

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE CHAPAS DE AÇO PARA BORDAS DE CAÇAMBAS PARA ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS¹

Maria Teresa Paulino Aguilár²
Euler Alves da Paixão³
Antônio de Melo Pertence²
Paulo Roberto Cetlin⁴

Resumo

A borda é a parte frontal da caçamba que devido à sua posição realiza ou suporta a penetração da mesma dentro do material a ser movimentado. Está sujeita a esforços de tração, a impacto e desgaste. Sua vida útil é limitada basicamente pelo aparecimento de trincas ou pelo desgaste abrasivo. Em passado recente, no Brasil, essas bordas eram fabricadas a partir de uma chapa de aço nacional. Atualmente, tal chapa não se encontra mais disponível no mercado, e as bordas estão sendo fabricadas com material importado. Estas bordas têm apresentado trincas com menos de 5% de sua vida útil estimada. Neste trabalho é feito um estudo comparativo do desempenho dos aços utilizados no passado e atualmente. Inicialmente se fez a caracterização química, seguida de ensaios mecânicos de tração, dureza e impacto à temperatura ambiente. Também foi feita a caracterização microestrutural dos aços. Os resultados indicaram que a chapa importada, de aço Cr-Ni-Mo tratado termicamente, apresenta maior tendência ao aparecimento de trincas quando sujeita ao impacto do que a chapa de aço nacional, de manganês-carbono tratado termicamente. A dureza superficial dos dois materiais é similar, o que indicaria terem os dois aços a mesma resistência ao desgaste. No entanto, a chapa de aço Cr-Ni-Mo deverá ter uma vida útil maior frente ao desgaste, uma vez que sua estrutura é toda martensítica, enquanto a de aço manganês-carbono apresenta núcleo com estrutura mais tenaz.

Palavras-chave: Bordas; Chapas laminadas; Escavadeiras hidráulicas.

PERFORMANCE OF STEEL PLATES AS CUTTING EDGES FOR BLADES IN EARTH MOVING EQUIPMENT

Abstract

The cutting edges of blades employed in earth moving equipment undergo severe mechanical and wear demands during service, as they penetrate the material to be moved. So being, their failure usually occurs by fracture and/or severe wear. Up to a recent past, these blades were manufactured in Brazil with a steel plate manufactured by a local supplier; but recently this material was replaced by an imported one, which displayed an useful life of only 5% of that expected with the previous material. A comparison of the two materials is presented, considering their chemical compositions, microstructures, tensile properties, hardness and impact tests at room temperature. The imported material is a Cr-Ni-Mo steel, whereas the local one is a C-Mn steel. Their hardness is similar, probably leading to a similar wear strength. However, the Cr-Ni-Mo steel presents a higher tendency to undergo fracture under load impacts; its structure is fully martensitic, whereas the C-Mn steel presents an internal region which is tougher than the surface.

Key words: Blades of earth moving equipment; Steel plates; Wear; Fracture.

¹ *Contribuição técnica ao 68º Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Eng. Metalurgista, Dr., Professor Titular, UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

³ *Eng. Mecânico, Engenheiro, Tecnometal Engenharia, Vespasiano, MG, Brasil.*

⁴ *Eng. Mecânico, Dr., Professor Titular, UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Há muitos fatores e condicionantes a serem considerados na seleção de materiais para determinado produto. Na situação ideal, a escolha de materiais ocorre em função desempenho requerido e do processo de fabricação, seja para um novo projeto ou na re-qualificação de um produto.⁽¹⁻⁵⁾ As dificuldades do processo de seleção estão primeiramente relacionadas à definição de propriedades uma vez que muito do desempenho desejado está relacionado com propriedades não tangíveis.⁽⁶⁾ Uma segunda dificuldade diz respeito à quantificação e hierarquização das propriedades que muitas vezes são definidas de forma qualitativa.^(2,4,6) Também é necessário compatibilizar as propriedades entre si e com o processo de fabricação.⁽¹⁻⁵⁾ Muitos métodos auxiliam neste processo de decisão.^(2,7,8) No entanto muitas vezes o processo de seleção ocorre de forma bem mais simplificada, em função de materiais disponíveis no mercado, como no caso descrito a seguir.

Existem vários tipos de caçambas que devem ser utilizadas conforme o tipo de material a ser movimentado e/ou função da máquina a que será acoplada. As mais comuns são as caçambas para escavadeiras hidráulicas (Figura 1). A borda ou lábio é parte frontal da caçamba que realiza e/ou suporta a penetração da mesma dentro do material a ser movimentado pelo equipamento. Essas bordas são comumente fabricadas de chapas laminadas de aço carbono com espessura superior a 90 milímetros. Muitas vezes elas apresentam problemas em relação à sua vida útil. Estes problemas estão ligados basicamente ao desgaste prematuro ou à presença de trincas que podem ocasionar a parada das caçambas para reparos. Tais problemas podem estar ligados à operação incorreta do equipamento, ou ao processo de fabricação (corte, usinagem e soldagem), ou ainda ao material de que a borda é confeccionada.

Recentemente as chapas disponíveis no mercado interno para fabricação de bordas para caçambas de escavadeiras hidráulicas deixaram de ser fabricadas. As bordas passaram a ser produzidas com chapas importadas de aço cujas dimensões e dureza informadas pelo fabricante são similares ao material nacional anteriormente utilizado. No entanto, as bordas fabricadas com o aço importado têm apresentado trincas com menos de 5% da vida útil prevista.

O presente trabalho visa analisar comparativamente as propriedades das chapas nacional e importada relacionadas à vida útil das bordas para caçambas escavadeiras hidráulicas de forma a se esclarecer a falha prematura das chapas importadas. Para isto são avaliadas as propriedades físico-químicas do material das chapas, assim a microestrutura das mesmas.



Figura 1. Escavadeira hidráulica e detalhe de sua caçamba.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho é analisado o desempenho de aços utilizados em bordas para caçambas de escavadeiras hidráulicas provenientes de dois tipos de chapas laminadas: uma nacional comumente utilizada em passado recente, identificada como CP008Q e outra importada disponibilizada no mercado nacional, identificada como CP009Q. O procedimento experimental consistiu na caracterização química, e microestrutural dos materiais e na realização de ensaios de dureza, microdureza, impacto (Charpy) e resistência mecânica. Os ensaios foram realizados segundo as normalizações nacionais vigentes, nos laboratórios do Senai/Fiemg de Itaúna, Minas Gerais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da análise química dos materiais avaliados. Os resultados indicam que o material nacional é um aço da classe SAE1320 e o aço importado é uma liga de Fe-C-Cr-Ni-Mo que apresenta composição similar ao SAE8830.⁽⁹⁾ O aço importado apresenta teores maiores de elementos de liga que favorecem a obtenção da estrutura martensítica, em função da posição de sua curva TTT ou TRC, que é muito afetada pela presença de níquel.⁽¹⁰⁾

Tabela 1. Composição química dos corpos de prova analisados

Elemento	Percentual	
	CP008-Q	CP009-Q
C	0,1801	0,2915
Si	0,3179	0,2403
Mn	1,3067	0,8482
P	0,0265	0,0106
S	0,0069	<0,0050
Cr	0,258	0,7472
MO	<0,0010	0,4491
Ni	0,0089	0,5027
Al	0,0397	0,0394
Co	<0,0050	0,0159
Cu	0,0152	0,0109
Nb	<0,0050	<0,0050
Ti	0,0189	0,0155
V	<0,0050	0,0115
Pb	<0,0030	<0,0030
Sn	<0,0050	<0,0050
Mg	<0,0050	<0,0050
Fe	97,8085	96,8101

A Tabela 2 apresenta as medidas de durezas Brinell, realizadas com esferas de tungstênio (HBW), para os materiais analisados. Os aços apresentam dureza superficial similares e os valores obtidos os enquadram na classe de 400 (faixa de 380 a 450 HBW) definida pelo mercado. Verifica-se pelas medidas de dureza que o aço importado apresenta estrutura mais homogênea. O teor de carbono e os valores de dureza do aço importado indicam que ele provavelmente sofreu algum tipo de endurecimento. O aço nacional apresenta uma superfície bem mais dura que seu

núcleo, o que sugere um tratamento térmico superficial ou que foi submetido a um tratamento que levou a um resfriamento diferenciado da superfície e do centro.

A Tabela 3 apresenta as medidas de limite de escoamento, limite de resistência à tração, alongamento após ruptura absorção de energia encontrada nos materiais analisados. São apresentadas as médias de três ensaios para cada um dos aços. Na análise das propriedades mecânicas observa-se que o material importado apresenta limites superiores de resistência à tração e limite de escoamento. Estas diferenças podem ser devido a maior presença de elementos como cromos, molibdênio e carbono em sua composição química e/ou tratamentos térmicos realizados.⁽⁹⁾ Verifica-se também que o material nacional apresenta energia de absorção de impacto superior, fato que pode ser explicado pelo menor percentual de carbono na ligas e/ou tratamentos térmicos realizados.⁽⁹⁾

Tabela 2. Medidas de dureza HBW dos aços analisados

Região	CP008-Q	CP009-Q
Núcleo	183 HBW	383 HBW
Núcleo	183 HBW	383 HBW
Núcleo	183 HBW	383 HBW
Núcleo	183 HBW	426 HBW
Núcleo	183 HBW	426 HBW
Superfície	415 HBW	415 HBW
Superfície	444 HBW	398 HBW
Superfície	444 HBW	398 HBW
Superfície	444 HBW	398 HBW
Superfície	444 HBW	398 HBW

Tabela 3. Características mecânicas medidas nos corpos analisados

Propriedades Mecânicas	CP008-Q	CP009-Q
Limite Escoamento (MPa)	905,5	1193,9
Limite de Resistência à Tração (MPa)	1055,6	1268,4
Alongamento uniforme (%)	15,2	11,5
Energia absorvida (J)	78,7	43,7

As Figuras 2 e 3 mostram respectivamente as imagens macrográficas de duas amostras dos materiais em análise. Observa-se que a estrutura do aço nacional apresenta aspecto heterogêneo evidenciado pela presença de uma camada clara em uma das extremidades da amostra (parte superior da foto). Isto poderia estar relacionado à descarbonetação da região ocorrida no processo de corte da amostra com oxicorte. A macrografia mostra a ausência de porosidades, trincas e/ou defeitos superficiais. De forma similar à amostra do aço nacional, a macrografia do aço importado evidencia que a amostra apresenta aspecto heterogêneo. Observa-se a presença de uma camada clara em uma das extremidades da amostra (lado direito da foto). Também se observa a ausência de porosidades, trincas e/ou defeitos superficiais.



Figura 2. Macrografia da amostra CP008-Q.



Figura 3. Macrografia da amostra CP009-Q.

As Figuras 4 e 5 mostram as imagens micrograficas de duas áreas superficiais dos dois materiais em análise. Na amostra CP008-Q há presença de áreas claras de difícil definição por microscopia óptica. Verificam-se poucas inclusões típicas de óxidos, raras inclusões típicas de sulfetos e raras porosidades típicas de microrrechupes dispersas na seção examinada. A estrutura apresenta-se constituída predominantemente de martensita, com medidas de microdurezas na faixa de 210 a 360 HV. Tais resultados indicam ter sido o aço submetido à tempera. Em função dos dados de dureza HBW pode-se supor que a velocidade de tempera não foi suficiente para obtenção a tempera do núcleo ou que a chapa sofreu tempera superficial. A estrutura do aço Cr- Ni-Mo (amostra CP009-Q) é constituída predominantemente de martensita, com microdureza de 362 HV, com a presença de uma região típica de descarbonetação (235 HV de microdureza) na extremidade direita da foto. Essa descarbonetação provavelmente esta relacionada ao oxicorte usado na preparação da amostra. Nota-se a presença de raras inclusões típicas de óxidos, raras porosidades típicas de microrrechupes dispersas na seção examinada. Em função da composição e das medidas homogêneas de dureza HBW ao logo da seção transversal da amostra, é provável que a amostra tenha sido submetida à tempera em toda a sua extensão.



Figura 4. Micrografia da amostra CP008-Q (500x).

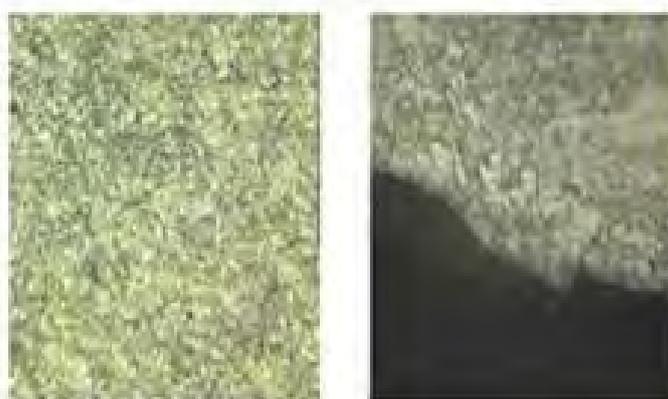


Figura 5. Micrografia da amostra CP009-Q (500x).

4 CONCLUSÃO

Considerando os resultados do ensaio de impacto e a microestrutura é de se esperar que a borda de chapa de aço importada apresente maior incidência de trincas. Fato constatado na prática.

Com relação ao desgaste por abrasão é de se esperar que as bordas fabricadas com chapas de aço nacional, tenham um desgaste mais acentuado ao longo de sua vida útil.

Considerando que as chapas têm dureza superficial similares, pode-se prever que os dois aços serão desgastados da mesma forma nos primeiros tempos de operação. No entanto após um desgaste inicial que invariavelmente ocorre e que não inviabiliza o uso das mesmas, é de se esperar que a chapa nacional apresente um desgaste maior. À medida que as bordas forem desgastando a chapa importada tende a ter um desgaste menor do que a nacional, portanto teria uma vida útil maior. Isto ocorreria, pois a dureza da chapa decresce da superfície pra o núcleo.

Os resultados indicam que para a utilização de caçambas de escavadeiras utilizadas em pedreiras, na retirada de materiais agregados, e em outras aplicações com grande sollicitação de impacto das bordas, pode-se prever que a chapa nacional apresentará um desempenho superior ao da chapa importada. Para aplicações de carregamentos de materiais desagregados com grande incidência de desgaste a chapa importada apresentaria melhor performance.

REFERÊNCIAS

- 1 ASHBY, M.F.; BRÉCHETB; Y.J.M., CEBONA, D.; SALVOC, L. Selection strategies for materials and processes . *Materials and Design* . v. 25, p. 51–67, 2004.
- 2 ASHBY, M. F.; SHERCLIFF, H.; CEBON, D. Materials Engineering, Science, Processing and Design. 1st ed. Oxford: Butterworth- Heinemann, 2007.
- 3 EDWARDS, K.L. Selecting materials for optimum use in engineering components. *Materials & Design*, v. 26, n. 5, p. 469-473, 2005.
- 4 KARANA, E.;HEKKERT, P.;KANDACHAR, P. Material considerations in product design: A survey on crucial material aspects used by product designers. *Materials & Design*, v.29, n.6, p. 1081-1089, 2008.
- 5 ASM Handbook. Materials Selection and Design. 9nd ed. USA: ASM International, v. 20, 1995.
- 6 KARANA, E.;HEKKERT, P.;KANDACHAR, P. Meanings of materials through sensorial properties and manufacturing processes. *Materials and Design*, 9nd ed., v. 30, p. 2778-2784, 2009.
- 7 R. SARFARAZ KHABBAZ, R.S.; MANSHADI, B.D.; ABEDIAN, A.; MAHMUDI, R. A simplified fuzzy logic approach for materials selection in mechanical engineering design. *Materials & Design*, v. 30, n. 3, p. 687–697, 2009.
- 8 MANIYA, Kalpesh; BHATT, M.G. A selection of material using a novel type decision-making method: Preference selection index method. *Materials & Design* , v. 31, n.4, p. 1785-1789, 2010.
- 9 ASM Handbook. Properties and Selection: Irons, Steels, and High-Performance Alloys. 9nd ed. USA: ASM International, v. 1, 1997.
- 10 KRAUSS, G. Steels: Heat Treatment and Processing Principles. 1st ed. USA: ASM International, 1990.