

COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO DE REVESTIMENTOS TERMOASPERGIDOS SUBMETIDOS A ENSAIOS DE DESGASTE ADESIVO

G. F. Marangoni⁽¹⁾; A.B.C. Arnt⁽²⁾; M. R. da Rocha.⁽³⁾
Av. Universitária, 1105 – Bairro Universitário – 88806-000 – Criciúma SC
gui-ferrari@hotmail.com

¹ Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC/UNACET,
Eng.^a de Materiais (IC)

^{2,3} Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC/UNACET,
Eng.^a de Materiais (Dr)

RESUMO

Nesse trabalho foram avaliadas as alterações microestruturais e a resistência ao desgaste adesivo em revestimentos obtidos a partir de pós termicamente aspergidos pela técnica high velocity oxy-fuel (HVOF). Revestimentos a base de cromo-níquel e tungstênio-cobalto são aplicados em condições sujeitas a intenso desgaste, de natureza abrasiva. Com o objetivo de avaliar o desempenho desses revestimentos em condições de desgaste adesivo, foram ensaiadas amostras desses revestimentos pela norma ASTM G99. Como parâmetros de ensaio foram utilizados: pino de metal duro (SAE 52100) com diâmetro de 6 mm, carga normal de 50N e velocidade tangencial de 0,5m/s. As superfícies desgastadas dos revestimentos foram caracterizadas por microscopia óptica e eletrônica de varredura e por difração de raios X. Os resultados indicam que o desempenho frente ao desgaste está relacionado com as condições de aderência e homogeneidade do revestimento aplicado.

Palavras chave: Revestimentos, desgaste adesivo, desempenho.

INTRODUÇÃO

Cresce cada vez mais a demanda por equipamento com alto desempenho em serviço. A utilização de revestimentos termo-aspergidos tem se tornado uma estratégia eficiente, presente principalmente nas indústrias aeroespaciais, automotivas e petroquímicas, para a proteção de peças e/ou equipamentos sujeitos a mecanismos de degradação/desgaste. Esses revestimentos são formados por ligas cujos componentes podem ser utilizados em situações específicas, dentro de

um estudo tribológico, para minimizar e /ou prevenir mecanismos de desgaste do tipo adesivo, erosivo, abrasivo e corrosivo.

A técnica de aspersão por *high velocity oxy-fuel* (HVOF) caracteriza-se pela deposição de pó, na forma atomizada, com alta velocidade de aceleração devido ao meio constituído de gases, que quando projetados contra um substrato, formam revestimentos com baixa porosidade e homogeneidade estrutural. Revestimentos a base de carbetos, são utilizados como superfícies resistentes a esforços repetidos e contínuos de desgaste em altas temperaturas e em temperatura ambiente. ^(1,2,3,4,5)

Algumas propriedades, desses revestimentos, estão relacionadas principalmente à alta dureza e ao baixo coeficiente de fricção, fatores importantes no estudo da resistência ao desgaste. ⁽⁶⁾

O processo de desgaste adesivo é iniciado pela junção interfacial adesiva que se forma quando materiais sólidos estão em contato em escala atômica, levando a uma perda funcional, que em caso de equipamentos em serviço, pode acarretar custos apreciáveis quanto a substituições e reparos. ^(7,8,9)

Nesse estudo será avaliada, de maneira comparativa, o desempenho de revestimentos a base de carbetos de cromo (níquel-cromo) e carbetos de tungstênio (Tungstênio-cobalto) submetidos a ensaios de desgaste do tipo adesivo.

METODOLOGIA

Neste trabalho foram utilizados pós a base de $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-25(80Ni20Cr)}$, CrC30NiCr e WC-17Co , com tamanho médio de partícula de 45 μm . Foram depositados com a utilização da técnica de HVOF, em substrato de AISI 1020 ($\text{Ø}50 \text{ mm} \times 7 \text{ mm}$). Para a obtenção dos revestimentos foi aplicado taxa de deposição de 6g/min, pressão de O_2 de 14,5kg/mm² e de querosene de 12kg/mm². Os revestimentos foram obtidos com espessura média de 7,8 μm (*Instrutherm*, modelo ME240). Para a avaliação do desgaste adesivo, as amostras revestidas foram testadas em um tribômetro, tipo pino-sobre-disco. (ASTM G99). Primeiramente as amostras foram limpas (*Ultracleaner* - modelo 1400 A), secas e posteriormente pesadas (*Libra Denver Instrument Company* - APX modelo 200) para a determinação da massa inicial. A rugosidade da superfície dos revestimentos foi determinada por um perfilômetro (*Mitutoyo*, modelo SJ-301), em Ra. Para os ensaios de desgaste adesivo foram utilizados pinos de aço SAE 52100, com dureza de 1400 HV, nas dimensões de $\text{Ø} 6 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$. Os parâmetros de ensaio foram ajustados em: velocidade tangencial

de 0,5 m/s, força normal de 50N e temperatura ambiente. O ensaio determinou nos revestimentos uma pista, após percurso de 900m. As superfícies após os ensaios de desgastes foram limpas, secadas e pesadas, com medidas de rugosidade superficial. Conjuntamente com a avaliação do desempenho frente ao ensaio de desgaste adesivo as superfícies foram avaliadas por microscopia eletrônica de varredura (Zeiss modelo MA10), microscopia ótica (*Olympus, modelo BX41 M-led*) e por difração de raios X(Shimadzu, model XRD-6000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os revestimentos ensaiados foram primeiramente comparados quanto ao desempenho em relação ao ensaio de desgaste adesivo. A superfície ensaiada com revestimento de $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-25(80Ni20Cr)}$ apresentou desempenho superior numa escala de 10 vezes maior quando comparado ao desempenho do revestimento de CrC30NiCr . Nesse caso os valores de dureza superficial dos revestimentos foram de 1050 HV e de 900 HV, respectivamente. O número maior de carbonetos e do percentual de níquel, minimizou a formação de fragmentos (debris) resultantes do desgaste, fator esse que está associado aos valores de dureza superficial. A rugosidade dos revestimentos ensaiados foi de $5.56 \pm 0.32\mu\text{m}$ e $5.74 \pm 0.07\mu\text{m}$, respectivamente.

Ao comparar-se o melhor desempenho, em relação à resistência ao desgaste adesivo, do revestimento à base de carbetos de cromo-níquel, com o revestimento a base de carbetos de tungstênio-cobalto (WC-17Co), foram obtidos valores na mesma ordem de grandeza. O revestimento de $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-25(80Ni20Cr)}$ apresentou perda de massa correspondente a 1,3 mg e o revestimento de WC-17Co de 2,0 mg, para valores de dureza de 1050 HV e 1100HV. A rugosidade apresentada do revestimento WC-17Co foi de $3,80 \pm 0.52\mu\text{m}$. Mesmo apresentando dureza superior, o revestimento de WC-17Co , teve um desempenho equivalente a 65% menor quando comparado ao revestimento à base de $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-25(80Ni20Cr)}$. Quando é analisado o aspecto da superfície aspergida pode-se avaliar melhor esse comportamento.

Na Figura 1 estão apresentadas as superfícies após ensaio de desgaste.

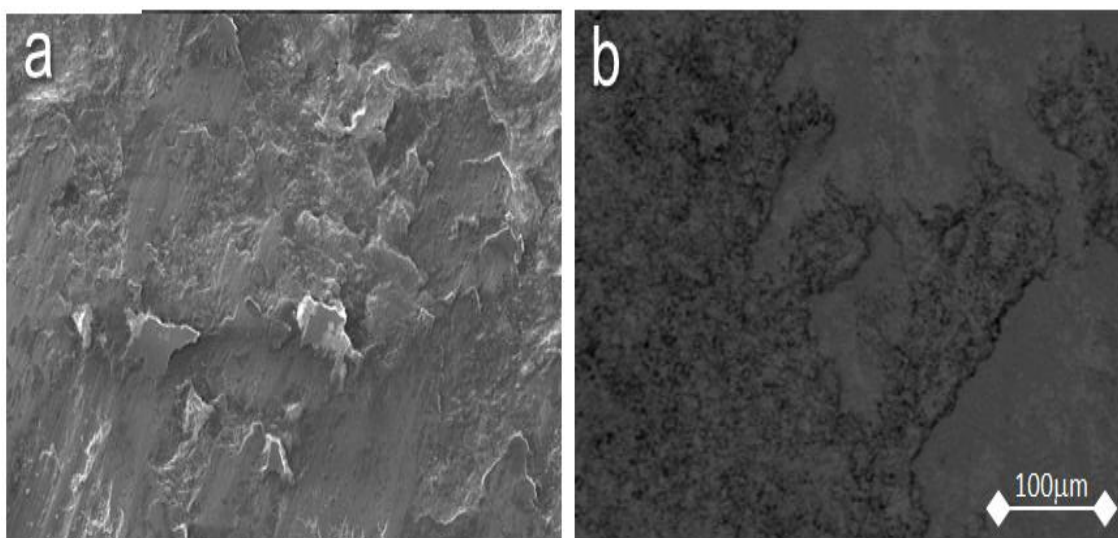


Figura 1 – Representação das superfícies desgastadas a base de (a) $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-}25(80\text{Ni}20\text{Cr})$ e (b) $\text{WC-}17\text{Co}$, após o ensaio de desgaste.

Na Figura 1a, pode ser observado que a superfície desgastada apresentou aspecto mais homogêneo, quanto às marcas resultantes do movimento do pino de aço SAE 52100, o que resultou em melhor desempenho quanto à resistência ao desgaste.

Na Figura 1b é observada uma superfície mais heterogênea, com arrancamento de parte do revestimento, fator esse que contribuiu com o menor desempenho do revestimento de $\text{WC-}17\text{Co}$. Como as durezas superficiais são próximas, não podem ser associadas diretamente ao desempenho dos revestimentos quanto a sua eficiência.

A análise das superfícies desgastadas consistiu principalmente de uma mistura de óxidos, em particular de óxido de cromo (Cr_3C_2 e Cr_7C_3) nas amostras revestidas com $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-}25(80\text{Ni}20\text{Cr})$ e $\text{CrC}30\text{NiCr}$. Para as amostras revestidas com $\text{WC-}17\text{Co}$, além destes, foi observado também a presença de WC. Essa análise está representada na Figura 2.

A maior dureza do revestimento de $\text{WC-}17\text{Co}$ na estrutura da camada aspergida pode ter contribuído para a menor aderência. Como pode ser observado no difratograma, não há a presença significativa da fase cobalto, o que atuaria como agente de coesão entre os componentes da liga. Isto pode ser confirmada pela menor homogeneidade verificada nesta camada, quando comparada à superfície desgastada.

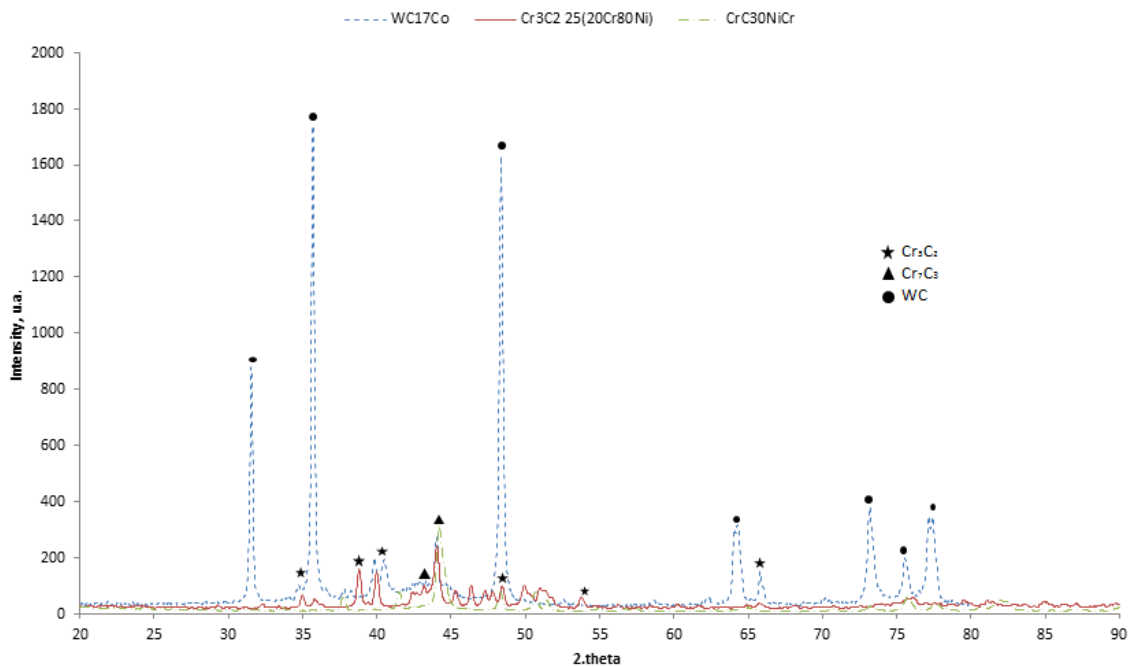


Figura 02 – Difratoograma das camadas aspergidas.

CONCLUSÕES

Os revestimentos à base de $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-}25(80\text{Ni}20\text{Cr})$ e $\text{WC-}17\text{Co}$ apresentaram comportamentos semelhantes quanto ao desgaste adesivo com cargas de 50N. Com relação à superfície desgaste, os revestimentos aplicados resultaram em diferentes aspectos, que resultou em um desempenho 35% superior para a liga $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-}25(80\text{Ni}20\text{Cr})$, em relação ao $\text{WC-}17\text{Co}$. Isto foi atribuído principalmente à maior adesividade dos revestimentos à base de cromo-níquel, quando comparadas as de tungstênio-cobalto.

REFERÊNCIAS

- (1) B.Torres et al. *Wear behavior of thermal spray Al/SiCo coatings*. **Wear**, 268 (2010) 828-836.
- (2) I. Hulka et al. *Wear properties of CrC-37WC-18M coatings deposited by HVOF and HVAF spraying processes*. **Surface & Coatings Technology** 210 (2012) 15-20.

- (3) N. Espallargas et al. *Cr₃C₂- NiCr and WC-Ni thermal spray coatings as alternatives to hard chromium for erosion-corrosion resistance. **Surface & Coatings Technology** 202 (2008) 1405–1417.*
- (4) H. S. Sidhu; B.S. Sidhu; S. Prakash. *Wear characteristics of Cr₃C₂- NiCr and WC-Co coatings deposited by LPG fueled HVOF. **Tribology International** 43 (2010) 887-890.*
- (5) C.W. Lee, et al. *A study on powder mixing for high fracture toughness and wear resistance of WC–Co–Cr coatings sprayed by HVOF. **Surface & Coatings Technology** 204 (2010) 2223–2229.*
- (6) VOOWALD, H.J.C. et all. *Evolution of WC-17C0 and WC-10Co-10C04Cr thermal spray coatings by HVOF on the fatigue and corrosion strength of AISI 4340 steel. **Surface&Coatings Technology** 190(2005)155-164.*
- (7) SUN, Y.; BELL, T. *Dry sliding wear resistance of low temperature. **WEAR**, [s.l], n. 253, p.689-693, 12 June 2002.*
- (8) SUN, Y.; BELL, T. *Sliding wear characteristics of low temperature plasma nitrided. **WEAR**, [s.l], n. 218, p.34-42, 27 Mar. 1998.*
- (9) BHUSHAN, Bharat; GUPTA, B.k. **Handbook of Tribology: Materials, Coatings and surface treatments**. Florida: Krieger, 1997.

COMPARISON OF PERFORMANCE COATINGS TERMOASPERGIDOS SUBJECT TO TESTING ADHESIVE WEAR

ABSTRACT

In this work, the microstructural changes and wear resistance adhesive coatings obtained from powders thermally sprayed by *high velocity oxy-fuel (HVOF)* were evaluated. Based coatings chrome-nickel and tungsten-cobalt are applied in conditions subject to intense wear especially abrasive. With the aim of evaluate the performance of these coatings under conditions of adhesive wear, these coatings samples were tested by the standard ASTM G99. As test parameters were used: Tungsten carbide pin (SAE 52100) with 6 mm diameter, normal load of 50N and a tangential velocity of 0.5 m / s. The worn surfaces of the coatings were characterized by optical and scanning

electron microscopy and X-ray diffraction. Results indicate that the performance front wear is related to the conditions of adhesion and uniformity of the coating applied.

Key-words: coatings, adhesive wear, performance