

AVALIAÇÃO TRIBOLÓGICA DE MATERIAIS PARA FERRAMENTAS DE ALTO DESEMPENHO A BASE DE NIÓBIO

André Luis Piva Maran, Cristiano da Silva, Cesar Edil da Costa, Julio Cesar Giubilei Milan

INTRODUÇÃO

Para um material ser utilizado na confecção de ferramentas de corte ele deve possuir características como elevada dureza e alta tenacidade, propriedades que geralmente são antagônicas. Os metais duros são materiais constituídos de uma matriz dura de WC e um ligante, Co e apresentam uma boa relação de dureza, resistência mecânica e tenacidade. Mais da metade das ferramentas de corte utilizadas mundialmente são fabricadas em metal duro, seguidos dos aços rápidos, materiais cerâmicos e diamantados. Eles respondem por quase 90% do total de ferramentas nos principais processos de corte (Rizzo et al., 2020).

Devido a questões de mercado o preço do metal duro tem se elevado e, juntamente com a escassez de matéria prima, tem causado incertezas no fornecimento do material (Rizzo et al., 2020). Além disso, este material tem sido classificado como tóxico por entidades da União Europeia e dos Estados Unidos (Woydt et al., 2016).

Por estas razões tem sido buscadas alternativas aos metais duros e uma delas é o carbetto de nióbio, NbC, (Esteban e Gordo, 2006; Genga et al., 2018; Huang et al., 2018, Demattê, 2023).

O NbC possui baixa densidade ($7,81\text{g/cm}^3$), baixa solubilidade no cromo, cobalto e ferro, condição requerida para aplicação como material de ferramenta de corte. Propriedades como estas tendem a reduzir o desgaste afetando a vida útil das ferramentas de corte (Uhlmann et al., 2018; Uhlmann; Meier; Hinzmman, 2020). Além disso, o Brasil detém mais de 98% das reservas mundiais conhecidas de nióbio, o que o torna estratégico para o desenvolvimento do país.

Estudos com o emprego do nióbio, na forma de NbC substituindo o WC para o desenvolvimento de materiais para ferramentas de corte em tem aumentado nos últimos anos, cenário este que deve se manter a médio prazo (Demattê et al., 2023; Huang et al., 2019; Silva, 2024).

Os materiais desenvolvidos devem suportar as condições agressivas dos processos de usinagem proporcionando também elevada resistência ao desgaste. Neste trabalho foi avaliado o comportamento tribológico (atrito e desgaste) de três cermets a base de carbetto de nióbio (90%) com ligantes diferentes fabricados por metalurgia do pó.

DESENVOLVIMENTO

Os materiais avaliados foram três cermets com matriz de carbetto de nióbio (90%) e com três ligantes (10 %) diferentes: 6,5%Ni-3,5%Nb (material A), 8,0%Ni-2,0%Nb (material B) e 10,0%Ni (material C). Os corpos de prova tinham forma circular, com 10 mm de diâmetro e 5 mm de espessura. A microdureza dos materiais foi medida na escala Vickers com carga de 0,5 kgf, já o comportamento tribológico foi avaliado através de ensaios de desgaste por deslizamento do tipo pino sobre disco, a seco. As condições de ensaio foram 0,1 m/s de velocidade de deslizamento, 10 N de carga aplicada, distância de deslizamento de 1000 m e com raio da pista de desgaste de 3,0 mm. Como contra corpo foram utilizadas esferas de alumina polida com 6,0 mm de diâmetro. Foram realizados três ensaios em cada condição. Os ensaios foram realizados de acordo com a norma ASTM G99. A figura 1 mostra o equipamento onde os ensaios foram realizados.

Como resultados dos ensaios foram obtidos o coeficiente de desgaste a partir do volume de material removido, VMR, e o coeficiente de atrito. Para medição do VMR foi utilizado um perfilômetro de contato, onde foi obtida a área da pista de desgaste.

RESULTADOS

A microdureza ($HV_{0,5}$) medida foi de 1447, 1534 e 1323 para os materiais A, B e C, respectivamente. A figura 2 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de desgaste, o valor do coeficiente de atrito médio variou entre 0,62 para o material B e 0,65 para os materiais A e C. Na condição B o valor do coeficiente de atrito médio foi menos de 5 % menor que as demais, porém a variabilidade dos resultados, indicados pelas barras de desvio padrão, indicam não haver diferença estatística entre os resultados. É importante destacar que o coeficiente de atrito se refere ao par tribológico (cermet-esfera de Al_2O_3). Já os resultados de coeficiente de desgaste indicam que o material B (90NbC-8Ni-2Nb) apresentou os menores valores, indicando ser o material mais resistente ao desgaste dentre os avaliados. Em seguida, o material A (90NbC-6,5Ni-3,5Nb) e finalmente, o material C (90NbC-10Ni) que apresentou os maiores valores de desgaste. Nota-se que não há relação entre o coeficiente de atrito e o coeficiente de desgaste, porém, o material mais duro foi o que obteve menor coeficiente de desgaste, ou seja, maior resistência ao desgaste.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado nos resultados obtidos pode se concluir que os valores de dureza foram superiores a 1300 $HV_{0,5}$ para todos os materiais. O coeficiente de atrito foi semelhante para os três materiais e a maior resistência ao desgaste foi obtida pelo material B com ligante de 8% Ni e 2% Nb.

Palavras-chave: carbetos de nióbio; material para ferramenta; cermets; comportamento tribológico; desgaste por deslizamento; pino sobre disco.

ILUSTRAÇÕES

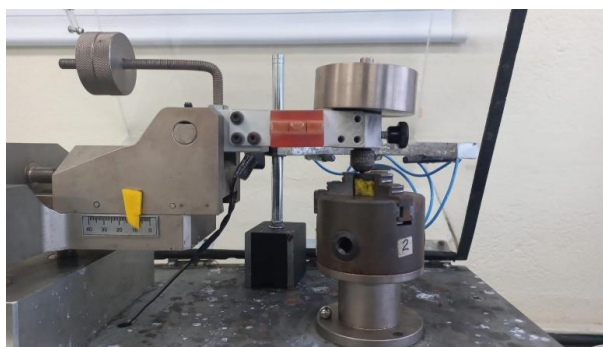


Figura 1. Tribômetro utilizado nos ensaios de desgaste por deslizamento.

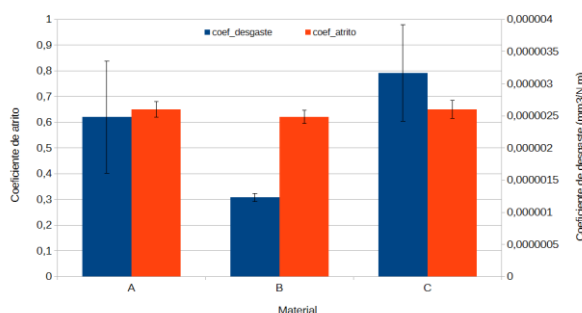


Figura 2. Gráfico com os resultados de coeficiente de atrito médio e coeficiente de desgaste.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus. ASTM G99-05: ASTM, 2010
- DEMATTE, E. et al. Influence of Milling and Use of Ni and Al Containing Metal Binder in NbC-Based Cermets. **Materials Research**, v. 26, 2023
- ESTEBAN, P. G.; GORDO, E. Development of Fe-NbC cermet from powder obtained by self-propagating high temperature synthesis. **Powder Metallurgy**, v. 49, n. 2, p. 153–159, 2006.
- GENGA, R. M. et al. Microstructure, mechanical and machining properties of LPS and SPS NbC cemented carbides for face-milling of grey cast iron. **International Journal of Refractory Metals and Hard Materials**, v. 73, n. October 2017, p. 111–120, 2018.
- HUANG, S. G. et al. NbC grain growth control and mechanical properties of Ni bonded NbC cermets prepared by vacuum liquid phase sintering. **International Journal of Refractory Metals and Hard Materials**, v. 72, p. 63–70, 1 abr. 2018.
- HUANG, S. G. et al. Microstructural investigation and machining performance of NbC-Ti(C0.5N0.5) matrix cermets. **International Journal of Refractory Metals and Hard Materials**, v. 84, 1 nov. 2019.
- RIZZO, A. et al. The critical raw materials in cutting tools for machining applications: A review. **Materials**, v. 13, n. 6, p. 48, 2020
- SILVA, C.; **Desenvolvimento de Cermets de Matriz NbC Ligados ao Ni e Ni-Nb Processados Via Metalurgia do Pó**; Tese de doutorado, Joinville: - UDESC, 2024.
- UHLMANN, E. et al. Increased tool performance with niobium carbide based cutting materials in dry cylindrical turning. **Procedia CIRP**, v. 77, n. Hpc, p. 541–544, 2018.
- UHLMANN, E.; MEIER, P.; HINZMANN, D. Application of niobium carbide based cutting materials for peripheral milling of CFRP. **Procedia CIRP**. Anais...Elsevier B.V., 2020
- WOYDT, M. et al. Niobium carbide for wear protection – tailoring its properties by processing and stoichiometry. **Metal Powder Report**, v. 71, n. 4, p. 265–272, 1 jul. 2016.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: André Luis Piva Maran

MODALIDADE DE BOLSA: PROBIC-AF/UDESC (IC)

VIGÊNCIA: 10/2024 a 08/2025 – Total: 10 meses

ORIENTADOR: Julio Cesar Giubilei Milan

CENTRO DE ENSINO: CCT

DEPARTAMENTO: Departamento de Engenharia Mecânica

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Engenharias / Engenharia de Materiais e Metalúrgica /

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Desenvolvimento e Avaliação Tribológica de Materiais para Ferramentas de Alto Desempenho a Base Níbio

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: NPP3735-2021