

APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO DURO UTILIZANDO O PROCESSO FCAW DUPLO ARAME PARA DIFERENTES TIPOS DE CONSUMÍVEIS

Daniel Dominices Baía G. de Souza, Universidade Federal de Uberlândia, danieldominices@hotmail.com
Valtair Antônio Ferraresi, Universidade Federal de Uberlândia, valtairf@mecanica.ufu.br

Resumo. A aplicação de revestimentos com o objetivo de reduzir o desgaste e, consequentemente os custos, busca o incremento da vida em serviço dos componentes e na redução das paradas para manutenção. Uma correta seleção do material depositado permite, dentre outras coisas, transformarem elementos descartáveis por desgaste em bens de capital recuperável, aumentar a resistência e prover as superfícies susceptíveis ao desgaste de características e propriedades desejadas e, em geral, aumentar a eficiência do processo em que tomam parte os elementos reconstruídos e/ou protegidos. O objetivo deste trabalho é avaliar a resistência ao desgaste abrasivo de revestimentos duros depositado em camada única através do processo de soldagem FCAW (Flux- Cored Arc Welding) Duplo Arame, arame eletrodo tubular auto protegido. Foram utilizados três tipos de consumíveis (FeCrC, FeCrC+Ti e FeCrC+Nb) de diâmetro 1,6 mm. Foi efetuada a soldagem no modo de transferência por curto-circuito, com mesmos valores de corrente e tensão de soldagem. Os revestimentos foram depositados sobre a chapa de aço carbono SAE 1020. Foram comparados os depósitos realizados com cada consumível em separado com o depósito com arames misturados no processo FCAW Duplo Arame. Foi realizada análise de dureza do revestimento. Os melhores resultados de são os que apresentaram maiores dureza. Na fase seguinte serão realizados ensaios de roda de borracha e de microestrutura ensaio.

Palavras chave: Revestimento duro, Arame tubular, Dureza, soldagem FCAW duplo arame.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil o setor sucroalcooleiro vem apresentando grande expansão nos últimos anos em função da estabilidade do mercado mundial do açúcar, do aumento de consumo do etanol no mercado interno e pelo aumento da meta de utilização de bicombustíveis nos EUA, União Europeia e Japão. O País é o maior produtor de açúcar do mundo e o segundo maior produtor de etanol, atrás apenas dos EUA, cuja produtividade, a partir do milho, é bastante inferior (Lins, 2007). Na safra 2012/13, o Brasil produziu aproximadamente 532 milhões de toneladas de cana, matéria-prima utilizada para a produção de 34 milhões de toneladas de açúcar e 21,3 bilhões de litros de etanol (Única, 2013). Por sua vez, a perda de material por mecanismos de desgaste representa um custo significativo para a operação de usinas de açúcar e destilarias de álcool, onde a deterioração das ferramentas é grande e a vida em serviço dos componentes é curta (Lima, 2008).

Nos componentes dos equipamentos do setor sucroalcooleiro, em especial nos de preparo da cana, predomina a ocorrência de desgaste abrasivo. O desgaste é provocado pelo deslizamento de vários materiais na superfície da peça, como sucatas, refugos, o próprio bagaço da cana, areia, terra e outros materiais estranhos, bem como, pela corrosão devido à acidez do caldo da cana (Buchanan, Shipway and McCartney, 2007).

Para a recuperação dos componentes afetados pela perda de metal (desgaste) durante o ciclo de produção é realizada a aplicação de revestimentos duros por soldagem, utilizando-se vários consumíveis, técnicas e processos. Alguns autores como Berns e Fisher (1987), Scandella e Scandella (2004), Burchelly et al (2005), Corrêa et al (2007) e Lima (2008) comparam a resistência ao desgaste de revestimentos com ligas FeCrC puras e com adição de elementos metálicos formadores de carbonetos tais como o Ti, Nb, V e W. A adição destes elementos nas ligas de alto teor de cromo melhora as propriedades de resistência ao desgaste devido à inserção na matriz de novos carbonetos do tipo MC (NbC, TiC, VC, ZrC e WC) com durezas superiores ou iguais à dureza dos carbonetos de cromo. O nióbio e o titânio vêm sendo usados mais regularmente por serem os mais efetivos elementos formadores de carbonitretos, produzindo uma precipitação de levada dureza.

A soldagem FCAW com dois arames é uma variante do processo FCAW e caracteriza-se pela formação de um par de arcos elétricos entre uma única poça de fusão e dois eletrodos consumíveis continuamente alimentados. Comparativamente à soldagem FCAW convencional, o duplo arame apresenta as seguintes características principais: maior taxa de deposição de material, possibilidade de soldagens com velocidades de deslocamento mais elevadas e o menor aporte térmico sobre a peça, este como consequência da utilização de velocidades de soldagem mais altas (Motta e Dutra, 2005 e Scotti e Ponomarev, 2008). Como dois alimentadores de arame-eletrodo são utilizados, podem-se usar diferentes composições químicas de arames e obter velocidades de alimentação distintas. Como duas fontes podem opcionalmente ser usadas para comandar os dois alimentadores, diferentes parâmetros elétricos podem ser impostos sobre cada arame. Também se pode variar a disposição (posicionamento), relativa das pontas dos arames em relação à peça, ou seja, disposição em paralelo ou em série (Groetelaars, 2005).

Desta forma, espera-se com a realização deste trabalho, estudar a técnica de aplicação de revestimento duro em chapas de aço carbono utilizando o processo de soldagem FCAW (Flux Cored Arc Welding) Duplo Arame, visando aumento de produtividade, melhorias na resistência ao desgaste abrasivo e diminuindo a ocorrência de trincas de solidificação.

2. METODOLOGIA

Os testes no laboratório foram realizados utilizando chapas de aço carbono ABNT 1020 com dimensões de 200 x 38,1 x 12,7 mm para os ensaios preliminares, para obtenção dos parâmetros geométricos do cordão de solda (Fig.01a). Para aplicação dos revestimentos duros utilizaram-se o mesmo material de dimensões 250 x 50,8 x 12,7 mm com e sem amanteigamento, dos quais se extraíram os corpos de prova para a avaliação da diluição e do desgaste abrasivo (Fig.01b).

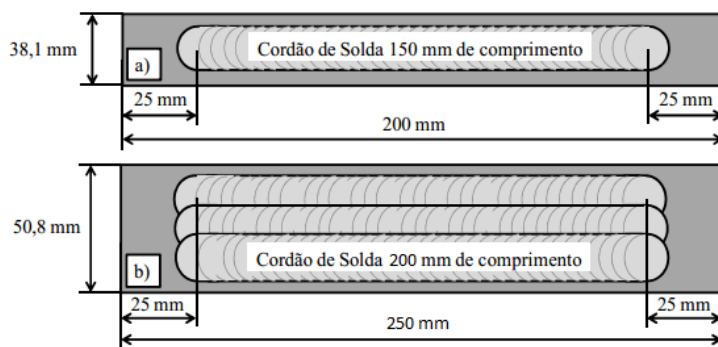


Figura 01 - Dimensões das chapas de teste. a) para os testes preliminares e b) para a confecção dos revestimentos – espessura de 12,7 mm nos dois casos. Adaptado de (Carmona,2011).

Baseado em pesquisas anteriores no LAPROSOLDA por Lima (2008) e Carmona (2011) foram escolhidos para o estudo três arames tubulares auto protegidos de 1,6 mm de diâmetro cuja composição química encontra-se na Tab. 01.

Tabela 01 – Composição química dos arames tubulares auto protegidos fornecida pelo fabricante.

Consumíveis	Classificação DIN 8555	Porcentagem em Peso (%)								Dureza após a soldagem de três camadas
		C	Mn	Si	Cr	Mo	Nb	Ti	V	
FeCrC	DIN 8555 MF 10-GF-65-GR	5	1,5	1,5	27					
FeCrC+Nb	DIN 8555 MF 10-GF-65-GRT	5	0,5	1	22		7			63 HRC
FeCrC+Ti	DIN 8555 MF 10-GF-55-GPS	1,8	1,2	0,7	6,5	0,8		5	0,2	57 HRC

Para a medição da dureza Rockwell C foi utilizado um durômetro METROLTEC, Fig. 02, com carga de 150 kg e pré-carga de 10 kgf. O durômetro possui pré-carga de 3 kgf e de 10 kgf, capacidade para ajuste de carga de 15, 30, 45, 60, 100 e 150 kgf, penetrador de diamante e padrão de dureza 60-66 HRC.



Figura 02 – Durômetro METROLTEC.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a soldagem realizou-se uma avaliação visual do cordão de solda e foi selecionado o que apresentou o melhor aspecto visual (cordão liso, maior largura e menores níveis de respingo). O melhor resultado foi encontrado com os parâmetros apresentados na Tab. 02.

Tabela 01 – Parâmetros de soldagem utilizados nos testes com a combinação FeCrC e FeCrC+Ti.

CONDIÇÃO	Tensão (V)	V _{alim} (m/min)	V _{sold} (mm/s)	DBCP (mm)
FeCrC(1) - FeCrC+Ti(2)	32	12	12	25

Foram avaliadas 12 condições de soldagem distintas, variando os três tipos de arame utilizados neste trabalho. A Fig.03 apresenta o aspecto visual dos revestimentos aplicados pelo processo de soldagem FCAW duplo arame com e sem amanteigamento para a condição FeCrC (1) - FeCrC (2). A Tab. 02 mostra os resultados do ensaio de dureza Rockwell C realizado nos corpos de prova, onde Am indica que foi realizado o amanteigamento com o eletrodo de E308LSi.

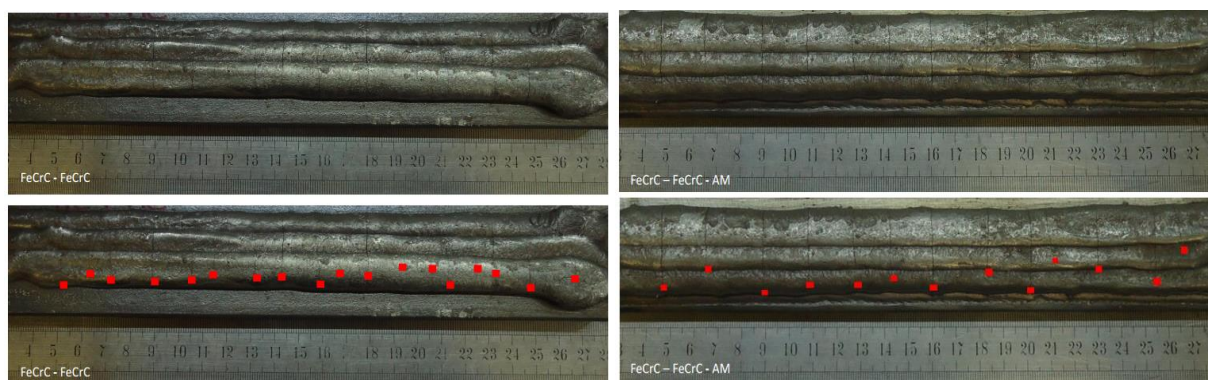


Figura 03 – Revestimento duro com combinação FeCrC (1) - FeCrC (2) .

Tabela 02 – Ensaio de dureza dos revestimentos.

	Condição de Consumível	Média da Dureza [HRC]	Desvio Padrão da Dureza
1	FeCrC(1) - FeCrC+Ti(2)	48	4,21
2	FeCrC(1) - FeCrC+Nb(2)	55	0,78
3	FeCrC+Ti(1) - FeCrC+Nb(2)	45	2,40
4	FeCrC(1) - FeCrC(2)	57	1,98
5	FeCrC+Ti(1) - FeCrC+Ti(2)	56	3,18
6	FeCrC+Nb(1) -FeCrC+Nb(2)	53	1,86
7	FeCrC(1) - FeCrC+Ti(2) - AM	45	2,49
8	FeCrC(1) - FeCrC+Nb(2) - AM	52	1,76
9	FeCrC+Ti(1) - FeCrC+Nb(2) - AM	45	2,00
10	FeCrC(1) - FeCrC(2) - AM	51	3,20
11	FeCrC+Ti(1) - FeCrC+Ti(2) - AM	32	2,23
12	FeCrC+Nb(1) -FeCrC+Nb(2) - AM	50	2,27

Segundo Correa et al (2006), após realizar o ensaio de desgaste abrasivo de baixa tensão e de alta tensão em diversas ligas do sistema FeCrC, encontrou que em algumas ligas de maior dureza se obtém maior resistência ao desgaste.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Possuir um maior valor de dureza é um indicativo de melhor resistência ao desgaste abrasivo. O revestimento que apresentou o melhor desempenho no ensaio de dureza foi a combinação FeCrC-FeCrC.

5. REFERÊNCIAS

BERNS, H.; FISCHER, A. Microstructure of Fe-Cr-C Hardfacing Alloys with Additions of Nb, Ti and, B. Metallography, v. 20. p. 401-429, 1987.

BUCHANAN, V. E; SHIPWAY, P. H.; MCCARTNEY, D. G. Microstructure and Abrasive Wear Behaviour of Shielded Metal Arc Welding Hardfacings Used in the Sugarcane Industry. **Wear**. p. 1 - 12, 2007.

BURCHELY, M. F.; GUTIERREZ, J. C.; LÉON, L. M & TORO, A. The Effect of Microstructure on Abrasive Wear of Hardfacing Alloys. In: **Tribology International**. V. 259, p. 52 – 61, 2005.

CORRÊA, E.O.; ALCÂNTARA, N.G.; TECCO, D.G.; KUMMAR, R.V. Desenvolvimento De Uma Liga Ferrosa Para A Solda De Revestimento Duro Reforçada Com Carbonetos Complexos; **IV Congresso Nacional De Engenharia Mecânica**. 22 a 25 de Agosto. Recife-PE.2006.

GROETELAARS, P. J. “**Influência da Variação de Parâmetros de Soldagem sobre a Transferência Metálica e Perfil do Cordão no Processo MIG/MAG Duplo-Arame**”. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2005.

LIMA, Aldemir C. **Estudo da aplicação de revestimento duro por soldagem com arames tubulares quanto à resistência ao desgaste de facas picadoras de cana-de-açúcar**. Tese de doutorado, universidade federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, Brasil.232 p.2008.

LINS, C.; SAAVEDRA, R. **Sustentabilidade Corporativa No Setor Sucroalcooleiro Brasileiro**. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, Rio de Janeiro - RJ – Brasil. Agosto 2007.

MOTTA, M. F.; DUTRA, J. C.: **Efeitos das Variáveis do Processo MIG/MAG Duplo Arame com Potenciais Isolados nas Características Geométricas do Cordão de Solda**. Soldagem & Inspeção, Vol. 10, Nº. 01, Jan/Mar 2005.

SCANDELLA, F.; SCANDELLA, R. Development of Hardfacing Material in Fe-Cr-Nb-C System for Use under Highly Abrasive Conditions. Materials Science and Technology. United/Kings, v. 20, p93-104, January 2004.

SCOTTI, A., PONOMAREV, V.; Soldagem MIG/MAG, Livro, ArtLiber, 2008.

ÚNICA. União da indústria de cana de açúcar, www.unica.com.br. Acesso em 17 de dezembro de 2013.