

Análise dos riscos e medidas de segurança em fornos de atmosfera controlada para tratamentos térmicos e termoquímicos

Sartori, Carlos H. e Sartori, João C.
sartori@itarai.com.br | joao.sartori@metaltrend.com.br

A indústria automotiva e aeroespacial possui uma vasta quantidade de itens que requerem tratamentos térmicos ou termoquímicos de endurecimento. A grande maioria desses itens é tratada em fornos do tipo atmosfera controlada com resfriamento em óleo.

Os fornos de atmosfera controlada do tipo SQ (Sealed Quench) destinados para têmpera, cementação e carbonitreção são equipamentos extremamente dinâmicos, que garantem excelente uniformidade e repetibilidade de resultados.

Os insumos utilizados na operação desses equipamentos são gases e óleos que possuem componentes combustíveis e tóxicos. A experiência mostra que falhas no sistema de segurança e/ou operação inadequada desses equipamentos podem gerar acidentes de grande proporção, envolvendo perdas financeiras e principalmente vitimando trabalhadores.

Hoje, centenas de fornos utilizados por fabricantes de peças e empresas prestadoras de serviços de tratamento térmico possuem dispositivos de segurança ineficazes, sejam por projeto inadequado do equipamento ou manutenção preventiva deficiente.

Dentre os principais problemas e riscos podemos destacar: operação incorreta, queda de energia, vedação deficiente, falha nas chamas piloto, nível de óleo baixo, falha na troca de calor, baixa pressão interna, falta de admissão de nitrogênio e defeitos no pirômetro de segurança.

Este presente artigo tem por objetivo apresentar uma análise dos principais riscos de acidentes (explosão, incêndio e intoxicação) e medidas de segurança (simples e complexas) para o funcionamento correto e seguro desses tradicionais e confiáveis equipamentos.

Palavras-chaves: fornos; atmosfera controlada; carbonitreção; segurança

1. Introdução

Todos os dias, cada um de nós e mais de seis bilhões de vizinhos no mundo utilizam produtos e componentes cuja existência se tornou possível graças a um forno de atmosfera controlada.

Desde pequenas travas de porta até sistemas de trem de pouso de aeronaves, os equipamentos de atmosfera controlada promovem o beneficiamento do aço, seja através da têmpera ou do enriquecimento superficial de carbono e posterior têmpera em processos como a cementação ou carbonitretação.

Os fornos de atmosfera controlada do tipo SQ (Sealed Quench) destinados para têmpera, cementação e carbonitretação são equipamentos extremamente dinâmicos, que garantem excelente uniformidade e repetibilidade de resultados.

Até pouco antes da década de 50, a grande maioria dos fornos de tratamento térmico eram fracas construções feitas com tijolos e revestimento de aço, sem grandes preocupações com a atmosfera na qual a carga era aquecida. A severa formação de carepa e óxidos era considerada infelizmente um mal necessário.

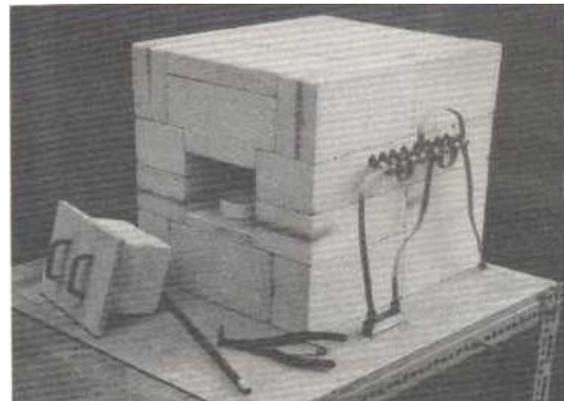
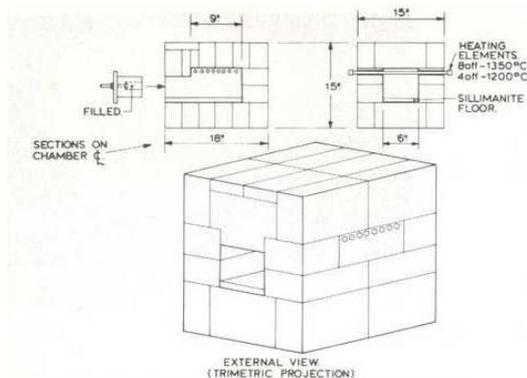


Figura 01: Exemplo de kit para construção de forno simples para tratamento térmico, sem atmosfera controlada. [1]

Os fornos elétricos possuíam atmosferas de ar e os fornos com aquecimento por queimadores possuíam atmosferas constituídas dos produtos da combustão. Os operadores dos fornos aquecidos por queimadores perceberam que podiam reduzir a formação de carepas através do controle da mistura ar-combustível nos queimadores, no entanto esses procedimentos afetavam a eficiência do aquecimento e os resultados em relação à oxidação ainda eram inadequados.

Hoje, milhares de fornos usados nos processos de tratamentos térmicos produzem peças brilhantes ou pelo menos limpas e livres de carepas, geralmente com características superficiais iguais ou melhores que as características iniciais.

Tais resultados foram obtidos graças às mudanças construtivas realizadas nos equipamentos, como o uso de câmaras de aço estanques, portas vedadas e outros sistemas de admissão e saída de gases. Na maioria dos fornos elétricos a atmosfera protetora é mantida no interior da câmara de aquecimento de maneira a proteger tanto a carga de peças como os elementos de resistência. Em alguns fornos elétricos, no entanto, e em muitos fornos aquecidos por queimadores, a atmosfera protetora é separada da fonte de calor pelo uso de retortas ou pelo confinamento em tubos radiantes.

A construção típica de um forno de atmosfera controlada (tipo SQ: Sealed Quench) pode ser verificada nas figuras abaixo. Essas características construtivas seguem três necessidades básicas:

- 1) Transferência uniforme de calor para a carga e proteção contra radiação direta de calor
- 2) Fluxo uniforme da atmosfera pela carga
- 3) Ausência de problemas operacionais e longa vida útil do equipamento



Figura 02: Fornos de atmosfera controlada do tipo IPSEN T8 (Itaraí Metalurgia Ltda)

Esses fatores são muito dependentes das características internas do equipamento. O refratário assim dito, é constituído de tijolos isolantes adequados a temperaturas bem acima do set-up máximo do equipamento. O teto arqueado é autossustentável e contém um duto embutido para o circulador de gases. A soleira é formada por placas de carboneto de silício que possuem largas aberturas para a recirculação de gases, e garantem total uniformidade da atmosfera pela carga. As paredes fabricadas do mesmo material da soleira protegem a carga da radiação direta e promovem a distribuição uniforme de temperatura.

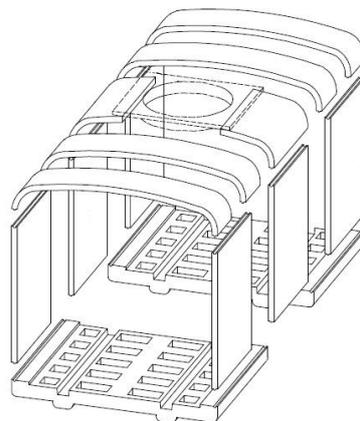
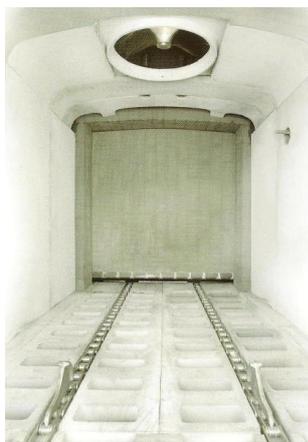


Figura 03 (esq): Detalhe da câmara interna de um forno de atmosfera controlada. [2]

Figura 04 (dir): Detalhe dos componentes da mufla / soleira de um forno de atmosfera. [2]

Dentre as principais atmosferas utilizadas nos equipamentos do tipo SQ, podemos destacar os seguintes sistemas em função da aplicação, que na grande maioria envolve têmpera, cementação ou carbonitretação.

Logicamente essas atmosferas precisam de uma fonte carbono, que pode ser monóxido de carbono, um hidrocarboneto, um álcool ou outro líquido fonte de carbono.

Industrialmente, utilizam-se atmosferas contendo monóxido de carbono e hidrogênio para garantir um alto controle da mesma, conforme as reações clássicas de transferência de carbono abaixo:

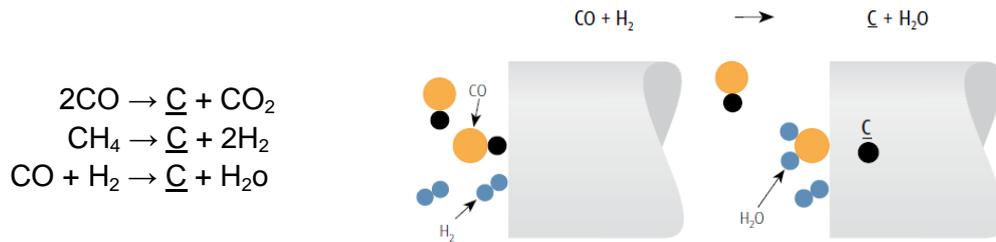


Figura 05: Ilustração esquemática do processo de cementação [3]

Em muitos casos, parte da atmosfera também consiste de nitrogênio, que atua como gás de arraste e também dilui as concentrações de gases inflamáveis minimizando o risco de chamas e depósitos de fuligem, como veremos posteriormente.

O endogás e a mistura nitrogênio/metanol são as duas opções principais de gases de enchimento.

Para controlar o potencial de carbono, um “gás de enriquecimento” deve ser utilizado. Esse gás normalmente é um hidrocarboneto como o propano ou metano.

Nos casos de carbonitretação, o gás amônia (fonte de nitrogênio) é também adicionado.

Tipo de atmosfera	Detalhes da composição das atmosferas	
Endogás	Endotérmico (Gerador)	Propano + Ar Gás natural + Ar
	Sintético	100% Metanol 66% H ₂ ; 33% CO
Endogás (atmosferas com nitrogênio)	Sintético	Metanol + Nitrogênio 40% N ₂ ; 40% H ₂ ; 20% CO

Tabela 01: Principais atmosferas utilizadas em fornos SQ destinados a têmpera e cementação [3]

Independente do tipo de gás utilizado, o potencial de carbono dos processos de têmpera, cementação e carbonitretação são atualmente controlados por sistemas como sondas de oxigênio, infravermelho e ponto de orvalho.

O método mais comum de resfriamento para a têmpera nos fornos SQ é a transferência da carga até a zona fria onde se localiza o tanque de óleo. Essa transferência é realizada através de uma corrente transportadora. O tanque de óleo consiste de um compartimento de parede dupla isolado, equipado com dois a quatro

motores que promovem a agitação do óleo de resfriamento para obtenção da severidade de têmpera desejada.

Um elevador desce a carga no tanque e a turbulência controlada garante um resfriamento uniforme garantindo baixa distorção dos componentes temperados.

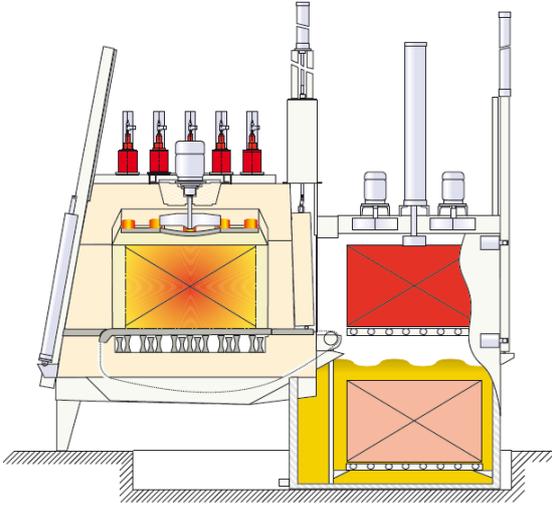


Figura 06 (esq): Detalhe de um equipamento SQ com duas câmaras e tanque de óleo integrado.

Descarregamento da carga é feito pelo lado oposto à entrada da carga.

Figura 07 (dir): Detalhe do tanque de têmpera de um equipamento com circuladores de óleo integrados (Itaraí Metalurgia)

A utilização de insumos inflamáveis associada às elevadas temperaturas dos processos requerem rigorosa atenção quanto ao estado de conservação e funcionamento dos diversos sistemas de segurança desses equipamentos.

2. Segurança comprometida

No Brasil existem centenas de fornos de atmosfera controlada utilizados por fabricantes de componentes e empresas prestadoras de serviços de tratamento térmico que possuem dispositivos de segurança ineficazes, sejam por alterações durante reformas e automações que descaracterizam o projeto inicial ou manutenção preventiva deficiente.

Dentre os principais problemas e riscos podemos destacar: operação incorreta, queda de energia, vedação deficiente, falha nas chamas piloto, nível de óleo baixo, falha na troca de calor, baixa pressão interna, falta de admissão de nitrogênio e defeitos no pirômetro de segurança.

As investigações realizadas nos casos de explosões e incêndios ocorridos em fornos dessa natureza no Brasil e no mundo geralmente revelam que:

- existem grandes necessidades de melhorias na isolação de gases (detecção de vazamentos) e supervisão de chamas (geralmente sistemas de detecção de falha de chamas não existem ou não funcionam)
- falta de conhecimento dos profissionais em relação às normas de segurança requeridas para fornos reformados.

O quadro a seguir apresenta os principais riscos associados aos principais tipos de falhas que abordaremos nesse artigo:

POTENCIAIS PRINCIPAIS RISCOS X TIPO DE FALHA	Explosões	Combustão da Atmosfera	Combustão do Óleo	Intoxicação/Asfixia
Queda / Falta de energia elétrica				
Falha de aquecimento (fornos com aquecimento elétrico ou queimadores)				
Falha Pirômetro de Segurança e seus Inter travamentos				
Falta de Nitrogênio				
Falha na cortina de chama ou chamas piloto				
Pressão interna do forno inferior à externa				
Vedação deficiente				
Problema no trocador de calor do óleo e/ou baixo nível de óleo				
Problemas no elevador de Têmpera (Carga parcialmente submersa)				
Água no óleo				
Nota: Colocados os principais riscos diretos; como os dispositivos de segurança são interdependentes e normalmente interconectados, a falha em um pode desencadear a falha em outro sistema.				

Tabela 02: Principais riscos associados aos principais tipos de falhas nos equipamentos de atmosfera controlada [5]

2.1. Queda ou falta de energia elétrica

Muitas vezes durante o funcionamento de um equipamento de atmosfera controlada, podem ocorrer panes elétricas ou simplesmente falta de energia elétrica na planta em que o mesmo está instalado.

Esse tipo de falha pode provocar nos equipamentos aquecidos por resistência, conforme a tabela 02: riscos de explosão, combustão da atmosfera e fogo no óleo.

A queda de energia provoca logicamente a queda de temperatura do equipamento e por isso a entrada automática (via válvula solenóide NA no rack de gases) ou manual de nitrogênio para a purga é essencial para não provocar combustão da atmosfera abaixo de 760°C (temperatura abaixo da qual a mistura de gases da atmosfera se torna explosiva), principalmente em cargas de carbonitreção, que são realizadas em temperaturas inferiores às de cementação.[6]

A falta de energia elétrica por tempo prolongado pode interromper o fluxo de água de refrigeração, danificando assim componentes vitais do equipamento, como o recirculador de gases (com a deterioração dos retentores e rolamentos).

É importante que esses equipamentos possuam um sistema de água de emergência que atue por gravidade. Os equipamentos atuais possuem a entrada automática de água de emergência na falta de energia, já para os equipamentos mais antigos essa operação é feita manualmente pelo operador, fechando-se o circuito normal e abrindo-se o circuito por gravidade.

A presença de um gerador de energia elétrica a diesel na empresa, garante o bom funcionamento do equipamento em caso de falta de energia elétrica. Praticamente não se verifica queda de temperatura ou potencial de carbono na mudança da fonte de energia e a circulação de água não fica prejudicada.



Figura 08: Detalhe de gerador a diesel para manter equipamentos em funcionamento em caso de falta de energia elétrica (Itaraí Metalurgia)

Durante o período de falta de energia todos os queimadores pilotos (tampa de explosão e tubos de saída de gases das câmaras) devem permanecer acesos.

No retorno da energia elétrica, a porta de saída da câmara de resfriamento deve ser aberta durante a retomada de temperatura.[7]

Nunca se deve introduzir os gases na atmosfera do forno, com temperaturas abaixo de 760°C. Quando os gases começarem a entrar no equipamento, deve-se fechar a porta de saída da câmara de resfriamento.

2.2. Falha no pirômetro de segurança para admissão de gás

É muito importante que na linha de admissão de gases exista uma válvula solenóide (NF) interligada ao pirômetro, para que somente exista a admissão de gases se a temperatura for igual ou superior a 760°C. Em temperaturas inferiores a válvula permanece fechada.

O pirômetro de segurança para admissão de gases deve ser “cego”, isto é, não deve apresentar nenhuma possibilidade de alteração de parâmetros pelo operador. Ele deve ser configurado com ponto fixo a 760°C e em caso de interrupção do circuito de medição o mesmo deve ir para início de escala (independente da temperatura do forno) e não para o fim de escala, buscando assim impedir a entrada de gases se o forno estiver abaixo de 760°C.[6]

2.3. Falta de nitrogênio

O nitrogênio sendo um gás inerte é utilizado, em termos de segurança, basicamente:

- Quando há queda de energia: além de fechar a admissão de gases, a válvula solenóide (NA) de N₂, abre automaticamente permitindo a entrada de N₂ e expulsando a atmosfera presente no forno.

- Quando a temperatura cai abaixo de 760°C: ocorre o mesmo processo.

Obs.: No caso de falha do pirômetro de segurança idem acima.

- Compensando a queda de pressão na câmara, quando do primeiro instante da têmpera, afinal quando a carga submerge no óleo, em seu estágio inicial há a “contração” da atmosfera no recinto de têmpera e logo após expansão.[7]

O nitrogênio, portanto evita a entrada de oxigênio, que tende a ser “puxado” para dentro da câmara quando desta contração.

2.4. Falha na cortina de chamas ou chama piloto

A cortina de chamas é talvez o dispositivo de segurança mais importante dos fornos de atmosfera controlada do tipo SQ.

Para fornos com entrada e saída distintas, a cortina de chamas na porta de entrada tem função de proteger a atmosfera na câmara de aquecimento e a cortina de chamas da porta de saída tem a função de impedir a combustão da atmosfera presente na câmara de resfriamento, onde a temperatura dos gases é inferior a 760°C.[6]

Para fornos em que a entrada e saída da carga é feita pela mesma porta, a cortina de chama tem função de proteção contra a combustão.

A ativação da cortina de chama e a checagem desta atuação devem estar intertravadas ao acionamento de abertura das portas do forno.

Deixar a checagem e a ativação da cortina por conta do operador é extremamente arriscado, afinal falhas humanas são imprevisíveis.

Após a remoção da carga e fechamento da porta (com a extinção do fogo da cortina), existe forte “contração” da atmosfera da câmara de resfriamento, num efeito similar ao que experimentamos quando fechamos a porta de um congelador (freezer).

A figura abaixo apresenta o momento exato da explosão de uma porta em equipamento do tipo SQ, captado pelo circuito interno de câmeras de segurança da empresa.

O vídeo, cuja fonte é desconhecida, mostra que não houve a abertura da cortina de chama, possivelmente sob comando do operador, ocasionando forte explosão.



Figura 09: Momento da explosão da porta de saída da câmara de um forno SQ, devido à não abertura da cortina de chama (fonte desconhecida)

Quando a porta recebe o comando de abertura, há o início de chama no queimador piloto, enquanto o sensor (do lado oposto) não “sentir” a chama, a porta (intertravada) não é aberta.[7]

Em caso de falha do sensor, não há emissão de sinal e a porta permanece fechada.



Figura 10 (esq): Detalhe do sistema de cortina de chama e queimador piloto (Itaraí Metalurgia)

Figura 11 (dir): Detalhe da cortina de chama durante saída de carga (Itaraí Metalurgia)

2.5. Pressão interna do forno

Todo equipamento de atmosfera controlada (SQ) deve trabalhar com pressão interna superior à pressão atmosférica.

Com a pressão levemente superior à atmosférica, evitamos que haja a entrada de oxigênio para dentro do forno e/ou tanque de óleo, evitando riscos de explosão e incêndio.

Essa pressão interna, geralmente entre 8 a 10 mmH₂O, é oriunda do processo e é mantida como mais um auxiliar na segurança.[6]

Os equipamentos do tipo SQ estão equipados com uma tampa de explosão no teto da câmara de resfriamento, sendo a selagem feita pelo próprio peso da tampa de modo que um pequeno aumento na pressão interna seja suficiente para abri-la.

A tampa é guiada no eixo com mola e após a abertura e alívio da sobre-pressão, a mesma retorna para a posição anterior, mantendo a selagem. Além da tampa de explosão na câmara de resfriamento, existe uma saída lateral na tampa, com tubo e uma válvula gaveta com orifício calibrado para saída de gases da atmosfera, a passagem dos gases é feita pelo orifício calibrado.



Figura 12 (esq): Detalhe da tampa de explosão e saída lateral de gases na câmara de resfriamento de forno SQ. (Itaraí Metalurgia)

Figura 13 (dir): Detalhe da saída de gases na câmara de aquecimento de forno SQ. (Itaraí Metalurgia)

Além da tampa de explosão existe ainda montado no teto do forno, na câmara de aquecimento, um tubo com válvula gaveta para saída dos gases da atmosfera, esta válvula deve ser ajustada para manter o controle da pressão interna do forno. Pequenos entupimentos produzem aumento da pressão interna do equipamento, rapidamente acusados no painel de comando.[7]

Os gases que saem são queimados pelo queimador piloto, que deve estar aceso constantemente.

A equipe de manutenção deve periodicamente inspecionar a tampa de explosão, as válvulas gaveta e o tubo de saída para verificar se os mesmos estão funcionando livremente, limpos e isentos de fuligem/materiais estranhos.

Durante o mergulho da carga no tanque de óleo, pode dependendo da montagem de carga, ocorrer depressão na câmara de resfriamento, promovendo a entrada de oxigênio (do ar exterior) na câmara e riscos de explosão.

Para evitar essa queda de pressão, recomenda-se a instalação de tubulação de nitrogênio com válvula solenóide para compensar a pressão negativa. O nitrogênio é injetado automaticamente durante um tempo pré-estabelecido no CLP do forno.

Outro sistema de segurança presente nos fornos de atmosfera controlada do tipo SQ é o tubo sifão, localizado na caixa das correntes transportadoras, na parte inferior da câmara de aquecimento, que deve estar sempre cheio de óleo de têmpera.[6]

Esse tubo sifão serve para a proteção da câmara de aquecimento no caso da pressão interna subir além do normal, ou mesmo em casos de explosões na câmara de resfriamento.

O tubo sifão acaba até mesmo drenando o óleo de têmpera que eventualmente penetre na caixa das correntes durante o processo de resfriamento.

É importante salientar que a caixa das correntes, diferente do que alguns pensam, não deve ficar cheia de óleo para “lubrificação das correntes”, isso provoca fuligem na atmosfera e atrapalha o controle de potencial de carbono.

A falta de óleo no tubo sifão logicamente permitirá a entrada de oxigênio no forno em caso de depressão.[6]

A conexão T do tubo sifão deve estar sempre aberta e no mesmo nível do fundo da caixa das correntes transportadoras.



Figura 14: Detalhe do sistema de tubo sifão na lateral do equipamento SQ. (Itaraí Metalurgia)

2.6. Vedação deficiente

Os fornos SQ que estamos analisando nesse texto recebem o nome “Sealed Quench” (Têmpera Fechada/Vedada, em português) porque são exatamente isso, fornos vedados.

Vazamentos são comuns nesse tipo de equipamento e devem ser rapidamente encontrados e eliminados.

Os vazamentos vão se formando com o tempo por diversas causas: vibrações, temperatura, falta de manutenção, erros operacionais, etc.

Devido a vedações deficientes, pode ocorrer combustão da atmosfera e/ou óleo de resfriamento, pois o oxigênio pode estar presente quando do primeiro momento da têmpera, conforme visto anteriormente.

Todo e qualquer manual de instruções para fornos dessa família, recomenda a verificação periódica do assentamento das portas com os batentes, substituição de gaxetas de selagem e avaliação do funcionamento dos sensores de fim de curso de posição das portas.

Os principais pontos de vazamento nos fornos de atmosfera controlada são: elevador, comporta, haste cilindro do elevador, haste do cilindro comporta, e vedação da porta de saída.[6]

2.7. Problema no trocador de calor do óleo

Os equipamentos de atmosfera controlada possuem trocadores de calor para manter o óleo de têmpera na temperatura planejada e para baixar a temperatura do mesmo entre uma carga e outra.

Problemas ou entupimentos na tubulação de água do trocador de calor e/ou entre as placas do trocador pode prejudicar a eficiência do mesmo.

Um trocador de calor não atuante pode permitir a elevação da temperatura do óleo, acima do máximo permitido, iniciando a combustão.

É muito importante a avaliação constante do fluxo e temperatura da água do sistema de resfriamento na lateral do forno. Todo operador deve ser treinado a checar, até varias vezes ao dia, o bom funcionamento desse sistema.



Figura 15: Detalhe do trocador de calor e das tubulações de água de resfriamento na lateral do forno (Itaraí Metalurgia)

Recomenda-se que pelo menos uma vez por ano faça-se uma verificação das condições do trocador de calor do óleo, através da abertura, avaliação e limpeza das placas.

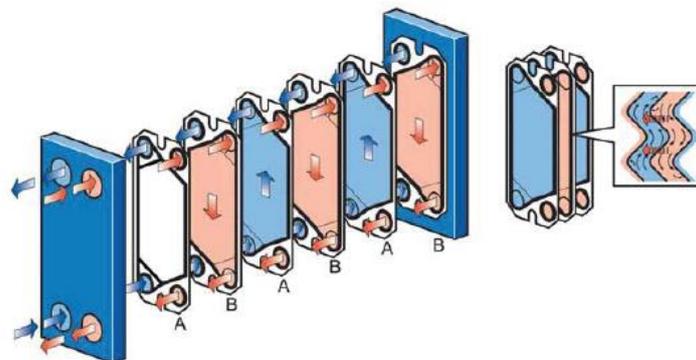


Figura 16: Detalhe da desmontagem do conjunto de placas do trocador de calor para limpeza

2.8. Baixo nível do óleo de têmpera

Caso não exista um programa de acompanhamento diário de um operador experiente, o nível de óleo no tanque de têmpera pode cair sensivelmente.

Neste caso pode ocorrer o não “cobrimento” total da carga durante a têmpera, gerando super-aquecimento superficial, e combustão no óleo.

Os equipamentos mais modernos possuem sistemas de alarmes de nível de óleo, que fornecem sinais ao CLP do equipamento para emissão de alarme áudio/visual. A figura abaixo apresenta um sistema de detecção do nível de óleo no tanque de resfriamento:



Figura 17: Detalhe do sistema de detecção do nível de óleo em equipamento SQ (Itaraí Metalurgia)

Outra metodologia para avaliação do nível de óleo no tanque pode ser promovida pela checagem diária na caixa de abastecimento na lateral do equipamento. Na figura abaixo, repare a instalação de marcador do nível de óleo, que indica a altura mínima que o óleo deve estar. A checagem diária do nível de óleo deve ser registrada em check-list de produção, conforme recomendações da Seção 3 da CQI-9.

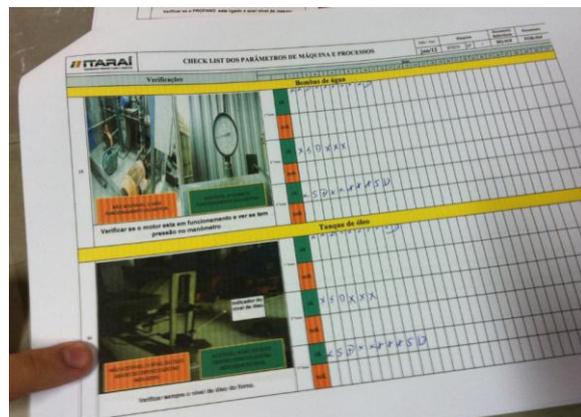


Figura 18 (esq): Detalhe do marcador do nível de óleo na caixa de abastecimento. (Itaraí Metalurgia)
 Figura 19 (dir): Planilha de check-list diário de manutenção. (Itaraí Metalurgia)

2.9. Problemas no elevador de têmpera (carga parcialmente submersa)

Durante a passagem da carga da câmara de aquecimento para a câmara de resfriamento, problemas mecânicos sérios podem acontecer com a corrente transportadora e com o elevador.

Erros de regulagem do fim de curso, quebras de corrente ou problemas pneumáticos podem ocasionar a descida do elevador antes da carga estar acomodada sob o mesmo, gerando “capotamento” da carga.

Com a carga parcialmente submersa, o risco de combustão da superfície do óleo é muito elevado. Nesse caso, o operador deve manter as portas fechadas e garantir a injeção de nitrogênio até a remoção completa da atmosfera anterior.

2.10. Espaços confinados

Vazamentos ou gases utilizados na purga podem criar nos fornos ambientes com déficit de oxigênio.

Gases também podem ser liberados dos tijolos refratários (onde estavam retidos) e provocar intoxicação do técnico durante a manutenção.

Durante alguns tipos de manutenção interna no forno como: troca de refratários e limpeza periódica do tanque de óleo, deve-se tomar todo o cuidado para que mecânicos não entrem nesses espaços confinados sem a devida autorização da equipe de segurança e portando equipamentos/controles associados à NR-33.

Dentro os principais sintomas da intoxicação por monóxido de carbono e falta de oxigênio podemos destacar: tonturas, irritabilidade, perda de memória, desorientação, dor muscular, náusea, vômitos e dores no peito.[8]

Recomenda-se a ventilação do ambiente através de ventiladores externos.

Outra recomendação é o total travamento das portas utilizando pinos de segurança e travamento do painel elétrico e entrada de gases com cadeados adequados.

2.11. Água no óleo

Uma das maiores preocupações relacionada aos óleos de têmpera, é a presença de água nos mesmos.

A presença excessiva de água no óleo é perigosa pelo fato de que durante o resfriamento da carga haverá a formação de vapor, resultando em expansão de volume de aproximadamente 7 vezes. As micro-bolhas de vapor que saem do tanque estão revestidas de óleo e ao sair do forno em alta pressão acabam se incendiando, resultando grande evolução de chamas.

A presença de água no óleo em grande quantidade também pode gerar um efeito “leite fervendo” durante o resfriamento, fazendo com que o óleo transborde do tanque.

A análise trimestral do óleo deve obrigatoriamente determinar a quantidade de água presente.

Para reduzir a quantidade de água presente no óleo, recomenda-se a elevação da temperatura do mesmo acima de 100°C (com recirculação), no equipamento sem gases e com a porta de saída da câmara de resfriamento aberta.

No circuito do trocador de calor a pressão do óleo deve ser ligeiramente maior que a pressão da água para no caso de vazamento, o óleo entrar na água e não a água entrar no óleo.

2.12. Montagem de carga

Outro grande risco, não somente associado a fornos de atmosfera controlada, mas a todo e qualquer equipamento que promova o aquecimento de peças para tratamento térmico, é a montagem de carga.

A montagem de uma carga para tratamentos térmicos com resfriamento em tanques de óleo deve não somente garantir cuidados especiais com o fluxo do óleo, mas

também com a presença de peças ou conjuntos montados com ar retido no seu interior.

A figura abaixo apresenta a montagem de uma carga compacta de anéis em aço carbono para tratamento de carbonitreção em forno de atmosfera controlada. Para garantir bons resultados dimensionais, os anéis devem ser empilhados e dispositivados entre tampas delgadas e fuso central rosqueado pneumaticamente.



Figura 20: Detalhe da montagem de anéis para carbonitreção em dispositivos especiais (Itaraí Metalurgia)

Caso os conjuntos não apresentem furos nas tampas, como mostrado acima, o ar retido no interior iria se expandir até provocar a explosão dos diversos conjuntos montados na câmara de aquecimento.

A preparação de cargas compactas, principalmente de peças seriadas, pode prejudicar a imersão do lote e/ou a circulação do óleo, promovendo assim excessivo aquecimento do mesmo. A carga da figura abaixo apresenta diversas bandejas que garantem a separação das peças em camadas que não se encostam. Essa separação garante excelente fluxo do óleo pelas peças, bons resultados dimensionais, grande homogeneidade de propriedades e risco zero de combustão do óleo ou explosões.



Figura 21: Detalhe de montagem de carga utilizando bandejas separadoras (Itaraí Metalurgia)

3. Conclusões

Os fornos de atmosfera controlada, principalmente os do tipo SQ, são equipamentos consagrados e extremamente versáteis para o tratamento térmico e termoquímico de peças de diferentes geometrias e aplicações.

Seu funcionamento aparentemente simples gera nos operadores a falsa impressão de total controle sobre o mesmo e também de que não existem riscos envolvidos.

Os diversos pontos apresentados nesse texto mostram que os equipamentos de atmosfera controlada são extremamente perigosos quando operados ou mantidos por profissionais sem preparo ou sem responsabilidade.

De maneira alguma esse texto buscou esgotar o assunto ligado à segurança de fornos de atmosfera controlada. Seu principal objetivo foi alertar e iniciar discussões sobre o risco existente em empresas que utilizam equipamentos modificados e sem equipe treinada para a operação.

Para maiores esclarecimentos recomenda-se a leitura da norma NFPA 86 - Report of the Committee on Ovens and Furnaces, 2003. [10]

4. Referências bibliográficas

1. Hotchkiss, A.G. e Webbwe, H.M. Protective Atmospheres. John Wiley & Sons, NY, 1953
2. What Should You Know About Atmosphere Technology. Ipsen International GmbH, 2007.
3. Furnace Atmosphere Gás Carburizing and Carbonitriding, Linde Gas Special Edition, 2007.
4. ASM International. Metals Handbook Vol.4 Heat Treatment. Types of Heat Treating Furnaces, 1991.
5. Gomes, A.C. Controle de Atmosfera em Fornos de Tratamento Termoquímico, 2000.
6. Metaltrend. Manual de Operações do Equipamento IPSEN Série T, 2005.
7. Combustol. Manual de Instruções do Equipamento IPSEN T-8E, 2009.
8. Herring, D.H. Health & Safety in the Heat-Treat Shop. Industrial Heating Web Site.
9. Herring, D.H. NFPA 86 and Furnaces Operating Below 1400°F (760°C). Industrial Heating, 2009.
10. National Fire Codes. Vol. 5 - Standard for Ovens and Furnaces - NFPA 86 - Report of the Committee on Ovens and Furnaces, 2003.

ABSTRACT

Analysis of risks and safety measures in controlled atmosphere furnaces for heat treatment and thermochemical treatment

Sartori, Carlos H. and Sartori, João C.
sartori@itarai.com.br | joao.sartori@metaltrend.com.br

The automotive and aerospace industries have a vast amount of items that require heat treatment or thermochemical hardening. Most of these items are heat treated in controlled atmosphere furnaces type with oil quenching. The controlled atmosphere furnaces type SQ (Sealed Quench) for hardening, carburizing and carbonitriding are extremely dynamic equipments, which ensure excellent uniformity and repeatability of results. The inputs used in the operation of such equipment are gases and oils that are combustible and toxic. Experience shows that flaws in the security system and / or improper operation of such equipments can generate large proportion of accidents, particularly involving financial losses and victimizing workers. Today, hundreds of ovens used for parts manufacturers and service providers of heat treatment have ineffective safety devices, whether by inadequate design or poor preventive maintenance. Among the major problems and risks, we can highlight: improper operation, power loss, poor sealing, failure in the pilot lights, low oil level, failure in heat exchange, low internal pressure, lack of admission of nitrogen and defects in the security pyrometer . This present paper aims to present an analysis of major accident hazards (explosion, fire and poisoning) and security measures (simple and complex) to the correct and safe operation of these traditional and reliable equipments.

Keywords: furnaces, controlled atmosphere, carbonitriding, security