

Têmpera a Óleo com Vácuo: Aplicações e Propriedades Únicas



Fig. 6. Exemplo de uma célula de processamento a vácuo flexível, incluindo forno de têmpera a óleo

Philippe Lebigot - Divisão HTC Tenova: BMI Fours Industriels; Saint Quentin Fallavier - França

O endurecimento do aço é uma das principais operações em tratamento térmico. Originalmente realizada em solução aquosa, a natureza dos meios de têmpera influencia as características finais do aço, permitindo, assim, a otimização da dureza, da microestrutura e também da deformação das partes tratadas.

Dependendo dos tipos de aço e dos resultados desejados, a indústria se voltou para a têmpera a óleo, em banho de sal ou (nos últimos anos) gás inerte pressurizado com o crescente uso de fornos a vácuo.

Este artigo não irá detalhar os mecanismos do endurecimento. Contudo, descreverá o potencial da têmpera a óleo realizada em um forno a vácuo, em comparação com a têmpera a óleo convencional e a têmpera a gás a alta pressão de 20 bar.

Problemas com a Têmpera a Óleo

Como em qualquer processo de endurecimento, o propósito da têmpera a óleo é transformar uma fase austenítica em uma estrutura martensítica, impondo um resfriamento rápido com a finalidade de alcançar os valores de dureza desejados.

Dependendo do tipo de aço e do perfil de resfriamento, é possível obter várias estruturas diferentes (Fig. 1). Quando as partes austenitizadas são mergulhadas no óleo, ocorrem várias fases sucessivas de resfriamento (Fig. 2):

- Fase de vapor: O óleo em contato com a peça aumentará sua temperatura por condução e, portanto, produzirá um arrefecimento moderado;
- Fase de ebulição: Devido ao efeito do calor, o óleo se transforma em fase de vapor. Isto resultará em um arrefecimento mais rápido devido à absorção do calor latente de vaporização. Esta é a fase mais decisiva da operação de têmpera/endurecimento, mas também a mais difícil de

controlar. A formação de uma camada de vapor em torno da peça pode causar um isolamento excessivo, reduzindo assim a eficiência da velocidade do arrefecimento;

- Fase de convecção: Quando a temperatura se torna mais baixa e conseqüentemente insuficiente, a fase de vapor desaparece. A convecção do óleo pode, portanto, concluir o arrefecimento até a temperatura de equilíbrio.

A adequação de tais curvas teóricas garante o sucesso

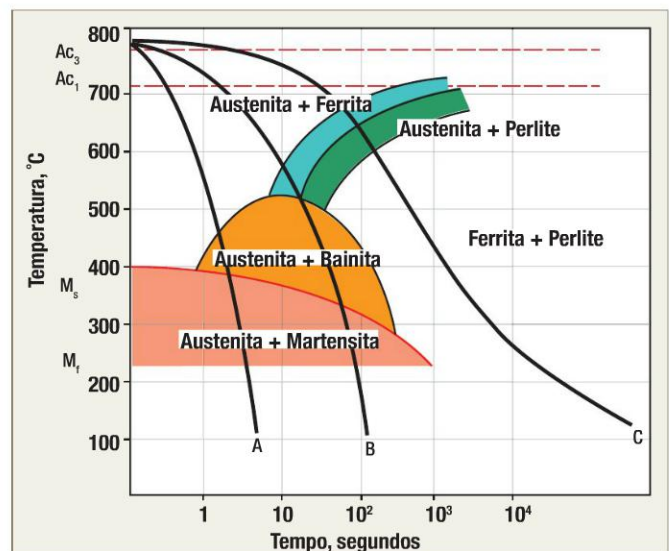


Fig. 1. Exemplo de um diagrama CCT (transformação por resfriamento contínuo) de aço de baixa liga. A microestrutura depende da velocidade de resfriamento. A área A é predominantemente uma estrutura martensítica, normalmente o objetivo. B é uma estrutura mista martensítica/bainítica, que é visada quando se deseja uma maior resiliência (com uma conseqüente menor dureza). C tem uma estrutura muito semelhante ao equilíbrio, pois o endurecimento não é alcançado

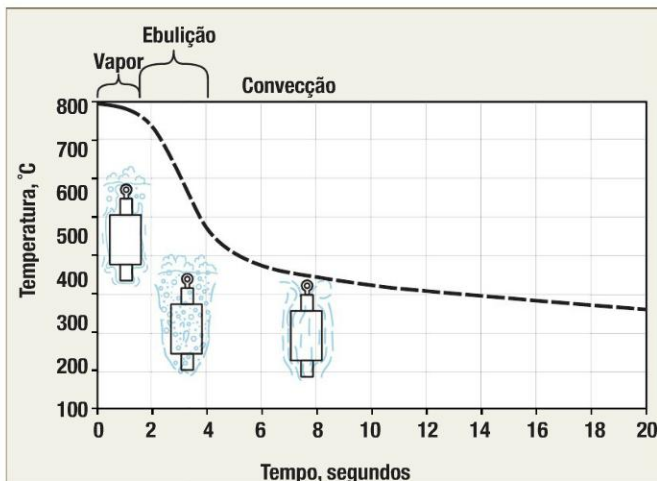


Fig. 2. Tipo de perfil de têmpera com resfriamento de  leo. Várias fases de troca térmica influenciam a velocidade de arrefecimento

da opera o. Esta visão  , logicamente, simplista. Com efeito, o arrefecimento da peça nunca   uniforme devido às diferentes espessuras das se oes da própria peça. Estas heterogeneidades do arrefecimento - menores ou significativas - conduzirão as transforma oes martensíticas em diferentes momentos durante a fase da têmpera. O cruzamento do ponto Ms em um momento diferente pode gerar uma expansão abrupta da peça e causar distor oes inerentes

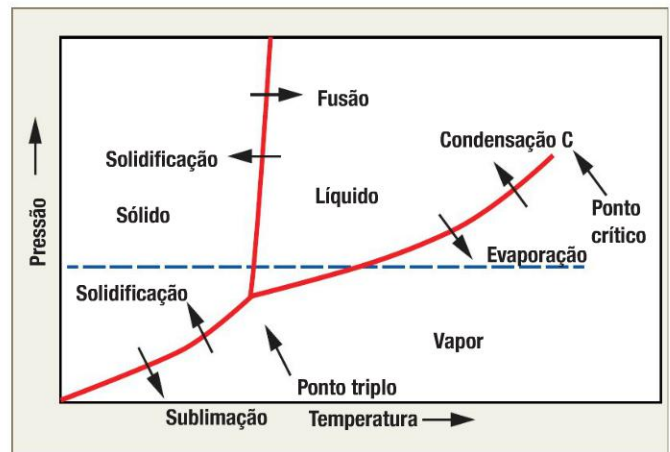


Fig. 3. Exemplo de diagramas de fase de uma substância pura. Diagramas equivalentes não estão disponíveis para os óleos de têmpera que, no entanto, seguem as mesmas tendências

  opera o de têmpera.

O aumento da velocidade de arrefecimento conduzir  a um gradiente de temperatura mais elevado na peça. Assim sendo, recomenda-se a ajustar a velocidade ao valor ideal.

O ajuste correto dos parâmetros da têmpera permite que características mecânicas sejam alcançadas, as distor oes reduzidas e critérios geométricos aceitáveis podem ser obtidos. Se o método de têmpera a gás reduz a distor o

I Seminário de Fusão por Indu o - da Moldagem ao Vazamento

1st. Brazilian Induction Melting Seminar - from Moulding to Pouring

Coordenador: Edison da Cunha Almeida



Data: 20 e 21 de Julho de 2016
Horário: 8h às 18h
Local: SENAI "Nadir Dias de Figueiredo" - Osasco (SP)

COM VISITA TÉCNICA NA FUNDI O E NO TRATAMENTO TÉRMICO

Realiza o:



Apoio:



Patrocínio Ouro:



Patrocínio Prata:



Informa oes e inscri oes: (19) 3288.0437- contato@grupoaprenda.com.br

diminuindo a velocidade de arrefecimento, ele não é eficaz em peças de baixa liga e peças grandes porque é difícil obter a dureza do núcleo.

Vantagens da Têmpera em Óleo com Vácuo

O tratamento térmico a vácuo se tornou mais comum nos últimos 20 anos. No entanto, geralmente está associado a arrefecimento com gás inerte pressurizado. A têmpera em óleo com vácuo continua pouco expressiva, mas apresenta vantagens interessantes para a indústria.

Vantagens durante o Aquecimento

O aquecimento ocorre em um forno a vácuo, o que permite a proteção da superfície pela ausência total de oxidação ou descarburização. A facilidade para gerenciar a pressão parcial do gás aumenta ainda mais as possibilidades. A pressão parcial de gás inerte (nitrogênio, argônio) limita a sublimação do elemento liga.

A pressão parcial de gás ativo também permite a possibilidade de carburetação ou carbonitreção a baixa pressão e temperatura mais elevada, o que reduz o tempo do ciclo.

Controle da Refrigeração

Como a transferência da carga tem lugar sob vácuo ou sob proteção de gás inerte após purgarmos o forno sob vácuo, a superfície da peça permanece sempre protegida até estar completamente imersa no óleo. A proteção da superfície é muito semelhante independentemente de ser têmpera em óleo ou a gás.

A principal vantagem em comparação com soluções de têmpera em óleo convencional atmosférica é o controle

preciso dos parâmetros de resfriamento. Com um forno a vácuo, é possível modificar os parâmetros padrão de têmpera - temperatura e agitação - e também modificar a pressão acima do tanque de têmpera.

Modificar a pressão acima do tanque induzirá a uma diferença de pressão no interior do banho de óleo, o que altera a curva de eficiência do resfriamento em óleo definido em pressão atmosférica. Com efeito, a zona de ebulição é a fase durante a qual a velocidade de arrefecimento é a mais elevada. A mudança na pressão do óleo modificará a sua vaporização devido ao calor da carga (Fig. 3).

A redução de pressão ativará os fenômenos de vaporização, o que iniciará a fase de ebulição. Isso irá aumentar a eficiência do arrefecimento do fluido de têmpera e melhorar a capacidade de endurecimento versus condição atmosférica. No entanto, a geração massiva de vapor pode provocar um fenômeno de revestimento e incorrer em potencial deformação.

O aumento da pressão no óleo inibe a formação de vapor e retarda a evaporação. O revestimento cola na peça e esfria mais uniformemente, mas menos drasticamente. A têmpera em óleo no vácuo é, portanto, mais uniforme e incorre em menos distorção.

O controle da pressão do óleo, combinado com a escolha de sua especificação de resfriamento inicial, sua temperatura e seu modo de agitação, dá ao usuário capacidade adicional para otimizar as condições de endurecimento e aumenta sua capacidade para encontrar o compromisso correto entre velocidade e homogeneidade e, por conseguinte, entre a dureza e a deformação.

Comparado a um tratamento de têmpera a gás de alta pres-

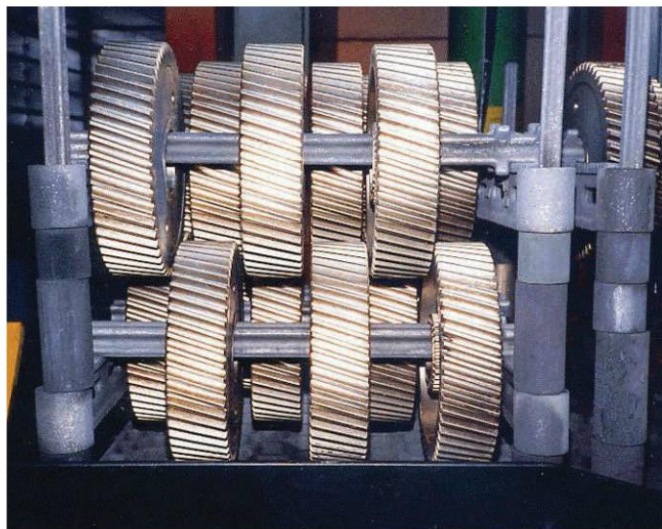


Fig. 4. Exemplo de uma carga de engrenagens

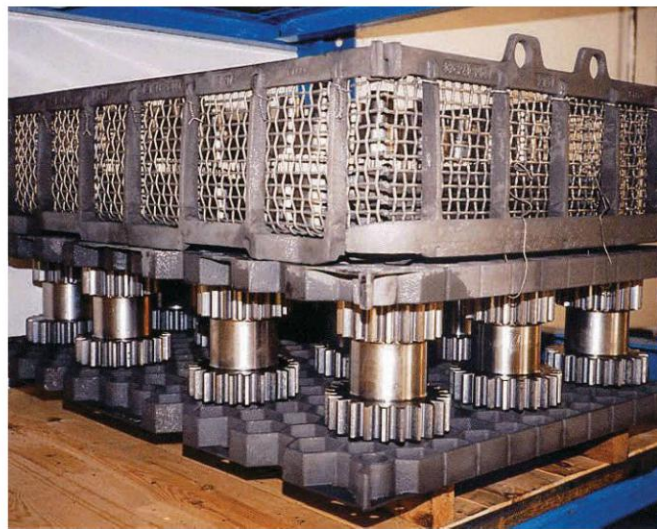


Fig. 5. Exemplo de uma carga mista de engrenagens com várias massas

são (HPGQ- High Pressure Gas Quenching) normalmente utilizado em fornos a vácuo ou de baixa pressão, a alta eficiência do arrefecimento do óleo oferece uma garantia e uma margem de segurança, especialmente com peças grandes ou peças em aço de baixa temperabilidade. Para estas aplicações, o vácuo não é mais um obstáculo, graças à têmpera em óleo.

A experiência mostra que o controle preciso das condições de têmpera, incluindo o ajuste da pressão do óleo, pode resultar em deformação semelhante ou melhor do que aquela que pode ser obtida com têmpera a gás com densidades de carga muito mais elevadas (Fig. 4) e cargas misturadas com dispositivos e cestos (Fig. 5).

Baixos Custos de Manutenção e Consumíveis

A ausência total de oxigênio durante a têmpera não somente protege as peças, mas também o óleo, da oxidação. A operação de endurecimento não gera combustão do óleo, como é o caso no endurecimento em óleo convencional, mesmo sob atmosfera controlada. Consequentemente, o envelhecimento do óleo se limita ao ciclo térmico.



Fig. 7. Forno a vácuo de óleo tipo P164TH

As características do óleo, principalmente a sua eficiência de arrefecimento e viscosidade, permanecem extremamente estáveis ao longo do tempo, o que melhora a reprodutibilidade dos resultados e reduz os controles necessários.

O vapor do óleo produzido durante a têmpera é condensado sobre as paredes interiores do forno, principalmente em um condensador arrefecido à água, projetado para este fim. Assim sendo, o óleo retorna diretamente para o banho. A renovação é necessária apenas ocasionalmente e, parcialmente, apenas para complementar o consumo devido à retenção pelas peças quando são descarregadas.

As poucas impurezas no óleo são geradas somente a partir da carga e, assim sendo, a filtragem contínua não é necessária. Isto elimina o risco de entupimento e o consumo de filtros de óleo.

O consumo de gás neutro também é limitado às necessidades de preenchimento do tanque de têmpera, a uma pressão próxima da atmosférica. Em comparação com as melhores soluções para a têmpera a gás de alta pressão e carga equivalente, este consumo é reduzido por um fator de 10-15. A utilização de gases ou misturas dispendiosas não mais é necessária para garantir a qualidade da têmpera.

Facilidade de Integração Industrial e Ambiental

Fornos a vácuo têm comprovado a sua facilidade de integração a unidades industriais. Isto é ainda mais evidente no caso de um forno de têmpera em óleo a vácuo. Por exemplo:

- A utilização de paredes frias e a falta de chamas ou queimadores garantem total segurança para os operadores;
- A contenção de vapores em um compartimento vedado e a extração dos resíduos de tratamento térmico das bombas de vácuo protegem a fábrica dos efluentes do tratamento térmico. Isso permite a integração a uma célula flexível (Fig. 6-intro) ou mesmo à oficina de ferramentas;
- A baixa inércia da câmara de aquecimento, projetada com base no mesmo princípio que o forno de vácuo arrefecido a gás, permite o desligamento do forno quando não for utilizado. Uma significativa economia de energia pode ser feita durante os dias não úteis sem afetar a produtividade do equipamento durante o seu reinício.

Tecnologia do Forno a Vácuo de Têmpera em Óleo Princípio

A tecnologia de têmpera em óleo a vácuo se aproxima muito da tecnologia dos fornos a vácuo arrefecidos a gás:

- Todo ou parte do compartimento externo é arrefeci-

do por circulação de água em parede dupla;

- Os materiais de construção e de isolamento da câmara de aquecimento derivam principalmente do grafite. Uma turbina de convecção pode estar disponível para melhorar a circulação a baixa temperatura < 750°C;

- Grupos de bombas permitem a evacuação do compartimento.

A têmpera em óleo inclui um subconjunto para completar o equipamento. Um exemplo específico pode ser visto nas Figuras 7 e 8. O subconjunto inclui:

- Um tanque de óleo equipado com hélices, elementos de aquecimento e trocador de calor de resfriamento;

- Um sistema de manuseio de carga permite a transferência rápida e automática entre a área de carga/descarga, a câmara de aquecimento e o tanque de têmpera.

Elementos para a Seleção do Tipo de Forno

A gama de fornos a vácuo para têmpera em óleo aumentou nos últimos anos. Muitas soluções já estão disponíveis e o usuário deve fazer uma análise precisa para selecionar o equipamento mais adequado para atender à produção. Os seguintes fatores devem ser analisados:

- Volume e carga bruta: Estes são os primeiros elementos a serem definidos. Baseiam-se no tamanho unitário e na forma das peças mais problemáticas e no volume da produção. Dependendo da tecnologia do forno (uma ou duas câmaras), o tempo do ciclo poderá variar, influenciando assim o tamanho do forno;

- Nível de vácuo necessário: Ao passo que um nível de vácuo primário é geralmente suficiente para endurecer

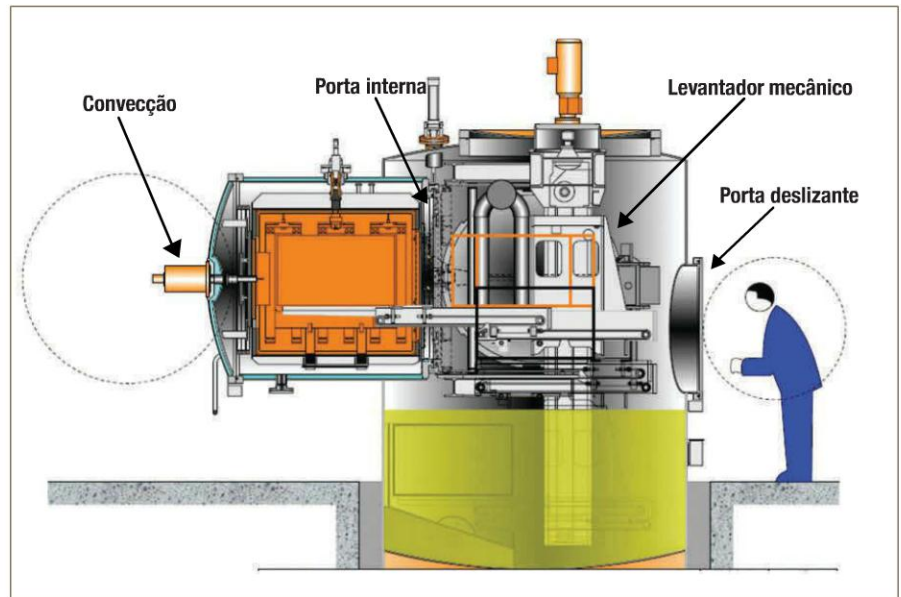


Fig. 8. Princípio de funcionamento da série P16_TH

aços de baixa liga, algumas aplicações mais exóticas podem exigir um vácuo mais elevado. Os fornos de duas câmaras permitem a adição de uma bomba de difusão;

- Flexibilidade de resfriamento: A têmpera em óleo pode ser complementada com arrefecimento acelerado por convecção forçada de gás inerte. Isto permite realizar as operações de recozimento e de cementação, por exemplo. A têmpera em óleo/gás pode ser equipada com uma câmara de arrefecimento de alta pressão e, assim, expandir a gama de aços, o que aumenta a versatilidade do equipamento;

- Necessidade de termopar(es) de carga: Algumas aplicações (por exemplo, a indústria aeroespacial) podem requerer a utilização destes pirômetros. A complexidade dos sistemas implementados e a curta vida de termopares refrigerados a óleo limitam o seu uso ao mínimo;

- Tempo de transferência: Ligas com baixa temperabilidade exigem um tempo rápido de transferência. Se os 20-40 segundos de tempo de transferência podem ser obtidos em

quase todos os fornos modernos, uma necessidade de transferência de tempo de menos de 15-20 segundos limita o número de opções de equipamentos no mercado;

- Possibilidade de engenharia civil: Algumas instalações exigem a instalação de um poço e outras não. Em alguns casos (por exemplo, células flexíveis), soluções tais como um “mezanino” podem substituir as configurações com poço, desde que a altura do prédio seja compatível.

Gama de Fornos a Vácuo com Óleo de Têmpera

Se você está em busca de um forno a vácuo com têmpera em óleo, existe uma gama de produtos. Cada um destes produtos tem as suas vantagens e limitações. Incluem fornos horizontais com câmaras simples ou duplas para têmpera em óleo e gás. Alguns projetos são para volumes maiores e alguns são melhores para uma fábrica com cargas menores. Fornos verticais com múltiplas câmaras também estão disponíveis. Estes são bons para controlar a distorção em peças longas, mas normalmente

requerem um poço e um investimento inicial maior. Identifique as suas necessidades específicas antes de comprar o seu forno a vácuo.

Conclusão

A têmpera em óleo a vácuo é um processo menos comum. A combinação dos benefícios da segurança do vácuo com a qualidade de tratamento, no entanto, fornece uma solução industrial eficaz, limpa e competitiva.


Estas vantagens enfrentam uma série de premissas erradas, incluindo:

- As peças embebidas em óleo são distorcidas. Um ajuste adequado e um controle preciso das condições de endurecimento podem, muitas vezes, fazer melhor em termos de deformação do que a HPGQ;

- As peças embebidas em óleo devem ser limpas. É verdade que a limpeza após a têmpera é necessária para remover o óleo. No entanto, a película de óleo na superfície preserva a peça a tal ponto que é impossível diferenciar visualmente uma peça embebida em óleo ou em gás. Além disso, em geral, uma solução de lavagem já é necessária antes do tratamento térmico. O passo adicional de limpeza, muitas vezes, não exige mais equipamentos ou custos

adicionais significativos;

- Os fornos a vácuo de têmpera em óleo são caros. Como qualquer equipamento, a competitividade de um forno deve ser avaliada por seu custo de investimento e operação. Fornecer benefícios, incluindo a redução dos custos de consumíveis, é uma solução que pode ser mais competitiva no médio prazo. Além disso, o custo de fornos a vácuo com câmara única é particularmente atraente, mesmo em comparação com os fornos tradicionais.

A opção pela têmpera em óleo a vácuo deve ser cuidadosamente analisada por qualquer empresa que tem a intenção de investir em equipamentos para tratamento térmico de aços de baixa liga. Deve ser comparada com soluções de têmpera em óleo convencional e a alternativa de HPGQ, integrando os custos operacionais e aumentando os potenciais ganhos de produtividade oferecidos por esta tecnologia. 

PARA MAIS INFORMAÇÕES: Laurent Charra, Tenova HTC Division - BMI Fours Industriels, França; laurent.charra@tenova.com; www.bmi-fours.com.

Tradução gentilmente cedida por Milton Machado, representante de vendas no Brasil da BMI Fours Industriels, milton@gbt.eu.com.



SEJA UM VISITANTE



9° SEMINÁRIO E EXPOSIÇÃO

TECNOLOGIAS EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

13 . SETEMBRO . 2016

Onde os profissionais da indústria se encontram!

Esperamos você no evento, faça seu credenciamento antecipado pelo site.

www.isaexpocampinas.org.br

<p>Realização</p> 	<p>Informações</p> <p>(19) 2519-0527 eventos@isacampinas.org.br www.isaexpocampinas.org.br</p>	<p>Local</p> <p>Campinas SP Ginásio Unisal Rua Arthur Paioli s/n</p>	<p>Organização</p> 	<p>Apoio de Divulgação</p> 
---	--	--	--	--