14º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2023

Análise de Microdureza em Revestimentos de Solda com Nióbio e Manganês para Resistência ao Desgaste em Componentes Industriais

MARCOS A. BORGES[1], ROBERTO R. MENDONÇA[2]

[1]Graduando em Engenharia Aeronáutica, IFSP, Câmpus São Carlos, alves.borges@aluno.ifsp.edu.br.

[2]Professor, Pesquisador e Consultor - IFSP, Câmpus São Carlos, rr.mendonca@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.03.00.00-2 Engenharia de Materiais e Metalúrgica

RESUMO: Este estudo aborda a demanda da indústria de açúcar, álcool e mineração por materiais resistentes ao desgaste, com foco na utilização de revestimentos de solda para prolongar a vida útil de componentes industriais. O objetivo principal é avaliar a microdureza de revestimentos duros de solda contendo nióbio (Nb) e manganês (Mn) depositados em aço de baixo carbono. Foram selecionados corpos de prova com diferentes composições químicas e realizados ensaios de microdureza Vickers para investigar a relação entre os elementos presentes nos revestimentos e a resistência ao desgaste. Os resultados sugerem que, apesar da associação com alta dureza, o nióbio, nas condições deste estudo em específico, apresentou-se ser menos eficaz do que o manganês na melhoria da resistência ao desgaste, uma vez que sua profundidade de dureza foi mais baixa do que o manganês, onde variações nas densidades e composições químicas podem também ter correlação e influência. O estudo contribui para o avanço da pesquisa e inovação tecnológica e destaca a importância de análises químicas mais detalhadas em trabalhos futuros para compreender completamente o impacto dos elementos na resistência ao
desgaste.

PALAVRAS-CHAVE: Resistência ao desgaste; Revestimentos de solda; Nióbio e manganês; Componentes industriais; Microdureza Vickers.

Microhardness Analysis of Welding Coatings with Niobium and Manganese for Wear Resistance in Industrial Components

ABSTRACT: This study addresses the demand in the sugar, alcohol, and mining industries for wear-resistant materials, with a focus on the utilization of welding coatings to extend the lifespan of industrial components. The primary objective is to evaluate the microhardness of hard welding coatings containing niobium (Nb) and manganese (Mn) deposited onto low-carbon steel. Test specimens with different chemical compositions were selected, and Vickers microhardness tests were conducted to investigate the relationship between the elements present in the coatings and wear resistance. The findings suggest that, despite its association with high hardness, niobium, under the specific conditions of this study, proved to be less effective than manganese in improving wear resistance. This is attributed to its lower hardness depth compared to manganese, where variations in densities and chemical compositions may also have correlations and influence. The study contributes to the advancement of research and technological innovation, highlighting the significance of more

detailed chemical analyses in future work to fully comprehend the impact of elements on wear resistance.

KEYWORDS: Wear resistance; Welding coatings; Niobium and manganese; Industrial components; Vickers microhardness.

INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é atender uma demanda constante da indústria de açúcar e álcool, sabendo que, nas últimas décadas houve recordes em sua produção (Stolf et al., 2020), além de pesquisas que buscam identificar novos processos para expandir a produção de etanol (Hernandes et al., 2021), atendendo também a demanda presente na industria da mineração por materiais com maior resistência ao desgaste abrasivo, tendo em vista que está é uma das principais propriedades mecânicas demandadas por essas indústrias (Lima; Ferraresi, 2009), mantendo ainda sim considerável tenacidade. Durante o uso em campo, diversos componentes podem quebrar e, para evitar paradas de produção, é utilizada a chamada soldagem de manutenção, em que o material é preenchido com depósito de solda para que continue a trabalhar, aguardando a troca ou até mesmo prolongando a vida útil dele. Contudo, esse depósito realizado precisa ter características semelhantes e, preferencialmente, melhores do que o anterior. Assim, estudou-se a microdureza de um aço baixo carbono a partir da aplicação de diferentes revestimentos depositados via soldagem por arames tubulares. Os resultados mostraram que, apesar de ser conhecido por aumentar fortemente a dureza dos aços, o Si não foi tão eficiente quanto a combinação de outros elementos, no caso o Cr e Mn.

MATERIAL E MÉTODOS

O Aço comercial escolhido foi o AISI A36 por conta da utilização frequente do material em testes do mesmo tipo. Os consumíveis para revestimento duro escolhidos como corpo de prova foram selecionados e separados de acordo com sua composição química, fornecida previamente e posteriormente testada via Espectrometria por Dispersão de Raios-X (EDX) no equipamento da Shimadzu de modelo Europe EDX-7200. Os corpos de prova foram de denominados por CP01, CP02 e CP03, respectivamente (tabela 1).

Corpo de Prova	Si	Cr	Nb	Mn	V
CP01	1,4	17,2	2,9	-	0,6
CP02	0,7	17,0	-	-	-
CP03	3,7	5,6	-	1,2	-

Figura 1: Composição química dos corpos de prova, utilizados no projeto.

De início, foram executadas pesquisas para maior compreensão do assunto, do processo de testagem e análise dos corpos de prova e das características do material a ser trabalhado, consultando artigos produzidos e publicados que trazem conhecimentos como base de raciocínio diante o comportamento dos materiais que foram experimentados, assim como foram utilizados materiais didáticos, estabelecendo conexão entre o conhecimento básico do comportamento de materiais metálicos e as novas informações geradas e descobertas durante a pesquisa.

Os poucos trabalhos que associam elevados teores de Nb com processos de soldagem mostraram resultados otimistas. Leite e Marques (2009) fizeram um comparativo da resistência ao desgaste abrasivo em revestimento com três ligas metálicas diferentes, sendo: Fe-Cr-C, Fe-Cr-C com adições de B e Nb e, Fe-Cr-C com Nb. Foi observado que as ligas que continham a presença de Nb apresentaram resultados superiores àquela que continha apenas Cr. Crespo et al (2016) mostraram que

adições acima de 4% de Nb na deposição de revestimentos duros realizados pela soldagem FCAW resultou em um refino da microestrutura e a formação de carbonetos NbC muito duros, sem aumentar a dureza média das amostras. A dureza também é fator chave pois, no geral, está diretamente relacionada à melhora do desgaste. Singla (2017), Osorio (2019) e outros pesquisadores também observaram melhores resultados com adição de Nb em recobrimentos soldados.

Com este estudo aprofundado, iniciou-se a preparação dos corpos de prova para ensaio de microdureza Vickers: As amostras soldadas foram lixadas com lixas de granulometria 80, 220, 400 e 600 mesh. Após a etapa de lixamento, as amostras estavam prontas para seguirem à etapa de realização do ensaio. Executou-se o ensaio de Microdureza Vickers em todos os corpos de prova. O equipamento utilizado foi um Digital Micro Hardness Tester, fabricado pela Time Group Inc., modelo MHV-2000. A força utilizada para o ensaio foi de 9,8N, na região de depósito do revestimento, com tempo de 60s de indentação em cada ponto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos podem ser observados na Figura.1 e Figura.2. A partir da conciliação dos resultados, pode-se associar os valores de microdureza encontrados nos testes com a composição química do material. Uma análise metalográfica também colabora, mas não entra no escopo deste trabalho. Apesar de haver uma grande associação entre o Nb e uma alta dureza, os resultados sugerem que outros elementos podem fazer mais efeito nesse sentido. Tanto a média quanto a profundidade do resultado de microdureza obtido mostram que a amostra contendo Mn apresentou melhores resultados do que a que continha Nb.

Profundidade (mm)	CP01 (microdureza)	CP02 (microdureza)	CP03 (microdureza)
0	749,2	720,0	749,2
0,25	671,2	689,1	764,5
0,5	850,7	764,5	811,2
0,75	824,0	727,1	837,2
1	871,6	690,8	839,5
2	704,3	714,7	798,6
3	631,5	798,6	853,0
4	679,2	751,1	716,6
Média Final (Microdureza)	747,7	732,0	796,225

Figura 2: Resultado da microdureza superficial

Outro fator a ser observado e que pode ter contribuído para um pior rendimento da amostra contendo Nb é a quantidade de C presente na composição do material. Uma vez que o Nb é fortemente ligado ao C para a formação de carbonetos duros, essa pode ser uma influência considerável. Contudo, a análise química realizada não permite a obtenção de um resultado confiável de C. Assim, sugere-se, para trabalhos futuros, uma análise mais detalhada da composição química.

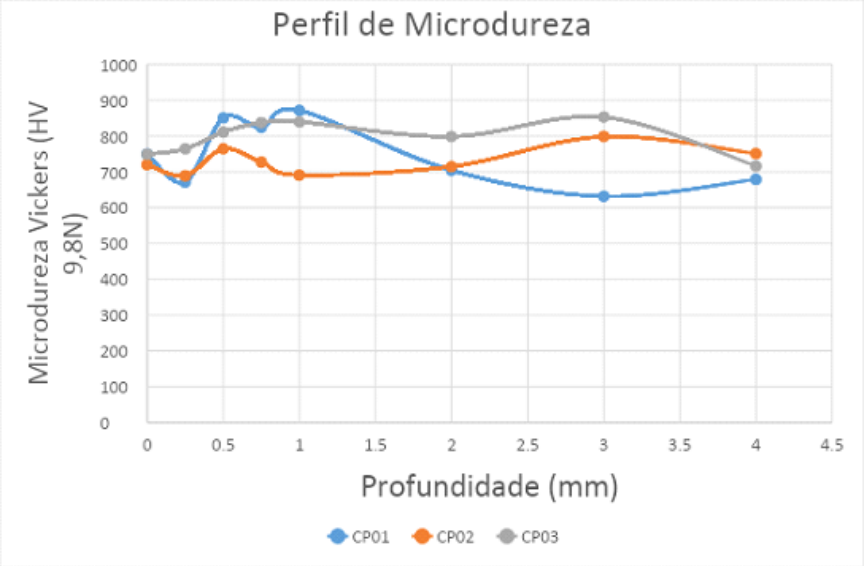

Figura 3: perfil de Microdureza.

CONCLUSÕES

Este estudo abordou a demanda por materiais resistentes ao desgaste em setores industriais específicos, como açúcar, álcool e mineração. Ao avaliar a microdureza de revestimentos de solda contendo nióbio e manganês em aço de baixo carbono, identificamos que, nas condições estudadas, o manganês demonstrou ser mais eficaz na melhoria da resistência ao desgaste do que o nióbio. Esses resultados ressaltam a importância de análises químicas detalhadas em pesquisas futuras para compreender completamente o papel desses elementos na resistência ao desgaste de componentes industriais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto IFSP - São Carlos por fornecer o ambiente e recursos essenciais para a realização deste estudo. Sua contribuição foi fundamental para o avanço da pesquisa e inovação, possibilitando abordar a demanda por materiais resistentes ao desgaste na indústria

REFERÊNCIAS

STOLF, R. et al. **The success of the brazilian alcohol program (PROÁLCOOL) - a decade-by-decade brief history of ethanol in Brazil.** Engenharia Agrícola, v. 40, n. 2, p. 243–248, 1 abr. 2020.

HERNANDES, T. A. D. et al. **Identifying suitable areas for expanding sugarcane ethanol production in Brazil under conservation of environmentally relevant habitats.** Journal of Cleaner Production, p. 125318, dez. 2020.

INSP, S.; SÃO PAULO. **Análise da Microestrutura e da Resistência ao Desgaste de Revestimento Duro Utilizado pela Indústria Sucroalcooleira (Analysis of Microstructure and Wear Strength of Hardfacing used by the Sugar and Alcohol Industry).** v. 14, n. 2, p. 140–150, [s.d.].

SOUZA, D. D. B. G. DE; FERRARESI, V. A. **Aplicação de revestimento duro utilizando o processo FCAW duplo arame para diferentes tipos de consumíveis utilizados na indústria sucroalcooleira.** Matéria (Rio de Janeiro), v. 22, n. 1, 2017.

CRUZ-CRESPO, A. et al. **Microstructure and Abrasion Resistance of Fe-Cr-C and Fe-Cr-C-Nb Hardfacing Alloys Deposited by S-FCAW and Cold Solid Wires.** Soldagem & Inspeção, v. 21, n. 3, p. 342–353, set. 2016.

SINGLA, D. R. et al. **Psychological Treatments for the World: Lessons from Low- and Middle-Income Countries.** Annual Review of Clinical Psychology, v. 13, n. 1, p. 149–181, 8 maio 2017.

LIMA OSÓRIO, F. et al. **Clinical validity and intrarater and test‐retest reliability of the Structured Clinical Interview for DSM‐5 Disorders‐Clinician Version (SCID‐5‐CV).** Psychiatry and Clinical Neurosciences, v. 73, n. 12, 6 set. 2019.