

A FLEXIBILIDADE DO TRATAMENTO TÉRMICO DAS FERRAMENTAS EM LEITO FLUIDIZADO COM ÊNFASE NA TEMPERA.

Douglas Fowler Monteiro (1)

Roberto Carreo (2)

Antonio de Primo (3)

RESUMO

Apresenta-se a experiência obtida nos processos de tratamento térmico dos aços ferramenta realizados nos equipamentos de leito fluidizado, principalmente na tempera com resfriamento controlado, caracterizando-se a grande flexibilidade destes no controle do processo, a qualidade associada e o baixo custo.

Com o controle das taxas de resfriamento obtivemos o mínimo de distorções ou quase nenhuma. Foram desenvolvidos também os tratamentos de austempera e martempera. A opção pelo Leito Fluidizado eliminou também os riscos inconvenientes dos banhos de sal, como os de natureza operacionais e de agressão ao meio ambiente.

Palavras-chave: leito fluidizado – têmpera – baixo custo

ABM - 1º ENCONTRO DE INTEGRANTES DA CADEIA PRODUTIVA DE FERRAMENTAS, MOLDES E MATRIZES. Outubro de 2003 – São Paulo – SP

1. Engenheiro Industrial-Metalurgista, Diretor Técnico, METALFLOW Ind. Com. e Serviços Ltda.
2. Engenheiro de Materiais-Metalurgia, Diretor Técnico, AMPEG Ind. e Comércio Ltda.
3. Engenheiro Industrial de Produção, Diretor Administrativo, Atag Mecalpe Equipamentos e Processos Ltda.

INTRODUÇÃO

As características típicas e propriedades que são obtidas nos aços ferramenta os posiciona como um dos conjuntos de ligas ferrosas mais importantes da metalurgia. A conotação que lhe é atribuída de aço de qualidade superior nas aplicações a que se destina, está muito ligado aos cuidados necessários na sua manufatura e tratamento térmico, que em função dos elementos de liga que possam ter, lhes confere propriedades especiais e específicas.

Para os aços ferramenta foram desenvolvidas inúmeras formas de tratamento térmico que buscam dar ênfase às propriedades específicas necessárias a determinada aplicação (6). Esta condição levou-nos a investigar melhores equipamentos de tratamento térmico que pudessem pelo menor custo associar estas formas numa única unidade com o máximo de flexibilidade.

Após um período de investigação o equipamento que melhor atendeu a esta flexibilidade pelo menor custo foi o Leito Fluidizado.

Nos sistemas de tratamento térmico em leito fluidizado podemos executar tanto o aquecimento como o resfriamento controlado. Um único forno devidamente equipado é capaz de executar a austenitização em atmosfera neutra, cementação, carbonitreção, nitrocarbonetização, nitreção, recozimento, normalização e revenimento (2).

As taxas de aquecimento se situam próximas àquelas dos banhos de sal e chumbo, no entanto, sem o inconveniente dos riscos operacionais e agressão ao meio ambiente que tais processos demandam. Com isto oferecem-se um sistema com trocas de calor mais efetivas, ciclos mais curtos do que os fornos a gás, cerca de três vezes mais rápidos nas altas temperaturas e de cinco a sete vezes nas temperaturas de revenimento (Figuras 2 e 3) (1).

Um leito fluidizado destinado ao resfriamento dos aços ferramenta otimiza as taxas de troca de calor para um dado gás de resfriamento, como também, por permitir maior controle neste resfriamento minimiza as distorções por um custo bastante competitivo quando comparado com os processos mais sofisticados a vácuo. Lembramos ainda a dupla função desempenhada pelo gás de resfriamento, como elemento de troca de calor e de proteção contra a oxidação e descarbonetização (3).

O mesmo equipamento de têmpera, quando equipado, permite os processos de austêmpera e martêmpera.

Devemos ainda somar a flexibilidade acima nos processos, a possibilidade dos fornos de leito fluidizado poderem ser ligados e desligado a qualquer momento, sem nenhum prejuízo ao equipamento e processo, o que permite boa economia de energia, podendo, portanto, operar de forma intermitente ou contínua.

PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DO LEITO FLUIDIZADO.

O forno é constituído da carcaça externa isolante que contém internamente a câmara de aquecimento. A retorta em aço resistente ao calor é a porção do forno que recebe a carga sendo inserida no meio da câmara de aquecimento e suportada somente pela parte de cima, para o livre movimento nas dilatações (Figura 4).

A retorta contém o material particulado inerte óxido de alumínio, que uma vez fluidizado pelos gases ou ar que passam através deste em movimento ascendente, constituem uma “emulsão” sólido/gasosa cuja coexistência facilita e acelera as interações de troca de calor e as reações termoquímicas dos gases, com a superfície dos aços ferramenta (Figura 5).

O forno é aquecido até a temperatura de operação, usando ar comprimido para redução do custo operacional. Uma vez atingida a temperatura de trabalho, fecha-se o ar comprimido e introduz-se o nitrogênio ou uma combinação de gases preconcebida para a obtenção de certas propriedades no aço.

As peças podem ser acomodadas num cesto ou dispositivo de carga. Uma vez introduzidas no leito fluidizado ocorre uma rápida recuperação da temperatura a partir de uma carga fria, o que reduz de forma significativa o tempo total de ciclo. Somente a atmosfera de nitrogênio pode ser utilizada durante o período de recuperação por economia e proteção da carga contra oxidação.

Estando na temperatura de trabalho novamente a adequada composição dos gases é introduzida em função do tratamento térmico desejado durante todo o ciclo. Ao final, ações do comando automático normalmente executam uma purga de segurança, liberando novamente nitrogênio para a retirada das peças da retorta sendo então resfriadas como convier ao processo planejado (1).

AQUECIMENTO EM ATMOSFERA NEUTRA

No nosso primeiro forno de austenitização em leito fluidizado, já ficou caracterizado que o aquecimento das peças foi rápido o suficiente, muito próximo à velocidade do banho de sal (ver Figura 2). A partir da literatura especializada constatamos que a eficiência na troca térmica no aquecimento nos fornos simples de vácuo, é menor que os fornos de convecção forçada, no entanto recentemente, para melhorar o desempenho dos fornos a vácuo na fase de aquecimento são introduzidos gases movimentados por potentes recirculadores, o que acabou acarretando num aumento considerável no preço final do equipamento (2;5).

No caso do leito fluidizado a carga é pré-aquecida em nitrogênio, mantida até a uniformização da temperatura e transferida para o forno de austenitização a alta temperatura, também sob nitrogênio. Pela melhor troca de calor o tempo total de ciclo fica otimizado.

EQUIPAMENTOS PARA TÊMPERA EM LEITO FLUIDIZADO.

Inicialmente em nossas operações partimos de duas configurações no arranjo dos equipamentos para a têmpera em leito fluidizado. O primeiro arranjo, mais simples, considerou a austenitização a partir de um forno câmara, tipo poço, com atmosfera controlada com sonda de oxigênio para manutenção do potencial de proteção nos níveis adequados ao material. Esta proteção ocorre a partir de pequena quantidade de propano adicionada no fluxo de nitrogênio.

A segunda configuração foi montada com a austenitização feita a partir também de um forno de leito fluidizado. O que pôde ser confirmado nesta montagem foi o menor tempo exigido para o aquecimento. Com esta experiência adquirimos a convicção de que o tratamento térmico dos aços-liga para ferramentas pode ser otimizado a partir de um conjunto de fornos de leito fluidizado.

Estes devidamente dimensionados para determinada aplicação, oferecem a combinação de aquecimento rápido, atmosfera inerte, capacidade de alta temperatura (até 1190°C ou acima com retorta especial) e capacidade de têmpera em uma taxa que se encontra entre a têmpera do óleo e a têmpera a vácuo de alta pressão, podendo ainda ser ajustado (4).

Temos planejado célula de fornos de leito fluidizado com a configuração citada acima, de maior capacidade, cuja característica marcante na fase atual de planejamento dos investimentos é o menor custo do conjunto quando comparado aos fornos a vácuo para a mesma capacidade. No nosso dimensionamento o tratamento das ferramentas será feito utilizando-se somente dois fornos e uma têmpera em leito fluidizado. Isto inclui o pré-aquecimento, austenitização, têmpera e o revenido. O revenido pode ser feito no mesmo forno de pré-aquecimento.

RESULTADOS DA TÊMPERA EM LEITO FLUIDIZADO.

Os aços ferramenta que mais experiência acumularam na nossa têmpera em leito fluidizado são o H11, H12, H13, D2, D3 e o O1, tendo o nitrogênio como gás de resfriamento. Outros aços ferramenta também são plenamente temperáveis no leito fluidizado com as mesmas facilidades e limitações dos fornos a vácuo quando temos os gases aplicados sob pressão.

O processo de têmpera dos aços-liga para ferramentas é feito sob uma atmosfera protetora, normalmente nitrogênio, para se evitar a descarbonetação na superfície. Até o momento desenvolvemos a têmpera somente com o nitrogênio, mas temos acompanhado a evolução do processo junto aos nossos pares no exterior onde o processo já está bastante dominado, pois já se fazem temperas com misturas gasosas que aumentam consideravelmente a eficiência na troca térmica, por exemplo, com aplicação do hélio.

Apesar do alto custo do hélio, existem peças que justificam o controle da têmpera com este gás. A empresa PROCEDYNE americana desenvolveu equipamento e

processo (Dyna-Quench) que permite o uso do hélio em pequenas quantidades somente na fase crítica da tempera, quando temos que evitar o "joelho" na curva TTT do material o que representa no máximo 30 segundos de vazão (7).

Os resultados obtidos com nossos equipamentos utilizando-se a primeira configuração de fornos com aços H11 e H13, com ferramentas de seções de 300 x 300 mm em média, podem ser vistos na Tabela 1. As fotografias no fim do texto, Figura 6, mostram uma destas ferramentas para forjamento confeccionadas em H13 sendo submetida à têmpera em Leito Fluidizado e ao revenimento.

Constatamos que em algumas aplicações que fizemos no leito fluidizado pelo fato do resfriamento aplicado ocorrer de forma mais rápida e uniforme em função da maior interação do gás refrigerante com a peça, obtivemos resultados superiores do que nos fornos a vácuo para a mesma peça. Da literatura (1) na Figura 1, apresentamos a comparação entre taxas de resfriamento na têmpera em leito fluidizado e em fornos a vácuo de alta pressão para barras de 3" de diâmetro em H13.

CONCLUSÃO.

Em resumo podemos dizer que o leito fluidizado como tecnologia de custo menor em relação ao vácuo no tratamento térmico dos aços-liga para ferramentas, se apresenta como alternativa bastante viável, uma vez que permite resultados bastante similares, satisfatórios, repetitivos e confiáveis.

Verificamos ser o desenvolvimento de processos específicos bastante simples, a regulagem do equipamento para determinada aplicação é imediata feita com facilidade pelo operador, assim como ficou caracterizada a repetibilidade do processo e o baixo custo na operação e manutenção.

Em nossas operações constatamos:

- Excelente uniformidade de temperatura tanto no aquecimento como na têmpera. O mesmo no revenimento.
- Facilidade no uso de atmosferas de proteção.
- O equipamento é de fácil operação e automação.
- O sistema oferece total segurança.

Na operação de têmpera em leito fluidizado podemos destacar:

- Os empenamentos foram mínimos e a dureza bastante uniforme ao longo da peça.
- A introdução da peça para têmpera no leito fluidizado é bastante seguro.
- O processo possui flexibilidade no controle do resfriamento na têmpera.
- O custo operacional é muito inferior em relação aos sistemas a vácuo.
- Foi eliminada a emissão de fumos, assim como, a lavagem pós-têmpera normalmente necessária no banho de sal.

BIBLIOGRAFIA:

- 1) PROCEDYNE CORPORATION, New Brunswick, NJ, USA. Manuais da Tecnologia de Leito Fluidizado para Tratamento Térmico.
- 2) ASM – Metals Handbook, Volume 4 – Heat Treating; 1991.
- 3) M. A. Melano; J. Van Den Syde. Fluid Bed Quenching of Steels: applications are widening. Heat Treating, December, 1988.
- 4) G. M. Imamura; J. D. T. Capocchi, Metalurgia – ABM; 42, no 340, p 161, (1986).
- 5) Stanley B. Lasday. More Rapid Heat Transfer in Vacuum Heat Treatment with Convective Heating and High Pressure Gas Quenching Increases Furnace Applicability. Industrial Heating, October 1993.
- 6) A. Hanson, J. Gordon Parr. The Engineer's Guide to Steel. Addison-Wesley Publishing Company (1965).
- 7) George E. Totten; Maurice A. M. Howes. Steel Heat Treatment Handbook. Marcel Dekker, Inc. (1997).

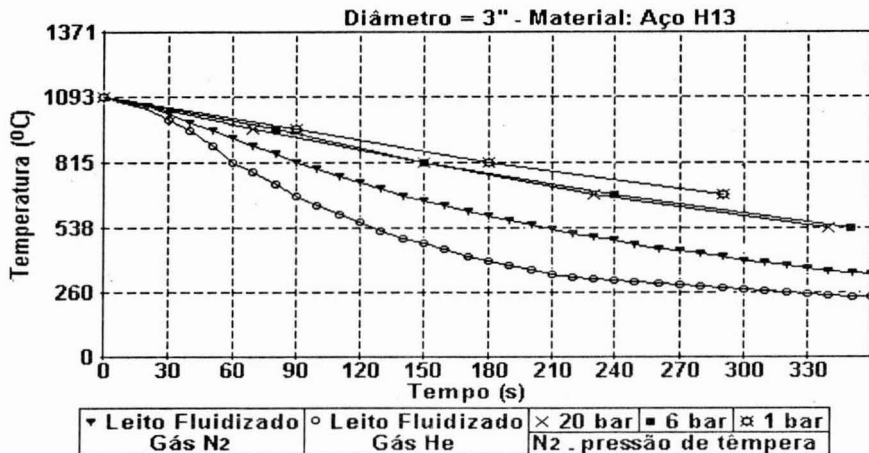


FIGURA 1. Têmpera em Leito Fluidizado versus têmpera a Gás Pressurizado, Forno a Vácuo. Material H13, barra de diâmetro 3".

Aço	Peso Unitário Matriz (Kg)	Temperatura Austenitização (°C)	Temperatura do Leito Fluidizado na Têmpera (°C)	Tempo para o equilíbrio da temperatura no LF	Dureza após têmpera / duplo revenido (HRC)	Temperatura duplo revenido (°C)
H13	380	1040	100	42 minutos	53 / 54	540/560

TABELA 1. Resultados obtidos na têmpera em Leito Fluidizado de Matrizes de Forjamento.

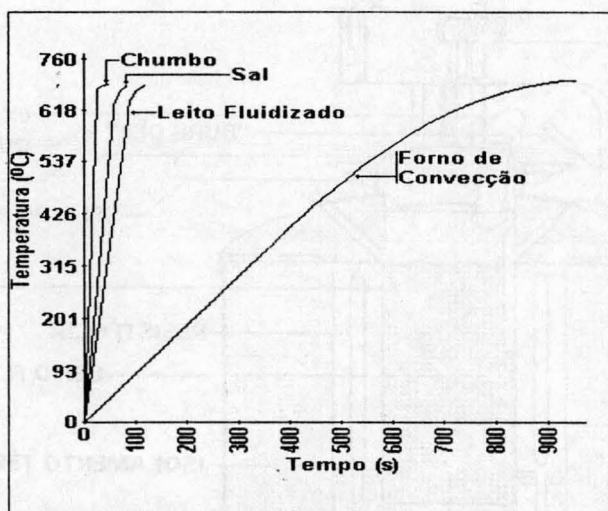


Figura 2. Aquecimento de barras de aço de diâmetro - 5/8", em diferentes meios.

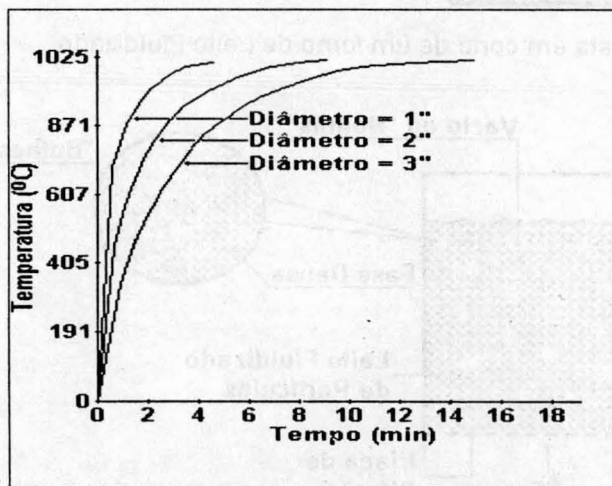


Figura 3. Aquecimento de barras de aço em Leito Fluidizado a 970° C com diferentes diâmetros.

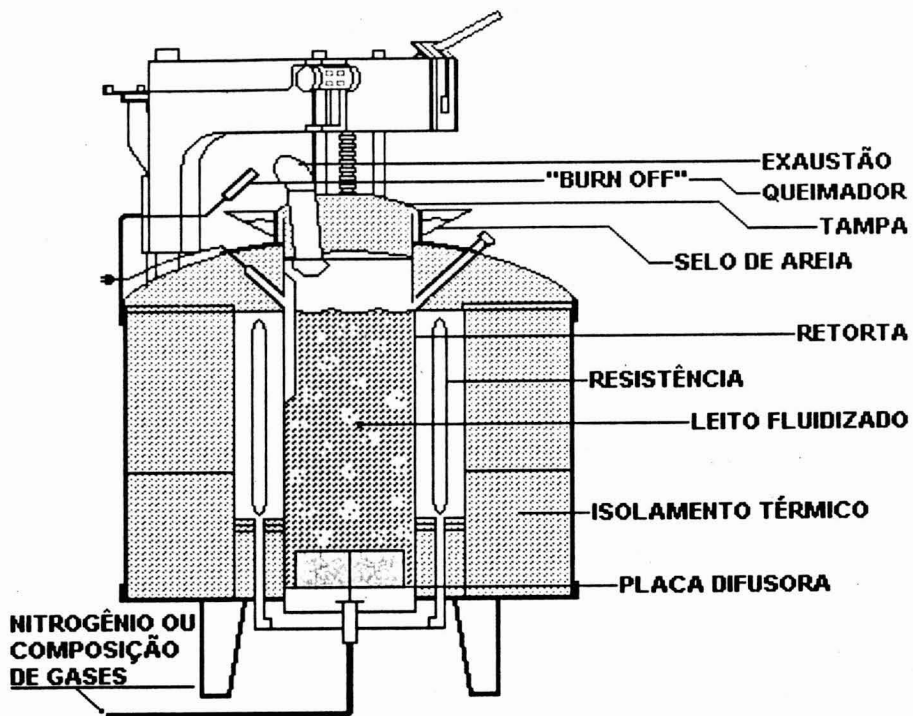


Figura 4. Vista em corte de um forno de Leito Fluidizado

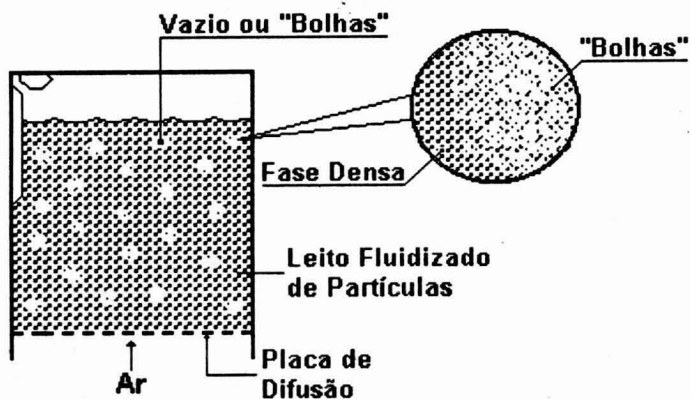


Figura 5. Princípios da fluidização

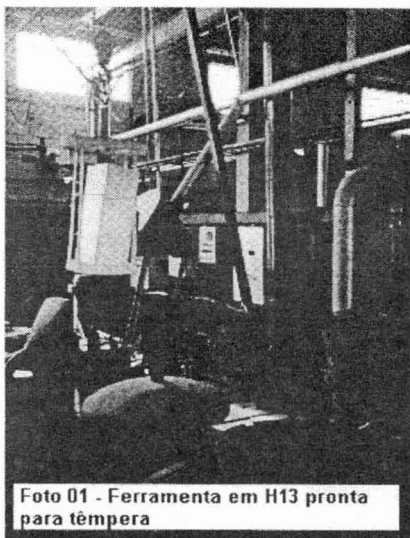


Foto 01 - Ferramenta em H13 pronta para têmpera

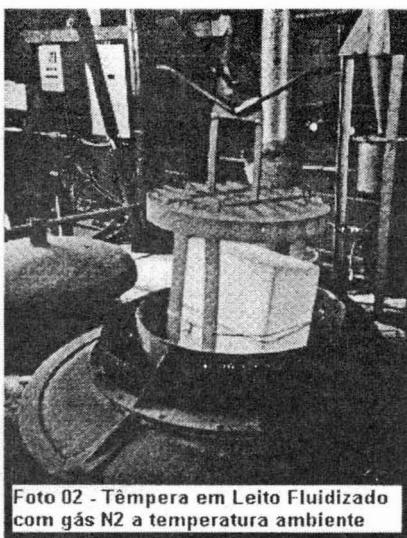


Foto 02 - Têmpera em Leito Fluidizado com gás N2 a temperatura ambiente



Foto 03 - Revenimento da mesma ferramenta acima em forno poço



Foto 04 - Corte do núcleo de aço H13 simulando ferramenta para verificação da dureza

Figura 6. Sequência de fotografias ilustrando uma das Matrizes de Forjamento submetida à têmpera em Leito Fluidizado. Separação de Corpo de Prova para medição da dureza.

THE FLUID BED HEAT TREAT FLEXIBILITY WHEN WORKING WITH TOOL STEELS WITH EMPHASIS ON QUENCHING SYSTEMS

Douglas Fowler Monteiro (1)
Roberto Carreo (2)
Antonio de Primo (3)

ABSTRACT

The gained experience with the heat treat process of tool steels using the fluid bed systems are showed with detach to the controlled quenching systems. The main characteristic of the system is the process control flexibility and the associated quality and low cost. With cooling rate control the minimum or none tool warpage could be observed. Also the austempering and martempering heat treat could be developed. The fluid bed option also avoided the improper risks of operation and the environment aggressiveness that follow salt baths.

Keywords: fluid bed – quench – low cost

ABM - 1º ENCONTRO DE INTEGRANTES DA CADEIA PRODUTIVA DE FERRAMENTAS, MOLDES E MATRIZES. October, 2003 – São Paulo - SP

1. Industrial Metallurgical Engineer, Technical Director, METALFLOW Ind. Com. e Serviços Ltda.
2. Materials Metallurgy Engineer, Technical Director, AMPEG Ind. e Comércio Ltda.
3. Industrial Production Engineer, Administrative Director, Atag Mecalpe Equipamentos e Processos Ltda.