

Avaliação do desgaste superficial de materiais laminados de alta resistência à abrasão

Ramos, Pedro Augusto, pedroaugustoramos@hotmail.com¹

Lima, Victor Souza Esteves, victorselima@gmail.com¹

Santos, Carlos Eduardo dos, caredusan@yahoo.com.br¹

Silva, Ernane Rodrigues da, ernanerodrigues@gmail.com¹

¹Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Av. Amazonas, 5253, Nova Suíssa, Belo Horizonte – MG.

Resumo: Os materiais metálicos laminados apresentam características versáteis para fabricação e processamento, além de grande disponibilidade para serem aplicados na indústria. Os materiais de alta resistência abrasiva, em especial os aços martensíticos baixa liga ao boro, tem importância considerável no desenvolvimento de aplicações com maior vida útil nas indústrias. O objetivo do presente trabalho foi realizar um estudo de resistência ao desgaste abrasivo pelo ensaio de roda de borracha segundo ASTM G-65. A realização dos ensaios de abrasão foi feita para mensurar a diferença de resistência ao desgaste abrasivo encontrada nos aços baixa liga ao boro com dureza superficial de 450 e 500 HB, e para efeito comparativo foi ensaiado um aço baixo carbono comum, ASTM A-36. Foram avaliadas as propriedades micro estruturais e dureza superficial. A diferença no desempenho e resistência à abrasão foi mensurada pelo volume desgastado em mm³, obtido através da perda de massa no ensaio abrasivo. Foi observado por meio de microscopia eletrônica de varredura os micromecanismos de desgaste apresentados na trilha de desgaste. Por meio da metodologia empregada, foi possível verificar uma diferença de 17% a mais de vida útil em um material de 500 HB comparado ao material de 450 HB, e ainda, 45% a mais de vida útil em um material de 500HB comparado ao aço carbono comum, considerando-se as mesmas condições de desgaste.

Palavras-chave: Desgaste abrasivo, aços martensíticos resistentes à abrasão, aços ao carbono de baixa liga ao boro, norma ASTM G-65.

1. INTRODUÇÃO

Os revestimentos metálicos são extensamente utilizados na indústria para minimizar os efeitos do desgaste abrasivo, o qual é responsável por perdas financeiras consideráveis no processamento de minerais (RABINOWICZ, 1966). O desgaste é um dano gerado nas superfícies, envolvendo perda progressiva de material devido ao movimento relativo entre as mesmas. (ZUM GAHR, 1987). A aplicação de materiais resistentes à abrasão consiste na sua disposição, de forma que a parte estrutural do equipamento não seja afetada em operação, e que o revestimento possa ser substituído com certa periodicidade visto que as máquinas estão frequentemente sujeitas a mecanismos de desgaste (FERNANDES, et al., 2001).

A seleção de revestimentos não é um problema de simples solução, pois envolve avaliar qual o mecanismo de desgaste presente, segundo Petrica (2013), a dureza do abrasivo tem importância fundamental nos mecanismos de desgaste por abrasão. Entretanto, de acordo com Zdravecká (2014) a dureza não é o único fator que afeta a resistência à abrasão. Outro fator relevante é a microestrutura do material para revestimento.

Os materiais metálicos laminados apresentam características versáteis para fabricação e processamento além de grande disponibilidade para serem utilizados nas diversas aplicações industriais (CHIAVERINI, 2005). Os materiais de alta resistência mecânica, em especial os que possuem resistência ao desgaste abrasivo, tem importância considerável no desenvolvimento para aplicações com alto desgaste, proporcionando maior vida útil nos equipamentos industriais.

O objetivo do presente trabalho foi realizar um estudo de caracterização de chapas metálicas laminadas, temperadas e revenidas e sua resistência à abrasão contra areia quartzosa (1200 HV). O escopo deste trabalho passou por um estudo da aplicação destes materiais em indústrias de extração e processamento mineral, onde são utilizados para redução de manutenção e aumento de vida útil de componentes e peças sobressalentes, pela obtenção e preparação das amostras a serem caracterizadas, e experimentos que comprovem a resistência à abrasão das ligas metálicas ensaiadas e que de alguma forma, permita conclusões a respeito da aplicação destes revestimentos.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os materiais ensaiados foram aço ao carbono martensíticos de baixa liga ao boro com dureza comercial de 450 e 500 HB, denominados nesta pesquisa como H450 e H500, respectivamente, e aço ao carbono ASTM A-36 para comparação. A Tabela 1 relaciona a composição química dos materiais avaliados na pesquisa.

Tabela 1. Composição química dos aços pesquisados em %.

Material	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	B	Fe
H450	0,23	0,50	1,60	0,025	0,010	1,20	0,25	0,25	0,005	Balanço
H500	0,27	0,50	1,60	0,025	0,010	1,20	0,25	0,25	0,005	Balanço
ASTM A-36	0,25	0,040	—	0,040	0,050	—	—	—	—	Balanço

As características microestruturais foram obtidas por meio de microscopia óptica.

O valor da dureza superficial dos revestimentos foi obtida por meio de durômetro Rockwell normal Equilam modelo EQTRS, medidos em uma superfície fresada e retificada 2 mm abaixo da superfície laminada. Pré-carga aplicada de 10 Kgf e tempo de endentação de 10 segundos. Foram realizadas 10 medições. O material ASTM-A36 medido em HRB com esfera temperada de 1/16" e carga de 100 Kgf e os demais materiais em HRC com penetrador de diamante e carga de 150 Kgf.

Os ensaios de desgaste foram realizados segundo a norma ASTM G-65 no procedimento A, para ensaio de materiais de média à alta resistência à abrasão. O ensaio teve duração de 30 minutos, 6000 revoluções, 4309 m de distância percorrida e carga de 130 N, com a abrasão sendo feita por um disco de borracha com diâmetro de 220 mm e dureza média de 60 Shore A. A Figura 1 ilustra a máquina do ensaio de roda de borracha.

Segundo Silva (2016), a definição de que o ensaio roda de borracha ocorre à baixa tensão é essencial para se identificar e caracterizar o sistema tribológico atuante e avaliar o comportamento dos materiais sujeitos a esse mecanismo de desgaste.



Figura 1. Máquina para ensaio de roda de borracha

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características microestruturais obtidas por meio de microscopia óptica com aumento de quatrocentas vezes podem ser observadas nas Figs. 2, 3 e 4.

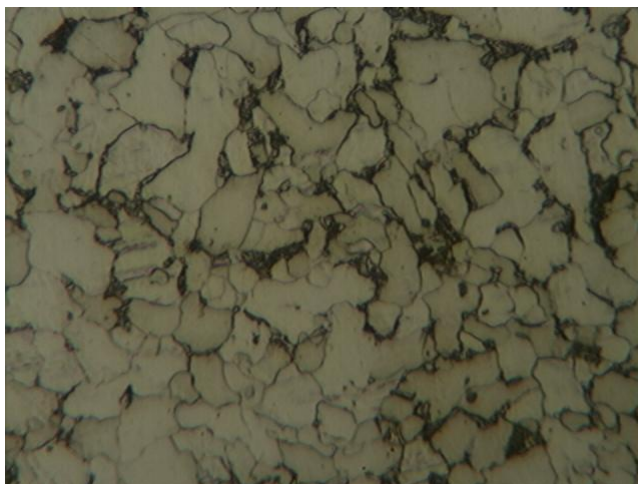


Figura 2. Micrografia do Aço ASTM A-36 – Ampliação de 400x.



Figura 3. Micrografia do Aço H450 – Ampliação de 400x.

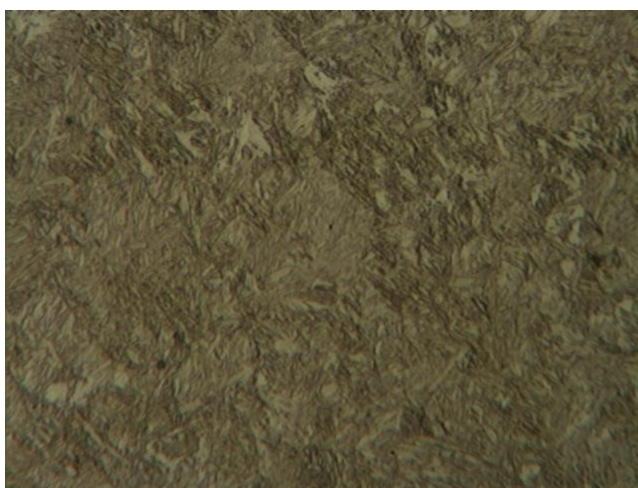


Figura 4. Micrografia do Aço H500 – Ampliação de 400x.

Nota-se que a chapa estrutural de aço ASTM A-36 possui grãos maiores com maior quantidade de ferrita diferentemente dos aços ao carbono de baixa liga ao boro H450 e H500, que apresentam estrutura predominantemente martensítica, com traços de perlita e carbonetos em sua composição.

Os valores da dureza superficial dos revestimentos obtidos por meio de durômetro Rockwell são relacionados na Tabela 2. Nota-se que os resultados foram convertidos em dureza Brinell.

Tabela 2. Resultados de dureza Brinell.

<i>Material</i>	<i>Média</i>
A-36	123,0 ± 5,1
H450	388,1 ± 12,6
H500	456,8 ± 13,4

Os resultados do ensaio de desgaste de roda de borracha são relacionados na Tabela 3. Os valores são apresentados em mm³.

Tabela 3. Resultados de ensaio de desgaste de roda de borracha em mm³.

<i>Material</i>	<i>Amostra 01</i>	<i>Amostra 2</i>	<i>Amostra 3</i>	<i>Média</i>
A-36	513,25	535,38	739,80	529,47 ± 14,22
H450	420,08	438,75	424,17	427,66 ± 9,81
H500	367,82	364,88	366,39	366,36 ± 1,47

Após o ensaio de desgaste foram capturadas imagens por meio de microscópio eletrônico de varredura (MEV) com elétrons primários, com aumentos de duzentas e quinhentas vezes, da trilha de desgaste formada pelo ensaio de roda de borracha. As Figuras 5, 6 e 7 ilustram as imagens de MEV da trilha. Observa-se os micromecanismos de desgaste presentes em cada material.

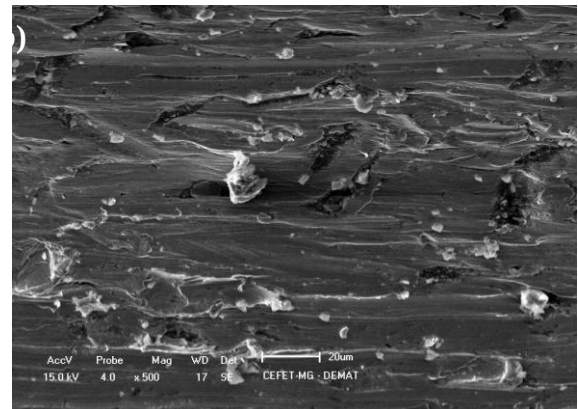
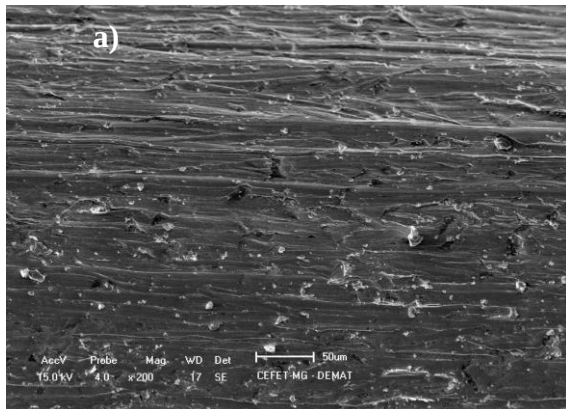


Figura 5: Imagens de MEV da trilha após ensaio de desgaste ASTM G-65 no aço ASTM A36, (a) ampliação de 200x e (b) ampliação de 500x.

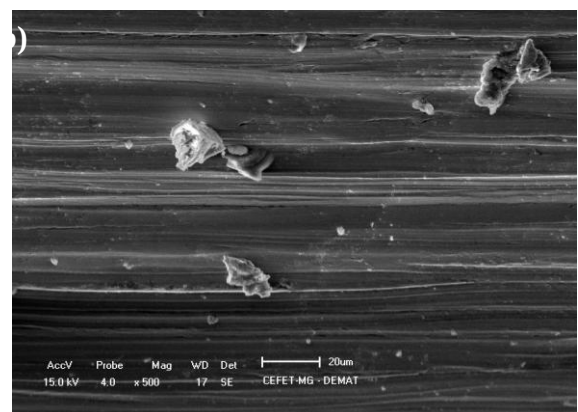
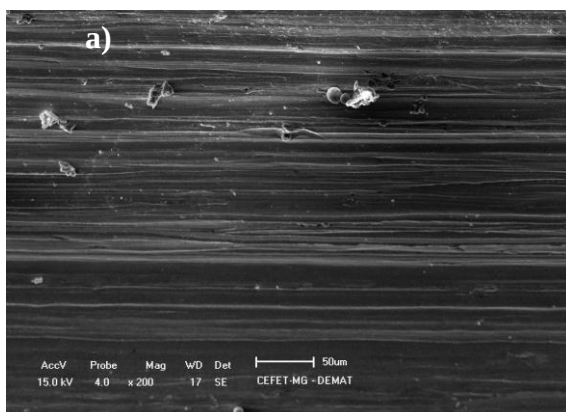


Figura 6: Imagens de MEV da trilha após ensaio de desgaste ASTM G-65 no aço H450, (a) ampliação de 200x e (b) ampliação de 500x.

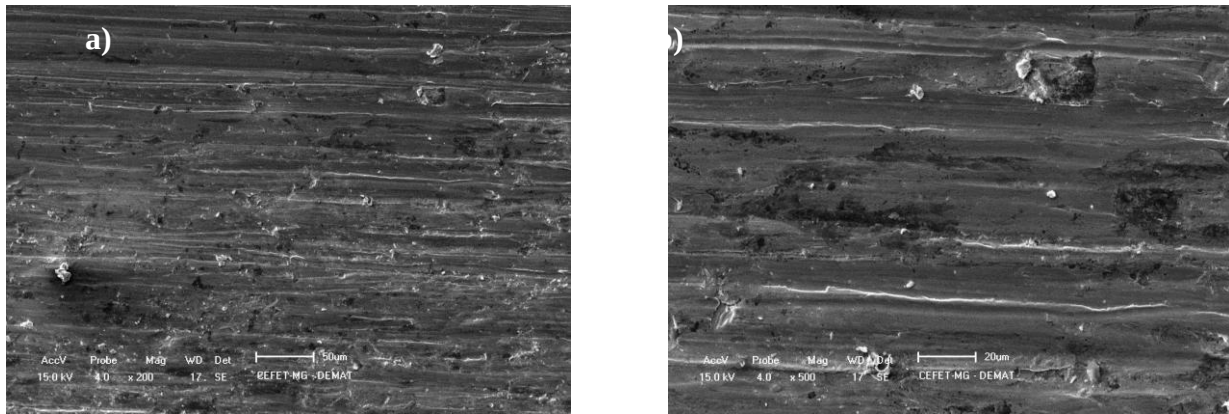


Figura 7: Imagens de MEV da trilha após ensaio de desgaste ASTM G-65 no aço H500, (a) ampliação de 200x e (b) ampliação de 500x.

O aço A-36 apresentou microsulcamento e microcorte, e aderência de partículas do abrasivo dentro dos sulcos deformados plasticamente. O material H450 apresentou microsulcamento com deslocamento de cavacos oriundos do sulco. O H500 apresentou evidências de microriscamento e microtrincamento em sua superfície devido a sua maior dureza, 17% maior em relação ao aço H450. Observa-se também que as marcas oriundas de riscamento são relativamente mais fracas comparadas ao H450.

Segundo Badisch (2010) e Trezona (1999) a maneira como o abrasivo interage com o material do revestimento influencia o desgaste, e esta relação é observada pelas imagens de MEV com diferentes ampliações.

A realização dos ensaios permitiu mensurar a diferença de vida útil encontrada nos aços ao carbono martensíticos de baixa liga ao boro com dureza superficial de 388 e 456 HB, e a título de referência, o aço baixo carbono. Foram verificadas às diferenças de vida útil com base no volume desgastado (mm^3) e as variáveis que mais interferiram no processo de desgaste bem como a influência dos micromecanismos de desgaste atuantes no desgaste abrasivo.

4. CONCLUSÕES

Após a realização da pesquisa pode-se concluir:

Os aços de baixa liga ao boro apresentaram dureza superficial superiores ao aço de baixo carbono ASTM A-36. Aproximadamente 215% para o aço H450 e 270% para o aço H500 em relação ao aço A-36. Porém, valores inferiores ao informado pelo fornecedor.

A microestrutura predominante nos aços de baixa liga ao boro é martensítica com traços de perlita e carbonetos.

Os aços de baixa liga ao boro apresentaram maior resistência ao desgaste abrasivo em comparação com o aço ASTM A-36.

O principal micromecanismo de desgaste do aço H450 foi microsulcamento. O H500 apresentou também microtrincamento. O aço A-36 microsulcamento, e ainda microcorte.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CEFET MG pelo apoio para participação no congresso para apresentação do trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- Badisch, E. et al., 2010. Wear behaviour of hardfaced Fe-Cr-C alloy and austenitic steel under 2-body and 3-body conditions at elevated temperature. *Tribology International*, v. 43, n. 7, pp. 1234-1244.
- Chiaverini, Vicente., 2005. Aços e ferros fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos. 7. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais. 599 p.
- Fernández, J. E.; Vijande,R.; Tucho, R.; Rodriguez,J.; Martin,A., 2001. Effect of cold deformation on the abrasive resistance of coatings with applications in the mining industry. *Science Direct - Wear*, v. 250, n. 1, pp. 28-31.
- Petrica, M.; Badisch, E.; Peinsitt, T., 2013 Abrasive wear mechanisms and their relation to rock properties. *Wear*, v. 308, n. 1, pp. 86-94.
- Rabinowicz, E. Friction and wear of materials. Cambridge, Massachussets, John Wiley, 1966, 243 p.
- Silva, R. J., 2016. Caracterização de sistema tribológico e seleção de ligas para revestimento de chutes de transferência de minérios. 2016. 91f. Dissertação (Mestrado) - Engenharia de Materiais, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Trezona, R. I.; Allsopp, D. N.; Hutchings, I. M., 1999. Transitions between two-body and three-body abrasive wear: influence of test conditions in the microscale abrasive wear test. *Wear*, v. 225, pp. 205-214.

- Zdravecká, E. et al., 2014. Effect of microstructure factors on abrasion resistance of high-strength steels. Research in Agricultural Engineering, v. 60, n. 3, pp. 115-120.
- Zum Ghar, K. H., 1987. Microstructure and wear of materials. Tribology Series. v.10, Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 560 p.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.

EVALUATION OF SURFACE WEAR OF HIGH ABRASION RESISTANT ROLLED MATERIALS

Ramos, Pedro Augusto, pedroaugustoramos@hotmail.com¹

Lima, Victor Souza Esteves, victorselima@gmail.com¹

Santos, Carlos Eduardo dos, caredusan@yahoo.com.br¹

Silva, Ernane Rodrigues da, ernanerodrigues@gmail.com¹

¹Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Av. Amazonas, 5253, Nova Suissa, Belo Horizonte – MG.

Abstract. *The rolled steels materials have versatile characteristics for manufacturing and processing, as well as great availability to be applied in industry. High abrasive resistance materials, especially low alloy boron martensitic steels, have considerable importance in the development of applications with longer industry life. The aim of the present work was to perform a study of resistance to abrasive wear by the rubber wheel test according to ASTM G-65 standard. The abrasion tests were carried out to measure the abrasive wear resistance difference found in the low alloy steels with a surface hardness of 450 and 500 HB, and a common low carbon steel was tested for comparison. Microstructural properties and surface hardness were evaluated. It has been observed through scanning electron microscopy that according to the abrasive hardness and the level of impact on the coatings, the results can change considerably. The difference in performance and abrasion resistance was measured by the worn volume in mm³ obtained by the loss of mass in the abrasive test. Through the methodology used, it was possible to verify a difference of 17% over the useful life of a material of 500 HB compared to the 450 HB material, and a 45% longer life in a material of 500HB compared to the common carbon steel considering the same wear conditions.*

Keywords: *Abrasive wear, abrasion resistant martensitic steels, low boron alloy carbon steels, ASTM G-65 standard.*

Escolha sua forma de apresentação preferida:

☒ Oral

☐ Pôster