



RECOZIMENTO HPH EM BOBINAS DE CHAPA

Bernd Dotti (a)

(a) Engenheiro Mecânico e Gerente de Produto da Divisão Equipamentos da Brasimet Com. e Ind. S.A., São Paulo, Brasil

1. Introdução

Chapa fina de aço, principalmente para carrocerias de automóveis, linha branca e setores de utilização semelhantes, são laminadas a frio. Para aliviar o calor de deformação durante a laminação, é borrifada uma emulsão de água e óleo sobre a tira. Restos desta emulsão ficam grudados à superfície da chapa, quando está é enrolada para a formação da bobina. Após a laminação a frio é feito um tratamento térmico, conhecido como recozimento, para eliminar as tensões do material, facilitando uma deformação posterior da chapa.

Porém a superfície lisa da chapa não deve se oxidar e os restos de emulsão com alto teor de óleo devem ser eliminados ao máximo, sem tratamento adicional de limpeza, para que a aderência de pintura e outros não seja prejudicada.

Para esse tratamento térmico utiliza-se há décadas grandes instalações de Forno tipo Sino, nos quais era habitualmente empregado gás de proteção com 95% N₂ e 5% H₂.

O desenvolvimento desses fornos foi altamente influenciado pelo surgimento da concorrência do processo CAL (Continuous Annealing Line) na metade dos anos 70. Isto desencadeou diversos estudos e incrementos, que resultaram no **HPH** (High Performance Hydrogen). O alicerce deste processo é:

- aumento da vazão do recirculador, que é responsável pela transferência convectiva de calor
- a mudança do gás de proteção para H₂

2. Transferência de calor para a carga

Abaixo da campânula de proteção as bobinas são empilhadas sobre uma placa de base, sendo que cada bobina é separada da próxima por convectores.

Através do rotor do recirculador, que é acionado por um motor elétrico, o gás de proteção é impulsionado do eixo de simetria da campânula através de um difusor para a parede da campânula de proteção. Como mostram as flechas, o gás de proteção flui entre as bobinas e a campânula de proteção, para cima, atravessa os espaços entre as bobinas pelos convectores e volta pelo núcleo das bobinas para o rotor do recirculador. No lado direito da figura demonstram-se os passos fundamentais do aquecimento de bobinas. São eles:

1. A introdução de combustível e ar de combustão pré-aquecido



2. A transferência de calor através da campânula de proteção
3. O transporte de entalpia através da atmosfera de proteção
4. A transferência de calor para as bobinas
5. A condução de calor nas bobinas

No aquecimento coloca-se sobre a campânula de proteção uma campânula de aquecimento, a qual pode trabalhar com energia elétrica ou com um combustível. Neste caso a combustão ocorre entre a campânula de aquecimento e a de proteção. Para reduzir o consumo de combustível, os queimadores são alimentados com ar pré aquecido pelos fumos em recuperadores.

Os gases de combustão transmitem o calor através da campânula de proteção para o gás de proteção, o qual por sua vez aquece as bobinas. O processo é controlado por 3 termopares, sendo um de limite no forno, outro de controle dos gases de proteção e outro de encosto.

Na etapa de resfriamento a campânula de aquecimento é substituída por uma de resfriamento por ar e ou água. Desta maneira a campânula de proteção, e conseqüentemente o gás de proteção e as bobinas são resfriadas até uma temperatura em que, retirada a campânula de proteção, a carga não oxida.

3. Vantagens gerais do H₂

3.1 Em comparação com o HN, a maior condutividade térmica de H₂ oferece uma melhora global em transferência de calor num fator maior que 2, e um correspondente aumento de produtividade de aquecimento e resfriamento.

3.2 Outra grande vantagem do uso do hidrogênio é o altíssimo potencial químico de redução. As propriedades dúcteis do aço são melhoradas quando comparadas com bobinas recozidas com HN. Apesar das resistências à tração e ao escoamento serem um pouco mais baixas, a dispersão destes dois valores é significativamente menor

3.3 A concentração de impurezas residuais na superfície da fita recozida, e os valores de depósito de carbono nas bobinas recozidas com hidrogênio, quando medidos pelo método FORD, também são mais baixos que os obtidos com outros gases de proteção (figura 4). Uma melhor limpeza de superfície resulta numa melhor adesão de revestimento, e conseqüentemente em menor corrosão.

3.4 O poder de descarbonetação do H₂ puro é bem maior que o de do HN com 5% de H₂. Lanteri e outros [3] têm calculado, assumindo-se um equilíbrio termodinâmico, que a 700°C o poder descarbonetante do H₂ puro é aproximadamente 150 vezes mais alto que o de HN com 5% de H₂.



A influência do ponto de orvalho sobre o poder descarbonetante é ínfima no caso de H₂ puro, e significativo no caso de HN com 5% de H₂. No caso de H₂ puro, elevando-se o ponto de orvalho de -40°C para 0°C, o poder de descarbonetação aumenta somente cerca de 10%, enquanto que no caso de HN com 5% de H₂ o poder de descarbonetação aumenta 18 vezes, mas mesmo assim é muito menor que do H₂ puro.

Constatou-se também que uma mudança do ponto de orvalho não tinha efeito sobre a formação de metano em H₂ puro. O principal mecanismo da remoção de carbono durante o encharque e o início do resfriamento sob H₂ puro é a sua conversão em metano. O método de umedecer propositamente a atmosfera de recozimento em usinas que usam HN, com a intenção de elevar o ponto de orvalho, ainda é usado por alguns clientes para melhorar a limpeza da superfície das bobinas e das campânulas de proteção.

No recozimento com H₂ puro, com seu alto poder inerente de descarbonetação, procura-se recozer em atmosferas com pontos de orvalho baixo, a fim de prevenir a oxidação parcial de elementos de liga, tais como Al, Mn, Si, Cr e Ti, quando presentes em determinadas concentrações. Um baixo ponto de orvalho é sinônimo de baixo potencial de oxigênio, que é a força principal, tanto nos processos de redução, como de oxidação. Dado qualquer ponto de orvalho, o potencial de oxigênio em H₂ é aproximadamente 3 vezes mais baixo em comparação com HN com 5% de H₂.

Alto grau de limpeza, combinado com baixa oxidação de elementos de liga, pode ser conseguido somente em fornos de hidrogênio puro, do tipo campânula descritos aqui.

4. Recirculador de alto desempenho

O sistema de recirculação é formado por um rotor de alto desempenho, montado em motor especial e um difusor fundido, calculado cuidadosamente para se obter o maior rendimento aerodinâmico possível.

O rotor é acionado por um motor elétrico de projeto especial adequado para H₂ e apresenta uma vazão de até 90.000 m³/h quando operado numa atmosfera de hidrogênio. As vazões alcançadas originalmente neste tipo de forno eram da ordem de 15.000 m³/h.

O rotor tem sido aperfeiçoado para atender aos requisitos de mecânica dos fluidos, como também de alta velocidade e alta temperatura. O último incremento foi realizado, utilizando-se cálculos modernos de elementos finitos. Foi dada atenção especial às regiões onde as palhetas estão soldadas ao cubo, que são áreas de alta tensão. Desta forma hoje o rotor pode girar a 2.100 rpm sob hidrogênio a 720°C sem sofrer danos.



5. Performance

Em função dos incrementos e melhorias apresentadas acima podemos citar alguns exemplos de produtividades e consumos alcançados em fornos deste tipo. A tabela a seguir leva em consideração tamanhos de fornos diferentes e materiais diferentes.

TABELA TÍPICA DE DADOS DE PERFORMANCE E CONSUMOS PARA DIFERENTES MATERIAIS RECOZIDOS SOB HIDROGÊNIO EM FORNOS TIPO SINO DE TAMANHOS VARIADOS								
					c o n s u m o s			
Tipo de Equipamento	recozimento qualidade	ciclo total tempo	produtividade	carga	combustão	N ² - purga	H ² -processo	energia elétrica
HUGF	Delta T [K]	[h]	[t/h]	[t]	[MJ/t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[kWh/t]
165/360	20	26,0	1,65	43	635	1,8	1,5 - 3,0	5,0
185/520	80	33,0	2,60	86	550	1,7	1,5 - 3,0	5,5
200/480	30	44,0	2,11	93	600	1,7	1,5 - 3,0	6,0
210/500	20	49,0	1,88	92	622	1,7	1,5 - 3,0	6,0
220/500	20	62,5	2,00	125	620	1,5	1,5 - 3,0	6,0

6. Processo

O processo de recozimento em fornos tipo sino têm diversas etapas, que são ilustradas na figura 7. Para que se possa utilizar as vantagens do hidrogênio, é necessário que se faça uma purga inicial e final com nitrogênio. Na seqüência o nitrogênio é substituído por H₂ até que se alcance 100% de H₂ como gás de proteção. Durante o restante do processo há diversas etapas em que é injetado hidrogênio para eliminar óleos de laminação e a formação de metano, alcançando-se assim a limpeza superficial desejada da chapa.

Bibliografia:

- [1] G. Hubert und R. Maaß - Sonderausdruck aus "Gas Wärme International", Band 38 (1989), Heft 9, Seiten 515 - 522
- [2] W. Poetke
- [3] V. Lanteri, H. Gaye, F. Moliexe - Comparison between HNX/PURE hydrogen annealing and continuous/batch annealing, VDEH Fachauschubbericht Teil II 4.032, p. 267, Okt. 1990, Düsseldorf
- [4] W. Scheuermann, D. Boeing, P. Wittler, M. A. Bock, T. Bovalina - New developments in hydrogen annealing of steel coils, MPT International, 2/1995