

Tratamento térmico de têmpera á vácuo no aço ferramenta para trabalho a quente AISI H13 nitretado

J. E. Nucci¹, L. C. F. Canale¹, J. Vatauvuk²

¹Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, SP, Brasil

²Universidade Presbiteriana Mackenzie, SP, Brasil

e-mail: eduardo.nucci@usp.br

Resumo

O aço H13 é um aço ligado ao cromo e utilizado principalmente em ferramentas para forjamento, extrusão, moldes para injeção de plástico e fundição sob pressão de alumínio. Com o objetivo de melhorar as propriedades mecânicas e tribológicas, combinações de dois ou mais tratamentos de superfícies vem sendo pesquisados nos últimos anos. Este artigo apresenta a combinação do processo de nitretação seguido de têmpera a vácuo, conseguindo-se aumentar a difusão do nitrogênio em direção ao núcleo da peça e consequentemente, aumentando a espessura da camada nitretada. Após a têmpera, a camada nitretada aumentou de 300 μm para aproximadamente 600 μm com diminuição da dureza superficial, de aproximadamente 1.000 HV_{0,05} para 580 HV_{0,05}. Com este tratamento gera-se a formação da martensita de nitrogênio na região da camada inicialmente nitretada [6], [7].

Palavras-chave: nitretação, têmpera a vácuo, difusão, aço ferramenta.

Introdução

Os aços ferramentas para trabalho a quente, em destaque os aços AISI H11 e H13, formam um grupo especial de aços destinados à fabricação de moldes, matrizes, punções e outras ferramentas utilizados em processo de moldagem e/ou conformação de metais em alta temperatura [1]. A vida útil de uma ferramenta é determinada pelas propriedades adquiridas pela superfície da

ferramenta, produzida a partir desse aço ferramenta. Independente da finalidade da ferramenta, seja para trabalho a frio ou para trabalho a quente, elas devem apresentar propriedades tais como: alta resistência ao desgaste, à corrosão, à oxidação, à fratura e também, excelente combinação de dureza e tenacidade. Para garantir estas propriedades, tratamentos superficiais, como a nitretação, são aplicados à maioria dos aços ferramenta. A nitretação é um tratamento termoquímico de difusão de nitrogênio, na forma atômica, da superfície para o núcleo das peças de ligas ferrosas, e geralmente, ocorre em temperaturas inferiores a 590 °C [2]. Antes da nitretação os aços são temperados e revenidos, sendo a temperatura do revenido 50 °C maior que a temperatura de nitretação [1]. Durante a nitretação, duas camadas diferentes podem ser formadas na superfície da peça: a camada de composto, que é a mais externa, geralmente consistindo de nitretos de ferro, tais como: ϵ - Fe_{2,3}N ou γ' - Fe₄N, ou uma mistura das duas fases (ϵ + γ') e ainda a camada de difusão, formada abaixo da camada de composto, consistindo de uma solução sólida e por finos precipitados de nitretos (carbonitretos) de ferro, na qual o nitrogênio ocupa posições intersticiais na matriz ferrítica, distorcendo a estrutura e formando a martensita de nitrogênio [3]. Nos processos de nitretação realizados a temperaturas abaixo da temperatura eutetóide do diagrama Fe-N (590°C), consegue-se camada nitretada com até 300 μm de profundidade [4], [5]. Com o objetivo de aumentar a espessura da camada nitretada, novos processos estão sendo pesquisados

onde a nitretação deixa de ser a última etapa do processo. Aplicando-se o tratamento térmico de têmpera após a nitretação consegue-se maior difusão de nitrogênio em direção ao núcleo, aumentando a profundidade da camada nitretada, porém com diminuição da dureza superficial [6] [7].

Procedimento Experimental

Para realização dos estudos do efeito da têmpera a vácuo sobre a camada nitretada, as amostras foram submetidas aos tratamentos térmicos de têmpera e revenimento e termoquímicos de nitretação a plasma e a gás conforme evidenciado na Figura 1. A composição química do aço AISI H13 está definida na Tabela 1.

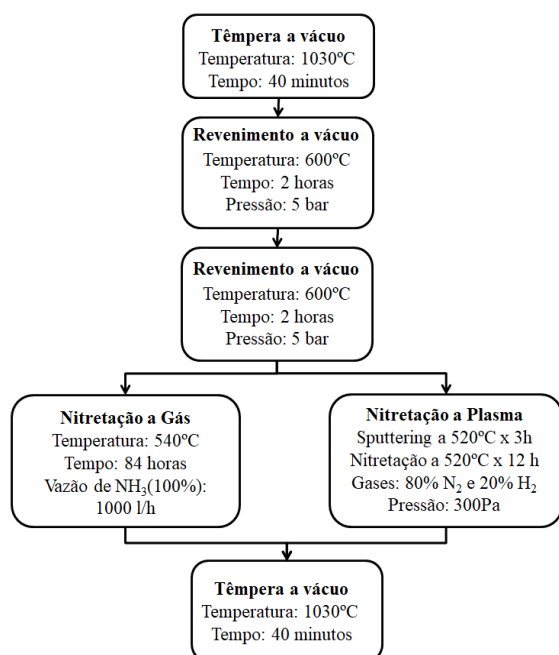


Figura 1 – Fluxograma e parâmetros dos processos dos tratamentos superficiais.

Tabela 1 – Composição Química do aço AISI H13

C	Si	Mn	P
0,41	1,06	0,40	0,024
Cr	Mo	V	S
5,20	1,36	1,03	0,001

Resultados e Discussões

Inicialmente as amostras foram temperadas e revenidas, atingindo dureza média superficial de 48,32 HRC.

Como mostrado no gráfico da Figura 2, as amostras nitretada a plasma (NP) apresentaram microdureza superficial de 995 HV_{0,05}, atingindo pico de aproximadamente 1.100 HV_{0,05}. A microdureza diminui em direção ao núcleo formando a camada nitretada com aproximadamente 160 µm de profundidade. Utilizando a técnica de medição por espectroscopia por comprimento de onda dispersivo de Raios X (WDS) mediu-se a porcentagem em massa de nitrogênio na camada nitretada. A 10 µm da superfície identificou-se 6,55% de nitrogênio, diminuindo-o em direção ao núcleo. Evidenciou-se na camada nitretada uma porcentagem média de nitrogênio de 3,56%. As amostras nitretadas a plasma seguido de têmpera a vácuo (NP.TV) apresentaram, a 10 µm da superfície, microdureza superficial de 581 HV_{0,05} e 0,36 % em massa de nitrogênio. A porcentagem média de nitrogênio na camada nitretada diminuiu para 0,17%. Ressalta-se que, após a têmpera a vácuo sobre a camada nitretada perde-se uma parte do nitrogênio durante a austenitização, e o nitrogênio que permanece na microestrutura difundiu-se em direção ao núcleo, aumentando a profundidade da camada nitretada para aproximadamente 400 µm. Na Figura 3 observa-se os resultados das amostras que passaram pelo processo de nitretação a gás (NG) e pelo processo de nitretação a gás seguido de têmpera a vácuo (NG.TV). Com o tempo nitretação de 84 horas as amostras NG apresentaram a camada nitretada com as seguintes especificações: profundidade de 300 µm; microdureza superficial média de 1.010 HV_{0,05} com picos de 1.180 HV_{0,05}, porcentagem média de nitrogênio de 4,75%, sendo que a 5 µm da superfície atingiu-se 14,75%. Nota-se nas amostras NG.TV microdureza superficial média de 578 HV_{0,05} e aumento da espessura da camada nitretada,

atingindo-a 600 μm . Durante a austenitização a 1030°C identifica-se a difusão adicional do nitrogênio em direção ao núcleo da peça e também perda do nitrogênio pela superfície. A porcentagem média de nitrogênio na camada nitretada das amostras NG.TV diminuiu para 1,75%. As amostras nitretadas a plasma e a gás não apresentaram camada branca.

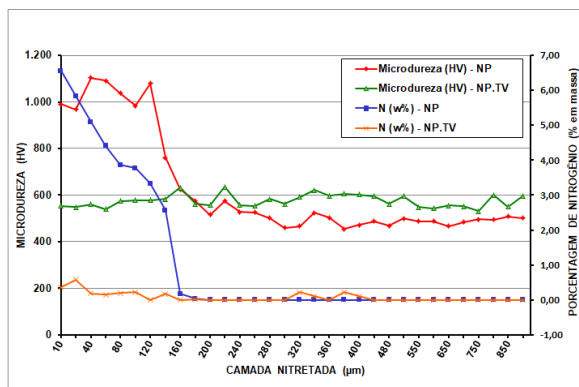


Figura 2 – Microdureza e % nitrogênio vs. camada nitretada nas peças: NP e NP.TV.

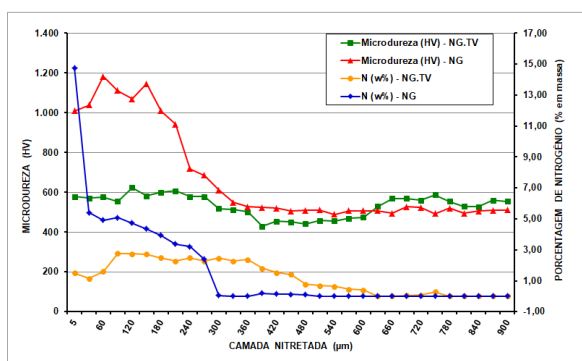


Figura 3 – Microdureza e % nitrogênio vs. camada nitretada nas peças: NG e NG.TV.

Conclusões

O tratamento térmico de têmpera a vácuo no aço AISI H13 nitretado provoca uma difusão adicional de nitrogênio em direção ao núcleo da peça, aumentando a profundidade da camada nitretada em aproximadamente 100%. Destaca-se que, quanto maior a profundidade da camada nitretada formada antes da têmpera, maior a difusão adicional de nitrogênio, em direção ao núcleo, após a têmpera a vácuo. Além disso, observou-se

uma perda do nitrogênio durante o processo de austenitização (têmpera). As amostras NP.TV perderam aproximadamente 35% a mais de nitrogênio comparando-a com as amostras NG.TV. Em ambos os tratamentos, NP.TV e NG.TV, percebe-se uma queda na microdureza superficial, deixando-a mais tenaz e um pequeno aumento na microdureza do núcleo. Como complementação aos resultados obtidos aponta-se a necessidade da realização de ensaio de fadiga térmica que serão apresentados no próximo trabalho.

Referências

- [1] G. Robert, G. Krauss, R. Kennedy, "Tool steels". 5th ed. Ohio: Materials Park - ASM International, 1998.
- [2] G. Krauss, "Steels: processing, structure and performance". 1st ed Ohio: Materials Park - ASM International, 2005.
- [3] S. D. Jacobsen, R. Hinrichs, C. Aguzzoli, C. A. Figueroa, I. J. R. Baumvol, M. A. Z. Vasconcellos, "Influence of current density on phase formation and tribological behavior of plasma nitrided AISI H13 steel," Surface & Coatings Technology, vol. 286, pp. 129–139, 2016.
- [4] B. Wang, X. Zhao, W. Lia, M. Qinb, J. Gua, "Effect of nitrided layer microstructure control on wear behavior of AISI H13 hot work die steel," Applied Surface Science, vol. 431, pp. 39-43, 2017.
- [5] K. Das, A. Joseph, M. Ghosh, S. Mukherjee, "Microstructure and wear behaviour of pulsed plasma nitrided AISI H13 tool steel," Canadian Metallurgical Quarterly, vol. 55, no. 4, pp. 402–408, 2016.
- [6] A. Ciski, P. Wach, J. Tacikowski, T. Babul, P. Šuchmann, "Heat treatment of nitrided layer formed on X37CrMoV5-1 hot working tool steel". IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 179, Issue 1, pp. 012013.1- 012013.8. 2017.
- [7] P. Wach, A. Ciski, J. Tacikowski, T. Babul, "Heat treatment of nitrided layers". Mediterranean Conference on Heat Treatment and Surface Engineering, Anais... Portoroz, Slovenia, 2016.