

EFEITO DO TRATAMENTO CRIOGÊNICO NA RESISTÊNCIA AO DESGASTE DO AÇO H13

Sandra dos Santos Vales, sandra.vale@usp.br¹

Renata Neves Penha, rnp@usp.br¹

João Carmo Vendramim, vendramim@isofloma.com.br²

Lauralice C. Franceschini Canale, lfcanale@sc.usp.br¹

¹Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, Av. Trabalhador São-carlense, 400, Centro, São Carlos – SP, 13566-590

²Isofloma Ind. e Com. de Equip. Ltda, Rua 1, 799, Distr. Ind. João Narezzi, Indaiatuba – SP, 13347-402

Resumo: *O presente trabalho investiga a influência do tratamento criogênico na dureza, na tenacidade e na resistência ao desgaste do aço ferramenta H13. Os testes foram conduzidos em um tribômetro do tipo pino-sobre-disco. As amostras foram temperadas e em seguida revenidas antes ou após o tratamento criogênico, cuja temperatura de encharque variou em 1h, 24h e 48h. Para avaliar a eficácia do tratamento criogênico no aço AISI H13, as propriedades mecânicas obtidas serão comparadas aos valores apresentados pelo mesmo aço tratado termicamente de forma convencional. Para auxiliar na análise dos resultados será utilizada a microscopia SEM.*

Palavras-chave: *resistência ao desgaste, tratamento térmico, criogênia, aço ferramenta*

1. INTRODUÇÃO

O interesse por tratamentos térmicos em aços a baixa temperatura não é recente, há relatos de estudos nesta área desde 1930, quando eram realizados em torno de -80°C. Segundo Huang et al (2003) o tratamento sub-zero (com o uso de metanol, gel seco ou freon), tem por objetivo transformar a austenita retida após a têmpera e melhorar a estabilização da martensita.

Wurzbach e Defelice (2004) relata que a partir de 1970 com o desenvolvimento da tecnologia de baixas temperaturas, iniciou-se o uso do tratamento criogênico com temperaturas na faixa de -196°C utilizando nitrogênio líquido, promovendo a precipitação de carbonetos finos, com ganho em tenacidade e resistência ao desgaste. Para Yun, et al. (2008) estes benefícios dependem tanto da temperatura utilizada quanto do tempo de permanência nesta temperatura.

O objetivo desse trabalho consiste no estudo da influência do tratamento criogênico no aço para trabalho a quente AISI H13, muito utilizado na indústria para a aplicação em moldes de extrusão e injeção de metais a quente, e conformação a quente em prensas e martelos. Nesse intuito vários ciclos de tratamentos térmicos foram realizados, com têmpera e revenido convencionais e tratamento criogênico. Em algumas amostras o tratamento criogênico é feito antes do revenido, em outras após, com tempos de encharque de 1 hora, 24 horas, e 48 horas.

Para a avaliação da eficácia do tratamento criogênico no aço AISI H13, os valores de dureza, tenacidade e resistência ao desgaste, foram comparados com os apresentados pelo aço AISI H13 tratado termicamente de forma convencional. Isso permitirá que se gere resultados próprios, analisando as vantagens e desvantagens da utilização desses processos na indústria, o que permitirá uma análise da viabilidade de sua aplicação.

O aço classificado como AISI H13 possui composição química descrita na Tab. (1) de acordo com as especificações da North American Die Casting Association, NADCA (2003). Este material se caracteriza pela boa temperabilidade, grande resistência ao amolecimento pelo calor, boa resistência ao desgaste em temperaturas elevadas, excelente tenacidade, boa usinabilidade na categoria de aços ferramenta e excelente resistência à choques térmicos devidos à aquecimentos e resfriamentos contínuos, fazendo com que o surgimento de trincas térmicas seja reduzido.

Tabela 1. Composição Química em porcentagem de peso do Aço AISI H13

Composição em % Peso	C	Mn	Si	Cr	V	Mo
Máximo	0,37	0,20	0,80	5,00	0,80	1,20
Mínimo	0,42	0,50	1,20	5,50	1,20	1,75

Fonte: ASM Metals Handbook , 1993.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Tratamento Térmico

Após a austenização a 1040°C por 30 minutos, o componente foi temperado em nitrogênio em um forno a vácuo a 5 bar. Após a têmpera os corpos de prova sofreram duplo revenido a 540°C por 2 horas ou passaram pelo tratamento criogênico. No tratamento criogênico o material permaneceu a -196°C por 1, 24 ou 48 horas. Os ciclos de tratamento térmico realizados podem ser observados na Tab. (2). Foram testadas 6 condições, sendo que a primeira condição, designada pela sigla C1 corresponde ao material tratado de forma convencional, ou seja, sem criogenia.

Tabela 2. Ciclos de Tratamento Térmico Criogênico AISI H13

Austenitização 1040°C						
Têmpera (vácuo-N ₂)						
Revenido	Banho criogênico por 1 h	Banho criogênico por 24 h	Banho criogênico por 48 h	Revenido	Revenido	Revenido
Revenido	Revenido	Revenido	Revenido	Banho criogênico por 1 h	Banho criogênico por 24 h	Banho criogênico por 48 h
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7

Onde: C – condições

2.2 Dimensões dos Corpos de Prova Charpy e para Ensaios de Abrasão

Os corpos de prova Charpy seguiram a norma ASTM E23 (2007) como mostra a Fig. (3). Nesta figura também é possível observar como os corpos de prova para os ensaios de abrasão foram obtidos das amostras Charpy fraturadas.

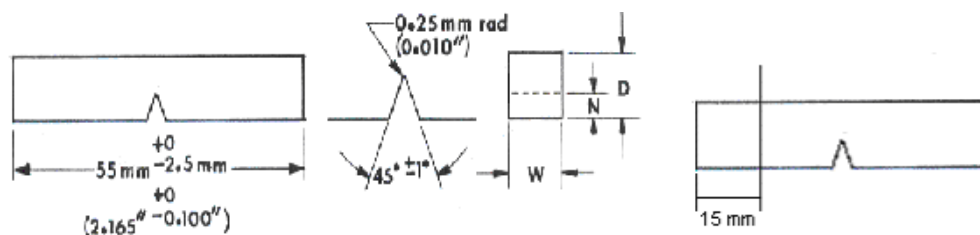


Figura 1. Dimensões do corpo de prova Charpy, conforme norma ASTM E23 e ilustração do corpo de prova para ensaio de abrasão.

2.3 Descrição dos Ensaios

Ao todo 18 amostras foram ensaiadas com relação a:

- dureza / microdureza (Rockwell C 150 kgf); feitas em durômetro LECORT – 240;
- impacto Charpy; em equipamento Instron Wolpert PW30
- abrasão 2 corpos (método de avaliação gravimétrico); em equipamento pino sobre lixa.

A tenacidade K_{IC} foi calculada utilizando a eq. (1) desenvolvida por Leskovsek (2007).

$$K_{IC} = 4,53 \cdot CVN^{1,11} \cdot HRC^{-0,135} \quad (1)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura (2) traz os resultados do teste de desgaste. Através dos valores médios de desgaste é possível observar que a criogenia de fato melhora as propriedades de desgaste, pois a condição C1, que não passou pelo tratamento criogênico, foi a que apresentou a pior condição de desgaste. Também foi possível concluir que as condições em que o tratamento criogênico ocorreu após o revenimento apresentaram os melhores resultados, da mesma forma que os tempos maiores de criogenia tendem a diminuir a perda de massa.

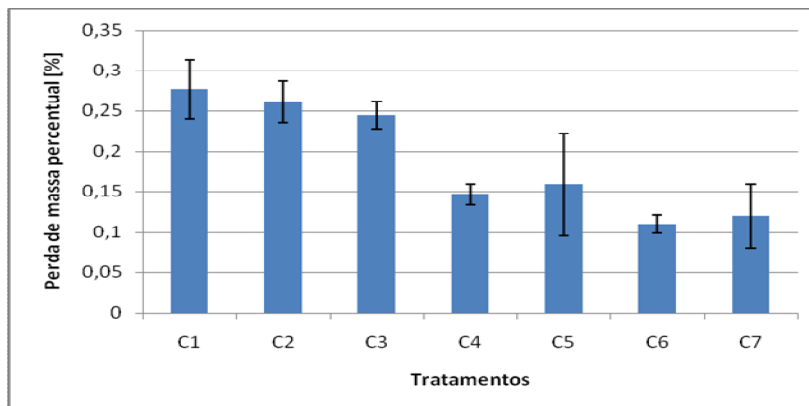


Figura 2. Perda de massa percentual para cada condição estudada.

As propriedades mecânicas de dureza, energia e tenacidade obtidas são representadas pelas Fig. (3), (4) e (5) respectivamente. Da Fig. (3) pode-se afirmar que não há variações significativas de dureza devido ao tratamento criogênico, conforme anteriormente relatado por Molinari et al. (2001) e Yun et al. (2008).

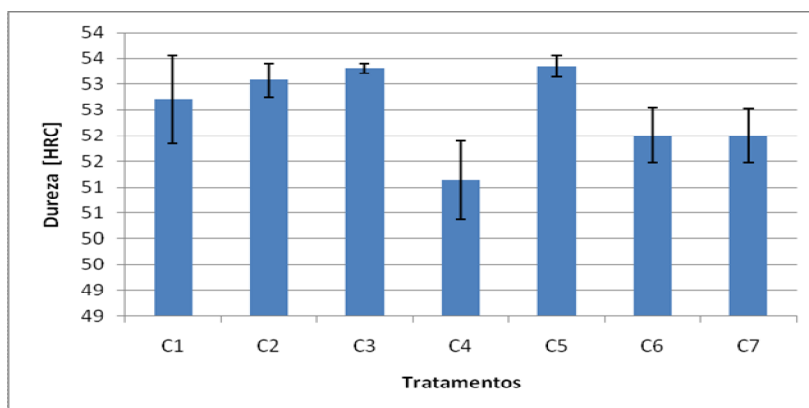


Figura 3. Dureza para cada condição estudada.

A Fig. (4) sugere que não há uma relação direta entre a sequência de tratamento e tempo de criogenia, pois os melhores resultados correspondem à condição C2 (1 hora de criogenia e revenido) e à C7 (revenido e 48 horas de criogenia).

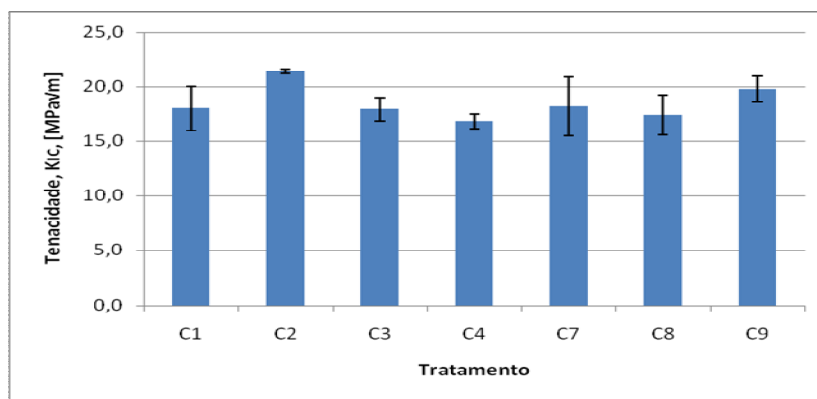


Figura 4. Tenacidade calculada para cada condição estudada.

A Fig. (5) mostra os resultados obtidos do teste de impacto, a energia absorvida no teste de impacto foi maior para as condições C2 e C7, e a pior para a condição C4. Na absorção de energia, impacto Charpy, revenir antes ou após o banho criogênico não influencia os resultados obtidos. Na condição C2, o banho criogênico foi realizado antes do revenido e apresentou o melhor resultado.

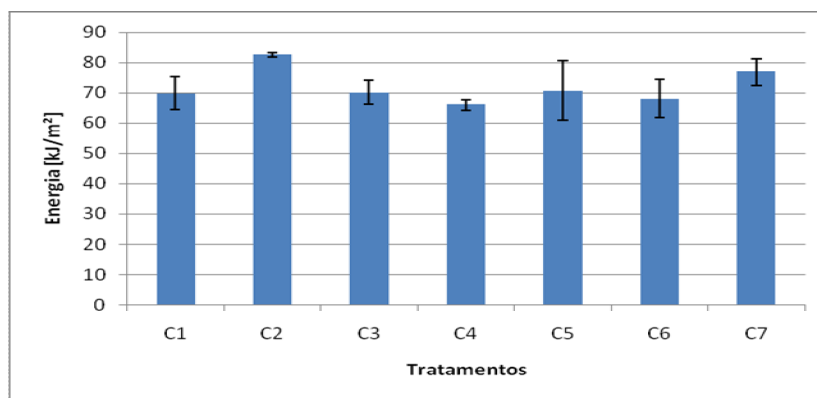


Figura 5. Energia obtida para cada condição estudada.

Com o objetivo de avaliar a melhor condição estudada e os ganhos relativos à condição base foi calculada a variação percentual de cada propriedade em relação a condição base C1, como mostra a Fig. (6). Em relação ao desgaste todas as condições melhoram com a criogenia, sendo a condição C6 a que apresentou o melhor resultado seguido pela condição C7. Em relação à dureza pode-se afirmar que não houve variação significativa. Os melhores resultados obtidos para tenacidade e energia se referem a condição C2 seguido pela condição C7. Sendo assim pode-se afirmar que a condição que alcançou as melhores propriedades tanto tribológicas quanto mecânicas, foi a condição C7 que corresponde ao banho criogênico de 48 horas após o revenido.

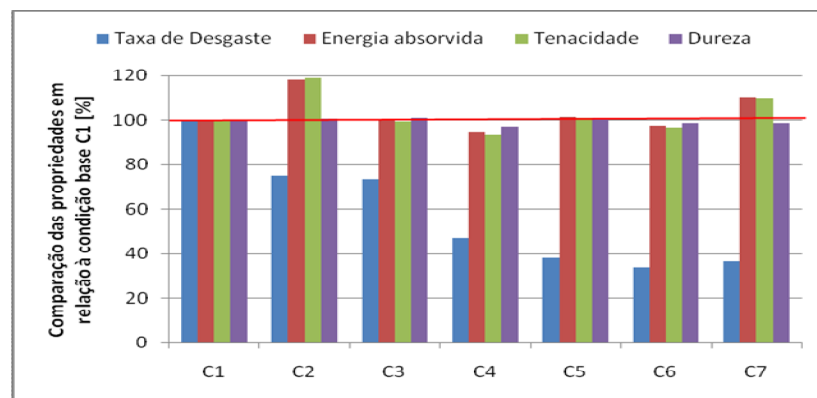


Figura 6. Comparação percentual das propriedades estudadas em relação à condição base.

A Fig. (7) traz a micrografia obtida para a condição C5, onde é possível observar a presença de carbonetos dentro da matriz martensítica.

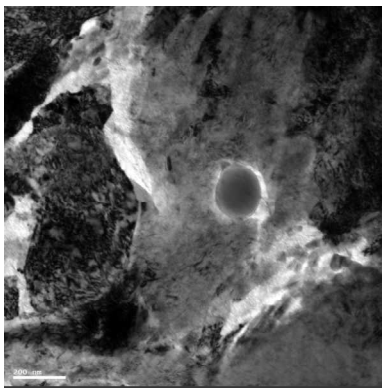


Figura 7. Micrografia obtida após o tratamento C5.

4. CONCLUSÕES

O tratamento criogênico realizado em conjunto com os tratamentos térmicos de têmpera e revenido pode aumentar a tenacidade e melhorar as propriedades de desgaste.

Em relação à energia de impacto e tenacidade foi verificada uma pequena melhora quando o banho criogênico foi realizado depois do revenido. O tempo de permanência do banho criogênico não apresentou uma influência positiva nesse processo, pois o melhor valor de energia de impacto foi de banho criogênico com permanência de uma hora.

O banho criogênico não acrescentou melhoras em relação aos valores de dureza.

Houve um aumento significativo na resistência ao desgaste em todas as condições submetidas ao banho criogênico independentemente do tempo de permanência, e quando a criogenia foi realizada após o revenido os ganhos foram ainda maiores.

A análise por microscopia TEM revelou a presença de carbonetos dispersos, cuja precipitação foi atribuída ao banho criogênico. Tais carbonetos são os responsáveis pela significativa melhora nas propriedades de desgaste.

5. AGRADECIMENTOS

A CAPES, ISOFLAMA Ind. E Com. De Equip. Ltda. Aços Bohler Uddeholm do Brasil

6. REFERÊNCIAS

- ASM Metals Handbook, 1993, Properties and selection irons, steels and high performance alloys. 10ª. ed. Ohio: ASM International, Vol. 1, pp. 1779 – 1785.
- American Society for Testing Materials, 2007, E23 –07a: standard methods for notched bar impact testing of metallic materials. USA: ASTM International.
- Huang, J. Y. et al., 2003, “Microstructure of cryogenic treated M2 tool steel”. Materials Science & Engineering, Los Alamos, 2003. 241-244.
- Leskovsek, V., 2007, “Correlation between the K_{IC} the HRC and the Charpy V-notch test results for H11/H13 hot-work tool steels at room temperature”, Steel Research, Vol.79, pp.306-313.
- Molinari, A. et al., 2001, “Effect of Deep Cryogenic Treatment on the Mechanical Properties of Tool Steels”, Journal of Materials Processing Technology”, Brunico, Italy, Vol. 118, pp. 350-355.
- NADCA #207 -2003. Heat treatment acceptance criteria for pressure die casting dies. [S.l.]: [s.n.].
- Pellizzari, M., et al., 2001, “Effetto del trattamento criogenico sulle proprietà microstrutturali dell'accio AISI H13”, La Metallurgia Italiana, Vol. 1., pp. 21-27.
- Wurzbach R. N., Defelice W., 2004, “Improving component wear performance through cryogenic treatment”, Lubrication Excellence, Noria Corporation.
- YUN D., X. L., 2008, “ Deep cryogenic treatment of high speed steel: microstructure and mechanism”, International Heat Treatment and Surface Engineering, Vol. 2, pp. 80-84.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

Effect of cryogenic treatment on wear resistance of AISI H13 steel

Sandra dos Santos Vales, sandra.vales@usp.br

Renata Neves Penha, rnp@usp.br¹

João Carmo Vendramim, vendramim@isoflama.com.br²

Lauralice de Campos Franceschini Canale, lfcanale@sc.usp.br¹

¹Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, Av. Trabalhador São-carlense, 400, Centro, São Carlos – SP, 13566-590

²Isoflama Ind. e Com. de Equip. Ltda, Rua 1, 799, Distr. Ind. João Narezzi, Indaiatuba – SP, 13347-402

Abstract. *The present work investigates the cryogenic treatment influence on hardness, on toughness and on wear resistance of AISI H13 steel. The tests were conducted in a tribometer type pin-on-disc. Samples were quenched before or after the cryogenic treatment, which temperature varied in 1h, 24h and 48h. to evaluate the efficiency of cryogenic treatment of AISI H13 steel, the obtained mechanical properties will be compared to the values presented by the same steel treated of conventional way. To aid on results analysis it will be used TEM microscopy.*

Keyword: wear resistance, heat treatment, cryogenics, tool steel.