

ESTUDO DA MICROESTRUTURA DE REVESTIMENTO DURO APLICADO NOS EQUIPAMENTOS DA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA SUJEITO AO DESGASTE ABRASIVO. Rafael Saito Polido, Juno Gallego. – Engenharia Mecânica – Engenharia Mecânica – Departamento de Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

A produção de açúcar e álcool envolve o processamento da cana-de-açúcar em diversas etapas, entre as quais estão a trituração e a moagem da matéria prima. Apesar dos cuidados tomados na limpeza da cana de açúcar uma quantidade bastante significativa de material abrasivo, formado por partículas de terra e areia, é levada aos equipamentos. Este resíduo causa um acentuado desgaste nas superfícies expostas, levando a necessidade de reparos normalmente não previstos no plano de manutenção. Para essa recuperação e método mais comum utilizado é o processo de soldagem por eletrodo revestido devido a sua facilidade e baixo custo de operação.

A soldagem de revestimento ou de recobrimento consiste na deposição de um consumível de soldagem com características bem diferentes do metal de base, visando aumentar a resistência ao desgaste e/ou à corrosão do metal base. Tal comportamento é normalmente conseguido com a aplicação de uma camada endurecida, cuja menor tenacidade pode contribuir para a ocorrência de trincas.

O desgaste por abrasão é um fenômeno que ocorre quando partículas duras deslizam ou são forçadas contra uma superfície metálica em relação à qual estão em movimento, provocando por deslocamento ou amassamento a perda de massa das peças. De todos os diferentes tipos de desgaste, o desgaste abrasivo é o que ocorre em mais de 50% dos casos, sendo considerado como o mais severo e o mais comumente encontrado na indústria em geral.

Os materiais utilizados neste trabalho como metal base para a soldagem dos revestimentos duros foi o aço carbono conforme especificação ASTM A-36, com as seguintes dimensões: 75 mm de comprimento, 25 mm de largura e 11,2 mm de espessura. Como metal de adição, para a soldagem, foi utilizado o eletrodo revestido do tipo Fe-Cr-C, denominado comercialmente por XDH 6710 da Eutectic & Castolin. O eletrodo revestido, fornecido com diâmetro de 4 mm, é descrito pelo fabricante como um produto com alta taxa de deposição e extremamente resistente ao desgaste por abrasão, que suportam choques moderados e apresentam ausência total de escória após a limpeza dos cordões de solda. Suas principais aplicações são reforços em caçambas de dragas, bombas de lama e martelos e facas desfibradores das indústrias sucroalcooleiras. A composição química típica e a dureza Rockwell C do revestimento podem ser consultadas através da Tabela 01.

Tabela 01 – Composição química e dureza do eletrodo revestido.

| Eletrodo Revestido XHD 6710 - Eutectic&Castolin | | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Composição Química (%) | | | | |
| C | Si | Mn | Cr | Fe |
| 5,30 | 1,25 | 0,85 | 42,00 | Restante |
| Característica Mecânica | | | | |
| Dureza - HRc | | | | |
| 62,00 | | | | |

Para a análise de metalográfica e de microscopia, foi utilizado, para o embutimento das peças, resina de cura a frio em formas adequadas feitas de borracha de silicone.

Para a confecção dos corpos de prova, fez uso de três chapas de aço A-36 nas dimensões 75 mm de comprimento, 25 mm de largura e 11,2 mm de espessura, na qual de cada chapa resultou mais três corpos de provas, sendo estes confeccionados da seguinte maneira, no primeiro corpo de prova se

fez depósito de revestimento com apenas uma camada, no segundo com duas camadas e no terceiro com três camadas de solda de revestimento duro.

Para a soldagem do revestimento duro foi feito controle de corrente, tensão e velocidade de soldagem, feito de forma manual, como são feitos normalmente nos processos de soldagem de manutenção realizados nessa indústria (indústria Pioneiros na cidade de Sud Minucci – SP, empresa sucroalcooleira).

A variação dos parâmetros de soldagem se fez da seguinte maneira, para a primeira chapa fez-se o depósito do revestimento duro utilizando os parâmetros normalmente usados pela empresa para realização de sua manutenção, ou seja, valores de corrente, tensão e velocidade de soldagem normalmente usada pelo soldador. Para a segunda aumentou-se aos valores de corrente de soldagem, mantendo-se a tensão e velocidade, e para a terceira diminuiu-se os valores de corrente, sempre em relação aos parâmetros normais utilizados, mantendo a tensão e a velocidade de soldagens praticamente iguais às normais.

Após a deposição do revestimento duro, as chapas foram cortadas, utilizando-se uma cortadeira de disco abrasivo do tipo CUT-OFF, formando assim os nove corpos de prova, que também foram cortados pequenas amostras para a análise metalográfica. As nove amostras foram retificadas utilizando uma retífica plana magnética manual, para possibilitar o ensaio de dureza.

Para a determinação da dureza utilizou-se a escala Vickers, com carga de 100 Kgf. A aplicação de cargas menores mostrou ser inadequada, pois o tamanho da indentação era muito pequeno para ser medida com precisão pelo micrômetro ótico acoplado ao durômetro. As medidas de dureza foram realizadas nos corpos de prova soldados com uma, duas e três camadas.

As pequenas amostras cortadas para análise metalográfica foram embutidas em resina de cura frio. Logo foram então retificadas e lixadas, com lixas de numeração 120, 220, 320, 400 e 600 mesh, na sequência essas amostras foram atacadas por 10 segundos com reagente de Nital, que atacou o metal base. Esse processo é necessário para revelar a espessura do cordão no metal de base e assim conseguir medir a profundidade da solda.

Após esse processo as amostras foram lixadas novamente, com lixa 120, 220, 320, 400, 600 e 1200, e em seguida, polidas com abrasivo de alumina com granulação 1 μm , na sequência foram atacadas por cerca de 5 segundos com reagente de mistura de ácidos utilizadas para ferro fundido de alto cromo (50g CaCl_2 , 100ml HCl , 100ml Álcool etílico e 100ml de H_2O destilado), atacado assim o cordão de solda, para possibilitar a análise metalográfica. Em seguida, utilizando uma bancada Metalográfica NEOPHOT – 21 foram tiradas fotos das amostras para estudo com um fator de aumento de 1200X.

Os resultados obtidos no referente trabalho para dureza, para depósitos de uma camada, duas camadas e três camadas, soldadas com potências baixa, normal e alta, tendo como referência para a baixa e alta, a potência normal, ou seja, a potência normalmente usada pelo soldador dessa indústria para a deposição de solda, para o revestimento duro, é representado na figura 01.

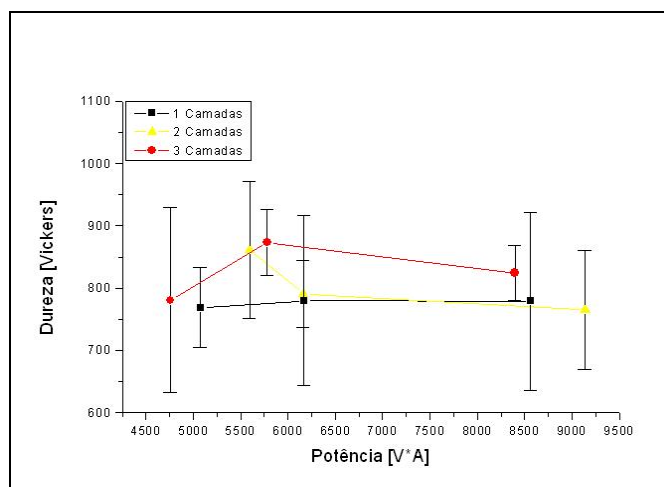


Figura 01 – Dureza Vickers em função da Potência [V*A], para uma, duas e três camadas.

A potência de soldagem, para a relação dureza em função de potência, foi escolhida ao invés de aporte térmico, devido ao fato de grandes variações de velocidade de soldagem, pois o depósito foi feito de forma manual, ou seja, a velocidade depende muito do soldador, no qual para manter a qualidade da soldagem, gera muitas variações de velocidade.

Durante as medições e observando a figura 01, verificou-se que para as amostras de uma camada houve uma variação discreta de dureza para as diferentes potências de soldagem, já para as amostras de duas e três camadas houve uma variação maior de dureza, sendo que para as amostras de duas camadas a maior dureza ocorreu em valor de potência baixa e menor dureza em valor de potência maior, enquanto que para as amostras de três camadas a maior dureza ocorreu na potência normal e a menor na potência menor, isso deve ter ocorrido a diferentes diluições entre as camadas de solda e o metal base.

Os resultados de profundidade de penetração da solda, para o depósito de revestimento duro de uma, duas e três camadas são representadas na figura 02.

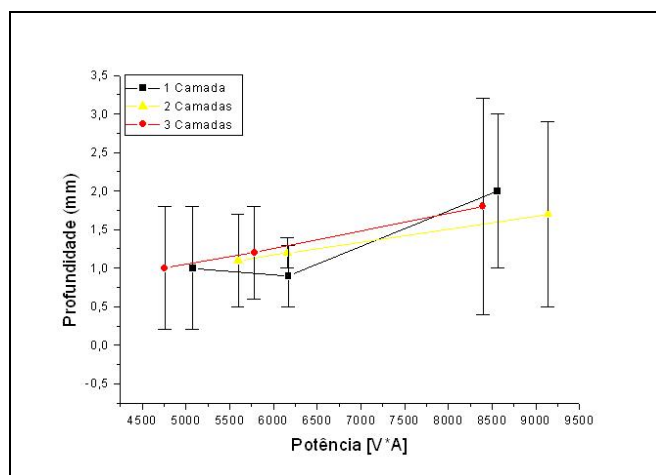


Figura 02 – Profundidade [mm] em função da Potência [V*A], para uma, duas e três camadas.

Observa-se que a profundidade de penetração da solda para uma, duas e três camadas, manteve-se próximas entre si, sendo que seguiram uma mesma tendência de aumentar a penetração aumentando-se a potência de soldagem, isso ocorreu devido ao fato do aumento da energia para soldagem, que aumentou a temperatura havendo assim uma maior penetração no metal base.

Para análise microestrutural foram utilizados os corpos de prova soldados com potência normal com uma, duas e três camadas de revestimento duro, conforme as microestruturas apresentadas na figura 03. Com a solidificação do revestimento duro depositado sobre o metal base, houve a formação principalmente de carbonetos primários do tipo M_7C_3 , precipitados na matriz eutética composta por ferrita e carbonetos de cromo complexos conforme Bhadeshia e Atamert (1990). Esses carbonetos primários mostraram uma morfologia bastante característica, poligonal, muitas vezes orientadas em feixes finos paralelos e com aspecto claro. A matriz mostrou um aspecto escurecido após o ataque químico promovido pelo reativo de mistura de ácidos.

Observando a figura 03, vemos as regiões mais claras, de morfologia poligonal, onde se encontra o carboneto primário do tipo M_7C_3 . Essas regiões são as primeiras a se formar na solidificação da poça de fusão rica em carboneto do tipo $(Fe,Cr)_7C_3$, sendo composto por ferro e cromo, devido à composição do eletrodo usado na soldagem, composto principalmente de cromo, 42% e ferro, 50,6%. Logo, a região mais escura, onde estão precipitados os carbonetos, é uma mistura de várias fases, composta principalmente de ferrita, carbonetos secundários do tipo M_7C_3 e $M_{23}C_6$.

Com relação à concentração de carbonetos primários, podemos observar que para a amostra de uma camada, a fração volumétrica de carbonetos é menor, isso devido ao fato da maior diluição do revestimento depositado com o metal base, logo para a amostra de duas camadas, verificamos uma concentração maior de carbonetos, devido a uma menor mistura com o metal base, e uma fração volumétrica bem alta de carbonetos na amostras de três camadas, devido a uma diluição ainda menor

das últimas camadas com o metal base. A fração volumétrica de carbonetos é um dos mais importantes parâmetros microestruturais que afetam a resistência ao desgaste abrasivo, mas os mesmos são frágeis, e o modo pelo qual estão presos na matriz pode desempenhar um papel importante na ocorrência ou não de trincas durante a abrasão.

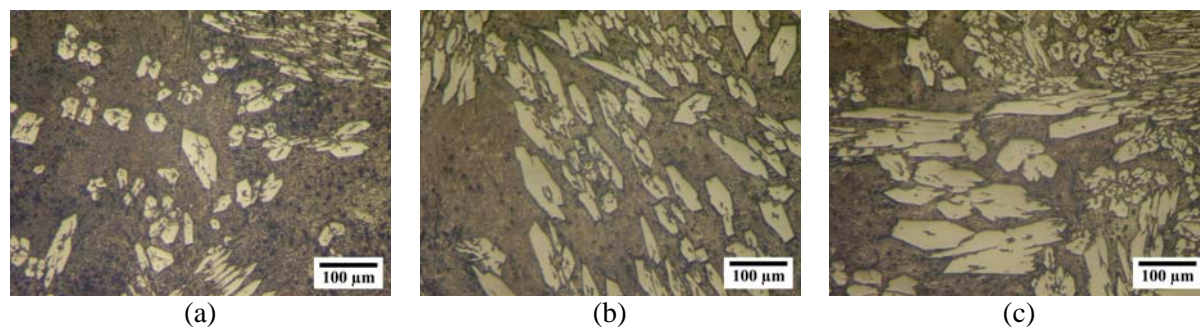


Figura 03 - (a) Amostra com uma camada. (b) Amostra com duas camadas. (c) Amostra com três camadas.

A dureza das amostras para uma, duas e três camadas sofreu muitas variações para as diferentes potências de soldagem, sendo que para a potência normal de soldagem elas apresentaram uma maior dureza. As profundidades de soldagem das amostras para uma, duas e três aumentaram com a elevação da potência de soldagem e mantiveram-se em valores próximos comparando as três camadas.

Na análise microestrutural ocorreu um aumento da fração volumétrica de carbonetos primários, conforme se aumentou o número de camadas de revestimento. Investigações mais aprofundadas sobre a microestrutura serão ainda desenvolvidas, mas entende-se que o aumento na quantidade de carbonetos primários contribui para o incremento da resistência ao desgaste abrasivo de baixa tensão.

Agradecimentos

À Destilaria Pioneiros, localizada em Sud Menucci-SP, pela valiosa colaboração na preparação dos materiais utilizados neste estudo.

Referências Bibliográficas

BHADESHIA, H.K.D.H.; ATAMERT, S. **Microstruture and Stability of Fe-Cr-C Hardfacing Alloys**. Department of Materials Science and Metallurgy. University of Cambridge. 1990.

SVENSSON, L.E.; GRETOF, B.; ULANDER, B. BHADESHIA, H.K.D.H. **Fe-Cr-C hardfacing alloys for high-temperature applicaions**. First International Conference on Surface Engineering. Brighton. 1985.

EUTECTIC&CASTOLIN. **Aplicações & Sistemas**. Catálogo Geral de Produtos. Eutectic do Brasil Ltda. 2003.