobre as superfícies de aquecimento. Para os combustíveis contendo enxofre na ordem de 3 %, o teor de SO_3 nos gases de combustão varia entre 20 e 80 ppm(partes por milhão) em massa.

Corrosão Externa (origem)(cont.)

Nos gases de combustão contendo vapor d´água, pode haver a condensação de gotas de ácido sulfúrico quando a temperatura reduz muito e atinge o ponto de orvalho, esse depende das pressões parciais do H_2O e o SO_3 nos gases de combustão, porém pode variar de 90°C a 160 °C. A condensação das gotas H_2SO_4 pode, desta forma, acontecer nas partes finais das caldeiras aquotubulares, ou seja, no economizador, no pré-aquecedor de ar e na chaminé.

Outro fator que contribui à corrosão externa é o ar atmosférico. Caldeiras instaladas em regiões muito úmidas, locais próximos ao mar e em atmosferas fortemente poluídas, apresentam corrosão externa, de modo generalizado, em todas as suas partes(chaparias, colunas, escadas, plataformas, etc.).

Explosões Causadas por Aumento da Pressão.

A pressão do vapor em uma caldeira é função direta da quantidade de energia disponível na fornalha pela queima do combustível e que é transmitida à água. Sendo assim a pressão interna na caldeira depende fundamentalmente da atuação do queimador. Entretanto, o queimador não é o único responsável pelo aumento de pressão na caldeira, pois a bomba de alimentação injeta água com pressão superior àquela de trabalho. Se a vazão com que a bomba alimenta a caldeira for maior que aquela de saída do vapor, o nível da água sobe e a pressão de trabalho aumenta. Durante a operação normal da caldeira, a pressão é mantida dentro de seus limites pelos seguintes sistemas:

Sistema de Modulação de Chama

Sistema constituído por um pressostato modulador de chama, um servo-motor, e um conjunto de registros (dampers). O pressostato possui um diafragma ou fole que se estende com o aumento da pressão e que acionam os contatos que emitem um sinal elétrico para o acionamento do servo-motor. Esse transmite movimento às alavancas, que acionam os dampers, alterando a vazão de combustível e a vazão de ar. Com isso, a alimentação do queimador fica modificada e obtem-se a modulação da chama, ou seja, sua redução nos momentos de pressões elevadas e sua intensificação nos momentos de pressões baixas.

Sistema de Pressão Máxima

Esse é composto por um pressostato e uma válvula solenóide. Quando a pressão se eleva além de um certo limite, o pressostato é acionado e corta a alimentação elétrica da válvula solenóide. Conseqüência direta disso, é o corte completo de combustível ao queimador. Quando a pressão normal de trabalho se restabelece, o pressostato faz abrir totalmente a passagem de combustível ao queimador.

Válvula de Segurança

Como já comentamos anteriormente, essas válvulas têm a função de deixar sair o vapor quando a pressão ultrapassa a PMTA, fazendo diminuir a pressão interna.

Sistema Manual

Conforme for a indicação de pressão no manômetro da caldeira, o operador tem condições de acionar os vários dispositivos para intervir, onde for necessário, para manter a pressão interna da caldeira: queimador, bomba de alimentação ou mesmo na válvula de segurança. Por meio dessa última, o vapor pode ser liberado à atmosfera manualmente(acionamento da alavanca da válvula, por exemplo).

Com todas essas possibilidades, conjugadas ou não, é de se esperar que as caldeiras tenham grande chance de ser operadas com segurança, porém, mesmo assim, há inúmeros casos de explosões, causadas por falhas. A possibilidades de falhas em pressostatos pode ser de natureza mecânica, como o bloqueio de uma comunicação com a caldeira ou a deterioração do diafragma ou de natureza elétrica, pelo colagem dos contatos. Falhas nas válvulas solenóides oferecem riscos, quando impedem o bloqueio do combustível, ou seja, quando operam na posição aberta. Há possibilidades da ocorrência desse defeito por falha mecânica de fabricação ou pela instalação incorreta, fora da vertical, ou de cabeça para baixo.

Falhas no sistema manual são decorrentes de defeitos em instrumentos de indicação de pressão(manômetros) e de nível, ou nos dispositivos de controle, ou, ainda, de procedimentos inadequados por parte do operador.

Explosões do Lado dos Gases

São originadas por uma reação química, ou seja, pelo processo de combustão. Esse processo além de ocorrer exotermicamente, acontece em um tempo muito pequeno, cuja conseqüência é o aumento rápido e violento da pressão em um espaço restrito. As explosões dessa natureza acontecem com maior freqüência em caldeiras que operam com combustíveis líquidos e gasosos. As nevoas de líquidos inflamáveis ou de óleos combustíveis aquecidos apresentam comportamento similar às dispersões gasosas inflamáveis. Quando entram em contato com o ar, formam uma mistura que entra em combustão instantânea, se a relação ar/combustível estiver dentro do limite de inflamabilidade do combustível e se houver uma pequena fonte de calor para a ignição. As caldeiras aquotubulares, em face da complexa disposição do circuito dos gases, favorecem a existência de zonas mortas, onde pode ocorrer acumulo de gases não queimados.

Explosões do Lado dos Gases

As explosões no lado dos gases acontece com freqüência na recolocação manual em marcha da caldeira, quando é promovida a ignição com retardo, ou sem purga prévia, condição em que a fornalha encontra-se inundada com a mistura combustível – comburente. Ocorre casos também durante o funcionamento da caldeira: falta de limpeza dos queimadores ou presença de água no combustível ou, ainda, carbonização do óleo no queimador podem levar à interrupção da alimentação do combustível. Essa falha, associada ou não a falhas no sistema de alimentação de ar, pode acusar perda momentânea da chama. Com isso, o interior da fornalha ficará enriquecida com a mistura, e a explosão ocorrerá, deflagrada pelo sistema de ignição, ou por partes incandescentes da fornalha, ou ainda, por outro queimador, no caso da perda da chama ocorrer em um queimador, enquanto outros funcionam.

Outros Riscos de Acidentes

Outras condições determinam situações de risco de acidentes no ambiente das caldeiras, em particular, para os operadores. Uma das situações é o risco de queimaduras na sala de caldeiras por água quente, vapor, óleo aquecido, tubulações e depósitos desprotegidos, etc. Deve-se considerar ainda, o risco de queimaduras por contato com produtos cáusticos, normalmente empregados para neutralizar o pH da água da caldeira, como o hidróxido de sódio e outros produtos químicos.

Outros Riscos de Acidentes

Na casa de caldeiras ou nas caldeiras instaladas ao tempo, há riscos consideráveis de quedas de mesmo nível, em virtude do óleo impregnado no piso ou de poças de óleo, se o local de trabalho não for convenientemente limpo. As quedas de níveis diferentes representam maiores perigos, pois existem caldeiras de diversos tamanhos, podendo atingir alturas de até dezenas de metros. Nessas caldeiras há necessidade de acesso do operador a diversos níveis, seja para observação de visores de fornalha, de sistema de alimentação, de válvulas, etc.

Desenho Ergonômico

Do ponto de vista ergonômico, as caldeiras têm evoluído muito nos últimos anos, existindo hoje, caldeiras que possuem câmaras de vídeo para que o operador possa observar e exercer à distância, e confortavelmente sentado à frente de um painel, o controle das fornalhas, do nível, dos sistemas de alimentação, etc. Entretanto, essas não são em geral, as condições freqüentemente encontradas. Em termos ergonômicos, o corpo de um operador de caldeira é solicitado muitas vezes por movimentos desordenados e excessivos , localizados ou generalizados: visores mal posicionados, manômetros instalados em ângulos inadequados, válvulas emperradas e que possuem volantes exageradamente pequenos, regulagem de chama que exigem operações iterativas, etc.

A presença de ruído de baixa freqüência dos queimadores e de alta freqüência proporcionadas por vazamentos de vapor (acidentais ou intencionalmente provocados pelas válvulas de segurança) constitui um espectro sonoro peculiar e variável ao longo da jornada de trabalho.

Desconforto Térmico

Nas operações de caldeiras é muito freqüente e de fácil constatação, porém a sobrecarga térmica para ser identificada, exige a análise de cada caso em particular, sendo necessário para tanto, não só avaliações com termômetros de globo e de bulbo úmido, como também exames médicos e acompanhamento individual.

Há também riscos dos operadores terem os olhos expostos à radiação infravermelha em operações de regulagem de chama e em observações prolongadas de superfícies incandescentes.

Fumaças, gases e vapores expelidos pela chaminé representam, em certas condições, riscos não somente aos operadores, como também à comunidade, ou seja, pelo risco de intoxicação por monóxido de carbono, por exemplo.

Caldeiras operantes com carvão, lenha, bagaço de cana, biomassa e outras oferecem ainda, riscos inerentes ao manuseio, armazenagem e processamento do combustível.