CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL DE REVESTIMENTOS SOLDADOS SOBRE AÇO INOXIDÁVEL MARTENSÍTICO ASTM A743 - CA6NM

Bruna Borakouski (BIC/Fundação Araucária/UEPG), Marcio Ferreira Hupalo (Orientador), e-mail: mfhupalo@gmail.com

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Engenharia de Materiais

Engenharia de Materiais e Metalúrgica. Metalurgia Física; Transformações de fase.

Palavras-chave: aço inoxidável martensítico macio, metalurgia da soldagem, revestimentos.

Resumo

O aço inoxidável ASTM A743-CA6NM se destaca pela aplicação em componentes de turbinas hidráulicas devido à combinação de soldabilidade e resistência ao desgaste por cavitação. A deposição de revestimentos resistentes à cavitação em pás de turbinas é uma consagrada rota de aumento da vida útil desses componentes. O propósito deste trabalho é avaliar a microestrutura de amostras do aço CA6NM submetidas a processos de deposição de revestimentos comerciais, mais precisamente o Cavitec (liga inoxidável com adições de cobalto) e a liga à base de níquel Inconel 625. Serão avaliados aspectos como a influência dos parâmetros de deposição nas microestruturas e nas características da interface entre revestimento e metal base. Espera-se que este projeto contribua para o entendimento dos fenômenos metalúrgicos envolvidos na obtenção de revestimentos aplicados por soldagem no aço inoxidável martensítico CA6NM.

Introdução

No setor de geração de energia elétrica, as turbinas e seus componentes estão sujeitos a solicitações mecânicas e tribológicas causadoras de falhas de trincas por fadiga em regiões concentradoras de tensão, cujo principal mecanismo é a cavitação. O elevado custo destes componentes faz com que sua substituição, na maior parte das vezes, seja economicamente inviável. [1]

Nesse cenário, os aços inoxidáveis martensíticos da classe ASTM A743 CA6NM vem sendo amplamente utilizados em componentes de turbinas hidráulicas, devido à sua boa soldabilidade e resistência à cavitação satisfatória, mas ainda possui restrições com relação à soldagem em regiões desgastadas por erosão ou que apresentem trincas. [2,3]

A melhoria do desempenho em desgaste de componentes fabricados em aço CA6NM é obtida pela deposição de revestimentos. Estudos mostram que os revestimentos à base de cobalto e níquel apresentam uma menor taxa de perda de massa. Destaque deve ser dado para os revestimentos à base de cobalto, como o Cavitec, pela sua baixa energia de defeito de empilhamento (EDE), que facilita a transformação de fase induzida por tensão e aumentando o coeficiente de endurecimento por deformação, e para a liga à base de níquel, o Inconel 625, de microestrutura austenítica. [4]

A busca por tecnologias ou materiais que permitam um maior tempo de vida útil dos equipamentos sujeitos ao processo de cavitação é objetivo estratégico para o setor

energético. Esse trabalho tem como intuito de se aprimorar o desempenho em desgaste de componentes de turbinas hidráulicas.

Materiais e Métodos

Os corpos de prova utilizados são constituídos de aço inoxidável martensítico da classe ASTM A-743 CA6NM, sendo esse aço obtido por processo de fundição. Como revestimentos utilizou-se dois aços inoxidáveis na forma de arame tubular, sendo um com base Níquel-Cobalto (Cavitec) e outro com base Níquel-Cromo (Inconel 625).

O processo de soldagem utilizado na deposição do revestimento foi a soldagem MIG (Metal Inert Gás), sendo realizados cordões com aproximadamente 10 mm de largura, resultando em 7 cordões por passe e 3 passes sobrepostos. As amostras foram pré-aquecidas a uma temperatura de 150°C em um forno Mufla. A Figura 1 ilustra um esquema de como realizaram-se os cordões de solda nas superfícies das amostras.



Figura 1 - Soldagem do revestimento sobre o metal base.

Na sequência os corpos de prova passaram pelo processo de revenimento, sendo aquecidos, em um forno do tipo Mufla marca Jung modelo LF2314, até temperaturas de 590 °C, permanecendo por cerca de 2 horas sob essa temperatura e, por fim, foram submetidos a resfriamento ao ar.

Para a preparação metalográfica realizou-se o lixamento das amostras, utilizando lixas d'água com granulometrias variadas entre 80 mesh a 1500 mesh. Após o processo de lixamento, realizou-se o polimento das amostras com pasta diamantada com granulometria de 1µm. Para revelar a microestrutura das amostras foram utilizados reagentes metalográficos, que foram testados quanto à eficiência em revelar detalhes da microestrutura das ligas, sendo que os reagentes utilizados foram Vilella (100 ml de etanol, 5 ml de HCl e 1 g de ácido pícrico), Behara (20 ml HCl, 80 ml H2O e 1 g de metabissulfito de potássio) e V2A-Beize modificado (100 ml de HCl, 10 ml HNO3 e 100 ml H2O).

Realizou-se medidas de dureza em equipamento de testes de dureza Vickers da marca Leica, modelo VMHT MOT, o qual tinha por objetivo determinar um perfil de durezas das amostras ao longo da ZTA (zona termicamente afetada). Foram efetuadas medidas nas amostras antes do processo de revenimento e após o processo. Como padrão, durante a execução das medidas, utilizou-se uma carga de 300 gf com tempo de impressão de 15 segundos.

Resultados e Discussão

Na Figura 2 tem-se uma macrografia do aço CA6NM com o revestimento Cavitec, e algumas micrografias. Em (1) é apresentada uma micrografia apenas da liga Cavitec, é possível notar o alinhamento dos grãos com a direção de soldagem devido aos ciclos térmicos durante o processo de soldagem. Em (2) tem-se a interface onde os grãos presentes possuem um formato colunar que se estendem da interface da linha de fusão, essa é caraterizada como zona fundida, onde os grãos têm como direção preferencial a extração de calor. Em (3) é apresenta a

microestrutura do aço CA6NM, como já dito, a microestrutura do material é martensítica, nota-se diversos pacotes de ripas de martensita que estão dispersos ao longo de toda a microestrutura.

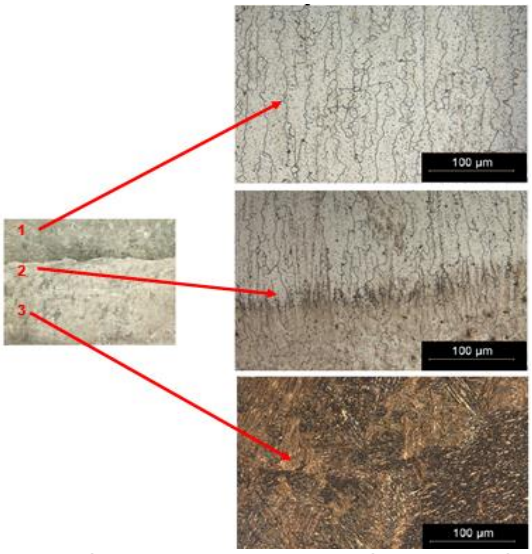


Figura 2 – Macrografia da amostra de CA6NM com o revestimento Cavitec e micrografia mostrando suas regiões.

A Figura 3 representa uma macrografia do aço CA6NM com o revestimento Inconel 625, é possível visualizar em (1) o revestimento, (2) a zona mista e em (3) o metal base. O ataque foi realizado com o V2A-Beize modificado, entretanto, como é possível visualizar na macrografia e também na micrografia ainda não foi possível revelar a microestrutura da superliga de níquel.

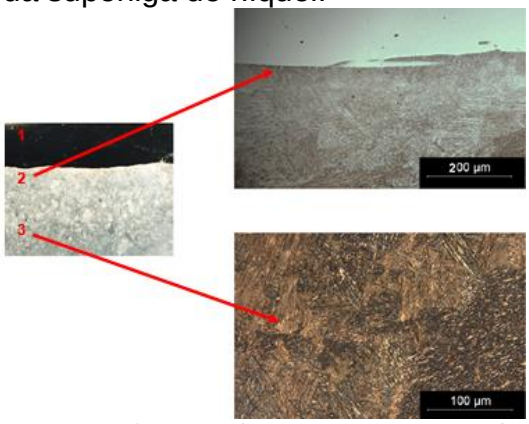


Figura 3 - Interface aço inox CA6NM e Inconel 625.

A Figura 4 apresenta gráficos para os perfis de dureza das amostras de Cavitec em estado não revenida (a), e revenida (b). A região do CA6NM é compreendida na parte inferior de ambos os gráficos, onde percebe-se valores entre 330 a 420 HV para o gráfico (a) e valores entre 360 a 420 HV para o gráico (b). Já a parte superior de ambos os gráficos corresponde ao revestimento Cavitec, neste caso os valores de dureza variam entre 420 a 540 HV para o gráfico (a) e 390 e 480 HV para o gráfico (b) . Após o revenimento tem-se um alivio das tensões que foram impostas durante a soldagem, assim a microestrutura se torna mais homogênea quando comparada a não revenida, desta forma, os valores de dureza tendem a diminuir.

A Figura 5 apresenta gráficos para os perfis de dureza realizados nas amostras com o revestimento Inconel 625 na condição não revenida (a) e revenida (b). A variação de valores para o CA6NM é de 330 a 420 HV (a), similar a amostra com o Cavitec. Para o Inconel 625 há uma grande variação nos valores, principalmente próximo a linha de solda, onde o material sofreu maiores variações térmicas, onde os valores

ISSN 1676-0093

estão entre 450 a 600 HV para a amostra não revenida (a). Para a amostra revenida (b), percebe-se que ocorreu uma diminuição significativa nos valores de dureza para o Inconel 625, onde os valores não ultrapassaram 480 HV.

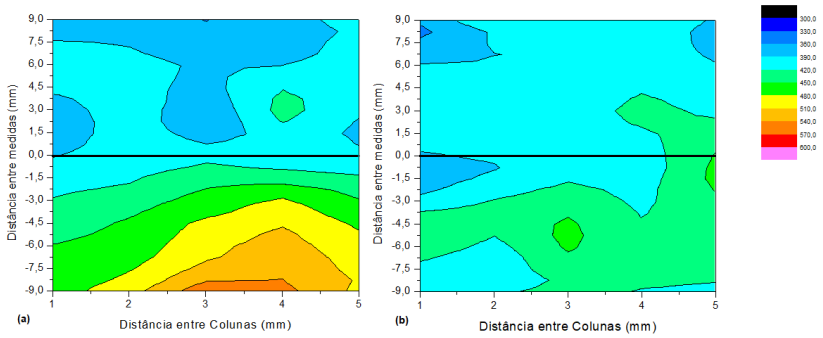


Figura 4 - Gráficos de perfis de dureza para amostra com Cavitec não revenida (a) e revenida (b).

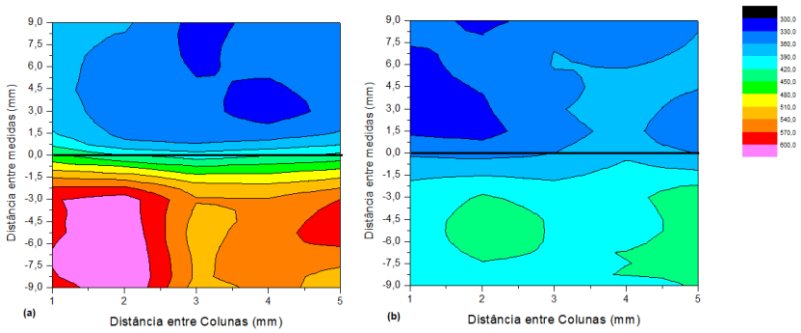


Figura 5 - Gráficos de perfis de dureza para amostra com Inconel 625 não revenida (a) e revenida (b).

Conclusões

Quanto a microestrutura das amostras, foi possível estudar com clareza a interface entre o CA6NM e o Cavitec, analisando a zona fundida. Sendo que para a liga Cavitec a microestrutura apresentou grãos alongados além da zona fundida. Já para o CA6NM foram identificados alguns pites de corrosão, carbetos nos contornos de grão, e ainda, os pacotes de ripas de martensita. Para os perfis de dureza, é possível analisar que o aço inoxidável CA6NM obteve os maiores valores de dureza.

Agradecimentos

Agradeço à Fundação Araucária pela bolsa de Iniciação Científica. Ao Prof. Doutor Marcio Ferreira Hupalo, orientador da pesquisa. Ao Prof. Mestre Henrique Ajuz Holzmann pelo apoio.

Referências

1 KRUPPA, R. G.; PUKASIEWICZ, A. G. M.; KOVALESKI, J. L.; LUZ, A. A. A influência do aporte térmico na metalurgia de soldagem de revestimentos de aço inoxidável com cobalto. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 3, n. 2, p. 1-9, 2011.

2 ESPITIA, L. A.; VARELA, L., PINEDO, C. E., TSCHIPTSCHIN, A. P. **Cavitation erosion resistance of low temperature plasma nitrided martensitic stainless steel.** Wear, v. 301, n.1-2, p. 449-456, 2013.

3 MIRAKHORLI, F. et al. Phase structures and morphologies of tempered CA6NM stainless steel welded by hybrid laser-arc process. **Materials Characterization**, v. 123, p. 264–274, 2017.

4 LIPPOLD, J. C.; KOTECKI, D. J. **Welding metallurgy and weldability of stainless steels**. Hoboken: Wiley-interscience, 2005.