CARACTERIZAÇÃO SUPERFICIAL DE REVESTIMENTOS COMERCIAIS E EXPERIMENTAIS DEPOSITADOS SOBRE SUBSTRATOS WC-CO POR MEV E EDS

Amanda Poliana Pereira Salles Thomassem[1], Theodoro Mendes Neto[2], Rafael Drumond Mancosu[3], Renato Francoso de Ávila[4]

[1]Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, Brasil (app.thomassem.2018@aluno.unila.edu.br)
[2]Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, Brasil
[3] Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, Brasil
[4]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Juiz de Fora, Brasil

Resumo: Revestimentos comerciais e experimentais depositados sobre substratos WC-Co foram caracterizados por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia por dispersão de energia (EDS). As análises revelaram diferenças morfológicas entre as amostras, destacando-se o TiAlN comercial. Os resultados de EDS confirmaram maior teor de alumínio no revestimento TiAlN-AA em relação ao TiAlN-BA e indicaram elevada contribuição do substrato no TiAlN comercial.

Palavras-chave: WC-Co; TiAlN; TiN; MEV; EDS.

INTRODUÇÃO

As ferramentas de corte à base de carboneto de tungstênio ligado por cobalto (WC-Co) são amplamente utilizadas em operações de usinagem devido à elevada dureza, resistência ao desgaste e estabilidade mecânica proporcionadas por esse material. Entretanto, as elevadas tensões mecânicas e temperaturas desenvolvidas durante o processo de corte favorecem mecanismos de desgaste que podem reduzir significativamente a vida útil da ferramenta. Nesse contexto, a utilização de revestimentos finos tem sido amplamente empregada para melhorar o desempenho tribológico e aumentar a resistência ao desgaste em aplicações de usinagem (DINIZ et al., 2018; MACHADO et al., 2015).

Entre os revestimentos mais utilizados destacam-se o nitreto de titânio (TiN) e o nitreto de titânio e alumínio (TiAlN). O TiN é amplamente empregado devido à sua elevada dureza, boa resistência ao desgaste e estabilidade química (DINIZ et al., 2018; MACHADO et al., 2015). Por sua vez, o TiAlN apresenta maior estabilidade térmica e resistência à oxidação em comparação ao TiN, tornando-se particularmente atrativo para aplicações envolvendo maiores velocidades de corte e temperaturas elevadas (LEYENDECKER et al., 1991). Estudos relatam ainda que alterações no teor de alumínio podem influenciar propriedades como dureza, resistência à oxidação e comportamento tribológico dos revestimentos TiAlN, despertando interesse na caracterização de diferentes composições desse sistema.

A caracterização superficial desses revestimentos constitui uma etapa importante para a compreensão de suas características morfológicas e químicas. Nesse sentido, a microscopia eletrônica de varredura (MEV) permite avaliar aspectos da morfologia superficial, enquanto a espectroscopia por dispersão de energia (EDS) possibilita identificar e comparar os principais elementos químicos presentes nas superfícies analisadas. Assim, o presente trabalho teve como objetivo comparar as características morfológicas superficiais e a composição química aparente de revestimentos comerciais e experimentais aplicados sobre substratos WC-Co por meio das técnicas de MEV e EDS.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisadas cinco amostras de ferramentas de corte à base de WC-Co, sendo uma amostra do substrato sem revestimento, duas amostras com revestimentos comerciais (TiN e TiAlN) e duas amostras com revestimentos experimentais de TiAlN, denominadas TiAlN-AA (alto teor de alumínio) e TiAlN-BA (baixo teor de alumínio).

A caracterização superficial foi realizada por microscopia eletrônica de varredura (MEV)

utilizando um equipamento Zeiss EVO MA10. Foram obtidas micrografias em ampliações de 100× e 1000×, com o objetivo de avaliar qualitativamente a morfologia e as características superficiais dos revestimentos.

A composição química aparente das superfícies foi avaliada por espectroscopia por dispersão de energia (EDS) acoplada ao microscópio eletrônico. Foram realizadas análises em duas regiões distintas de cada amostra, sendo posteriormente calculados os valores médios dos percentuais dos principais elementos detectados. Os resultados obtidos foram utilizados para comparar as características químicas dos revestimentos comerciais e experimentais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

a) Morfologia superficial

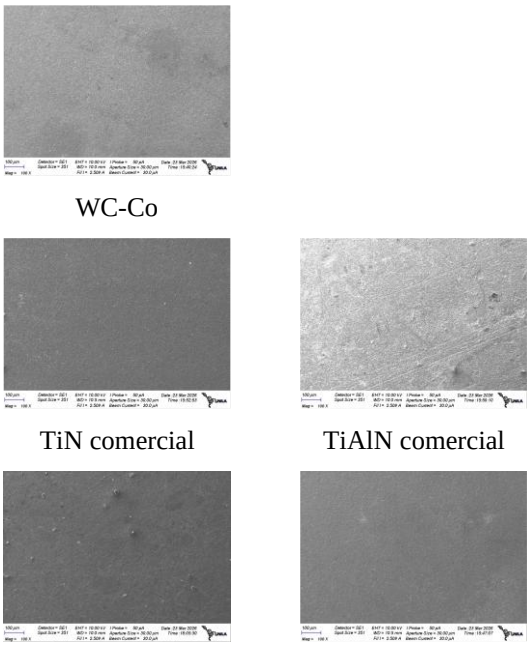


Figura 1. Comparação das cinco amostras em 100x.

A Figura 1 apresenta as micrografias obtidas por MEV em ampliação de 100× para as diferentes amostras analisadas. Em baixa ampliação, observou-se que os revestimentos TiN comercial, TiAlN-AA e TiAlN-BA apresentaram superfícies relativamente homogêneas, sem variações significativas de contraste ao longo das regiões analisadas. O substrato WC-Co também apresentou distribuição relativamente uniforme dos contrastes observados, característica associada à sua própria microestrutura.

Por outro lado, o revestimento TiAlN comercial apresentou comportamento distinto das demais amostras, exibindo regiões com diferentes níveis de contraste e aspecto superficial mais irregular. Essas diferenças sugerem uma morfologia superficial diferenciada quando comparada aos demais revestimentos avaliados. A distinção observada em baixa ampliação indica que as diferenças morfológicas não estão restritas a características localizadas, mas distribuem-se por áreas relativamente extensas da superfície analisada.

Para uma avaliação mais detalhada dessas características, foram analisadas micrografias obtidas em ampliação de 1000×, apresentadas na Figura 2.

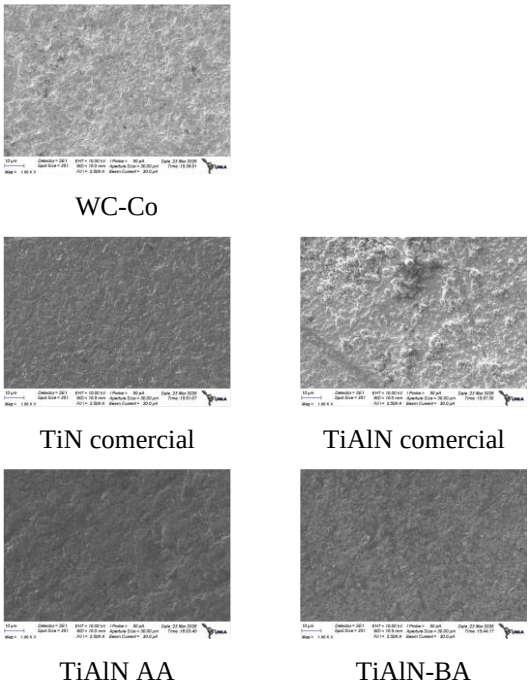


Figura 2. Comparação das cinco amostras em 1.000x.

As micrografias obtidas em ampliação de 1000× (Figura 2) permitiram uma avaliação mais detalhada das características superficiais dos revestimentos analisados. De modo geral, as amostras TiN comercial, TiAlN-AA e TiAlN-BA apresentaram superfícies relativamente homogêneas, sem a presença significativa de descontinuidades ou irregularidades superficiais de grande dimensão.

Em contraste, o revestimento TiAlN comercial apresentou morfologia superficial distinta das demais amostras, corroborando as observações realizadas em menor ampliação. Foram observadas partículas aproximadamente esféricas distribuídas sobre a superfície do revestimento, além de regiões com contraste diferenciado e relevo aparente mais

pronunciado. Essas características indicam uma condição superficial diferente daquela observada nos demais revestimentos analisados.

Os revestimentos experimentais TiAlN-AA e TiAlN-BA apresentaram características morfológicas semelhantes entre si, com boa uniformidade superficial e ausência das partículas observadas no revestimento TiAlN comercial. Tal comportamento sugere que as diferenças observadas estão associadas às características específicas de cada revestimento, evidenciando a importância da caracterização superficial para a comparação entre materiais comerciais e experimentais.

Além das diferenças morfológicas observadas por MEV, as amostras também apresentaram diferenças na composição química superficial obtida por EDS, cujos resultados médios são apresentados na Tabela 1.

b) Composição química superficial

Tabela 1. Composição química superficial.

Amostra	Al (%)	Ti (%)	N (%)	W (%)	C (%)	O (%)
WC-Co (substrato)	0,0	4,7	0,0	68,2	15,8	9,3
TiN comercial	0,0	56,4	40,5	2,0	0,2	1,1
TiAlN comercial	0,6	1,4	2,8	41,2	29,4	22,5
TiAlN-AA	**21,8**	28,2	0,0	2,6	16,2	12,6
TiAlN-BA	**10,4**	35,4	35,3	2,2	6,6	9,8

Os resultados médios obtidos por EDS para as diferentes amostras analisadas são apresentados na Tabela 1. Conforme esperado, o substrato WC-Co apresentou elevado teor de tungstênio, principal constituinte do material de base. Para o revestimento TiN comercial foram observados elevados teores de titânio e nitrogênio, compatíveis com a composição nominal desse revestimento.

Os revestimentos experimentais TiAlN-AA e TiAlN-BA apresentaram diferenças significativas em relação ao teor de alumínio. O revestimento TiAlN-AA apresentou teor médio de alumínio de 21,8%, enquanto o TiAlN-BA apresentou 10,4%, evidenciando a distinção entre os materiais produzidos com diferentes composições. Esses resultados estão de acordo com a classificação nominal dos revestimentos, indicando maior incorporação de alumínio na amostra TiAlN-AA.

O revestimento TiAlN comercial apresentou comportamento distinto das demais amostras analisadas. Observou-se elevado teor de tungstênio (41,2%) e baixos teores de titânio e alumínio, sugerindo significativa contribuição do substrato WC-Co para o sinal obtido por EDS. Esse comportamento pode estar associado à menor espessura efetiva do revestimento. Além disso, a diferença observada na composição química superficial é consistente com as particularidades morfológicas identificadas nas análises por MEV.

c) Comparação entre revestimentos comerciais e experimentais

A comparação entre os revestimentos comerciais e experimentais evidenciou diferenças tanto morfológicas quanto químicas entre as amostras analisadas. As micrografias obtidas por MEV mostraram que os revestimentos experimentais TiAlN-AA e TiAlN-BA apresentaram características superficiais semelhantes entre si, com boa uniformidade e ausência das irregularidades observadas no revestimento TiAlN comercial.

Os resultados de EDS corroboraram as observações obtidas por MEV, evidenciando diferenças composicionais entre os revestimentos. Em particular, o revestimento TiAlN-AA apresentou teor de alumínio superior ao observado para o TiAlN-BA, em concordância com a classificação nominal dessas amostras. Por outro lado, o revestimento TiAlN comercial apresentou elevado teor de tungstênio e baixos teores dos elementos constituintes do revestimento, indicando comportamento distinto dos demais materiais avaliados.

De modo geral, os resultados demonstraram que as técnicas de MEV e EDS permitiram diferenciar adequadamente os revestimentos comerciais e experimentais analisados, fornecendo informações complementares sobre suas características superficiais e composição química aparente.

CONCLUSÃO

As análises por MEV evidenciaram diferenças morfológicas entre os revestimentos analisados, destacando-se o revestimento TiAlN comercial, que apresentou superfície distinta das demais amostras tanto em baixa quanto em alta ampliação.

Os resultados de EDS confirmaram diferenças composicionais entre os revestimentos experimentais TiAlN-AA e TiAlN-BA, sendo observado maior teor médio de alumínio para o revestimento TiAlN-AA (21,8%) em comparação ao TiAlN-BA (10,4%), em concordância com a classificação nominal dessas amostras.

Os revestimentos TiN, TiAlN-AA e TiAlN-BA apresentaram baixos teores de tungstênio (aproximadamente 2%), indicando reduzida influência do substrato WC-Co na análise química superficial. Em contraste, o revestimento TiAlN comercial apresentou elevado teor de tungstênio (41,2%), acompanhado por baixos teores de titânio e alumínio, sugerindo significativa contribuição do substrato para o sinal obtido por EDS, possivelmente associada a diferenças de espessura do revestimento.

De modo geral, os resultados demonstraram que as técnicas de MEV e EDS permitiram diferenciar adequadamente os revestimentos comerciais e experimentais analisados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA) pela infraestrutura laboratorial e pelo suporte fornecido para a realização das análises experimentais.

REFERÊNCIAS

DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. Tecnologia da Usinagem dos Materiais. 9. ed. São Paulo: Artliber, 2018.

LEYENDECKER, T.; LEMMER, O.; SCHLYTER, A.; HOCKEN, J. The development of the PVD coating TiAlN as a commercial coating for cutting tools. Surface and Coatings Technology, v. 48, n. 1-3, p. 175–178, 1991.

MACHADO, A. R.; ABRÃO, A. M.; COELHO, R. T.; SILVA, M. B. Teoria da Usinagem dos Materiais. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2015.