

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PREPARAÇÕES DE ARESTA DE CORTE DE UM INSERTO DE Al_2O_3 - ZrO_2 - MgO NO TORNEAMENTO DE UM AÇO ENDURECIDO

Evelyn Cristina de Andrade, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, evelynandrade@alunos.utfpr.edu.br

Adriana e Silva da Costa, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, adsilva@utfpr.edu.br

Sílvia do Nascimento Rosa, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, silviarosa@utfpr.edu.br

Resumo. *Está proposta de trabalho contempla a produção pastilhas de corte de alumina dopada com zircônia (ZTA) contendo partículas de óxido de magnésio (MgO) como aditivos e a investigação das propriedades mecânicas, microestrutura e desempenho de desgaste das pastilhas produzidas. Além disso, as pastilhas de corte produzidas serão submetidas a diferentes preparações de arestas de corte variando sua geometria para avaliar sua influencia no processo de torneamento de aços endurecidos. A alumina (Al_2O_3), zircônia (ZrO_2) estabilizada com ítria (YSZ) e o pó de MgO serão homogenizados, compactados e sinterizados a 1500°C e 1600°C usando o método de sinterização convencional. A preparação da aresta de corte de um inserto de Al_2O_3 - ZrO_2 - MgO desempenha um papel significativo na eficiência e na qualidade do processo de torneamento de um aço endurecido. Acredita-se que variações na geometria, ângulo de corte e revestimento da aresta de corte do inserto terão um impacto mensurável na taxa de remoção de material, na vida útil da ferramenta e na integridade superficial das peças usinadas. Portanto, a hipótese central deste estudo é que diferentes preparações da aresta de corte resultarão em desempenhos distintos no torneamento de aço endurecido, com certas configurações de aresta de corte proporcionando melhorias significativas em relação a outras. Essa hipótese servirá como ponto de partida para o seu trabalho de pesquisa, permitindo que você conduza experimentos e análises para verificar se as diferentes preparações da aresta de corte realmente afetam o processo de torneamento do aço endurecido e, em caso afirmativo, qual configuração de aresta de corte é a mais eficaz. A análise e resultados obtidos desse estudo estão sendo realizados como proposta de uma Iniciação Científica.*

Palavras-chave: *Preparação de aresta de corte, compósito cerâmico e torneamento de aço endurecido.*

1. INTRODUÇÃO

A contínua evolução do setor industrial, responsável por uma significativa parcela de 23,9% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, é uma consequência direta do constante avanço tecnológico e da crescente demanda por uma ampla gama de produtos. Dentro desse contexto dinâmico, as indústrias buscam incessantemente por agilidade, qualidade e eficiência em seus processos produtivos, onde a usinagem desempenha um papel de destaque como um dos pilares fundamentais na transformação de matérias-primas.

No epicentro dessa busca incessante, encontra-se o desenvolvimento contínuo de ferramentas de corte projetadas para se adaptarem com precisão aos requisitos específicos dos processos de usinagem. Estas ferramentas são concebidas para oferecer desempenho de corte de alto desempenho, aliado a uma resistência mecânica e ao desgaste excepcionais, desempenhando um papel crucial na satisfação das demandas de um mercado altamente competitivo.

As indústrias estão comprometidas em superar desafios e obstáculos, adotando abordagens inovadoras em seus processos e incorporando tecnologias de ponta. Isso não apenas estimula o desenvolvimento de ferramentas de corte de alto desempenho, mas também influencia a evolução geral do setor metalmeccânico.

À medida que a busca incessante por novas tecnologias em ferramentas de corte para processos de usinagem continua, a demanda por materiais inovadores com propriedades mecânicas excepcionais torna-se cada vez mais premente. Nesse contexto, o estudo de compósitos cerâmicos tem ganhado uma atratividade crescente, pois oferecem a promessa de materiais de alto desempenho que são mais confiáveis e eficientes para a produção de ferramentas de corte de última geração.

As pastilhas de corte à base de Al_2O_3 apresentam notável resistência à abrasão, alta dureza e estabilidade química em ambientes de elevada temperatura. Contudo, sua resistência mecânica é relativamente limitada, assim como a ductilidade em temperaturas ambiente. Isso, por sua vez, restringe sua aplicação, muitas vezes resultando em falhas prematuras da ferramenta devido à lascamentos ou falhas catastróficas. No entanto, é importante destacar que a tenacidade à fratura da Al_2O_3 pode ser substancialmente melhorada com a adição de zircônia estabilizada com ítria (YSZ), conforme demonstrado por Piirsoo et al. (2021) e Dahl et al. (2019).

O aumento da tenacidade à fratura pode ser alcançado por meio da incorporação de diferentes componentes na microestrutura cerâmica, os quais desempenham o papel de reforços na forma de whiskers, plaquetas ou partículas, conforme estudado por Aguilar-Elguézabal e Bocanegra-Bernal (2013). Esses reforços têm a função de desviar as trincas ou fornecer elementos que impedem seu crescimento. Além disso, a estratégia de incorporar materiais metálicos na matriz cerâmica, a fim de criar elementos que absorvem a energia da propagação das trincas, como discutido por Bartolomé et al. (2008), tem mostrado resultados promissores.

Outro conceito relevante é a introdução de uma segunda fase que sofre uma transição de fase em conjunto com uma expansão volumétrica, iniciada pelas tensões ao longo da trinca em propagação. Esse fenômeno também pode aplicar uma força de fechamento na trinca, como explorado por Tsukamoto (2010).

Para aprimorar a dureza do Al_2O_3 , estudos prévios indicaram que uma pequena quantidade de MgO , da ordem de 0,7% em peso, pode significativamente melhorar as propriedades mecânicas e a resistência ao desgaste da ZTA, conforme observado em pesquisas de Azhar et al. (2011).

Neste projeto de pesquisa, nosso objetivo é produzir compósitos cerâmicos de $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ com diferentes proporções de MgO , visando avaliar diversas propriedades mecânicas, incluindo dureza, tenacidade à fratura e resistência ao desgaste. Buscaremos também desenvolver um método de preparação de arestas de corte que possa aumentar a vida útil e a durabilidade das pastilhas de corte, contribuindo assim para avanços significativos na indústria.

2. METODOLOGIA

Na condução deste estudo, foram empregados diversos materiais na preparação dos compósitos do sistema $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$, com adições de 0,5% e 1% em peso de MgO . Estes materiais incluem:

1. Alumina CT3000-SG (Almatis):
 - Pureza de 99,8%.
 - Tamanho médio de partícula de 0,5 μm .
 - Densidade de 3,99 g/cm^3 , conforme a ficha técnica do fabricante.
2. ZrO_2 submicrométrica estabilizada na fase tetragonal com 3% em mol de Y_2O_3 , marca Tosoh (Japão):
 - Referência TZ-3Y-E.
 - Tamanho médio de partícula de 40 nm.
 - Densidade de 6,05 g/cm^3 (Tosoh, 2019).
3. MgO (ABCR GmbH, Alemanha):
 - Pureza de 99,5%.
 - Tamanho médio de partícula de 325 mesh.
 - Densidade de 3,99 g/cm^3 , de acordo com a ficha técnica do fabricante.

A caracterização das matérias-primas utilizadas no estudo foi realizada por meio de técnicas como difração de raios X, análise da distribuição de tamanho de partículas e microscopia eletrônica de varredura.

Os compósitos foram preparados a partir da mistura de suspensões. Isso envolveu a preparação de suspensões do sistema $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ com adições de 0,5% e 1% de MgO em frascos de polipropileno distintos (marca Nalgene). As suspensões foram preparadas em meio alcoólico (isopropílico) contendo 2% em peso de defloculante (Polivinil Butiral, PVB), mantendo uma relação de bolas/pó de 3:1. Em seguida, a suspensão final foi submetida à mistura em um moinho de bolas convencional por um período de 20 horas.

As misturas do sistema $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ com adição de 0,5% e 1% de MgO foram posteriormente submetidas a um processo de secagem em fluxo de ar quente, visando a eliminação completa do álcool. Durante esse processo, foi aplicada agitação intermitente para garantir a obtenção de um pó solto e livre de aglomerados. Após essa etapa, os pós resultantes foram desaglomerados em um almofariz de ágata e passados por uma peneira ASTM de malha 80.

Para a conformação dos compósitos, foram utilizados moldes cilíndricos de 8 mm e 13 mm de diâmetro, empregando prensagem uniaxial com uma pressão de 150 MPa. Os corpos de prova de 8 mm de diâmetro foram destinados ao estudo de sinterização convencional, enquanto os corpos de prova de 13 mm de diâmetro foram utilizados nos ensaios de desgaste. Adicionalmente, cinco corpos de prova foram conformados em moldes quadrados com dimensões de 16 x 16 mm para a fabricação de insertos de corte.

Após a conformação, os compósitos foram sinterizados em um forno convencional equipado com resistências de MoSi_2 (marca EDG, modelo EDG1800), utilizando temperaturas de 1500°C e 1600°C, com um tempo de patamar de 2 horas e uma taxa de aquecimento de 10°C/min.

Os corpos de prova cilíndricos sinterizados serão submetidos a várias análises, incluindo a determinação da densidade aparente pelo método de imersão em líquido, difração de raios X (DRX), caracterização microestrutural por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e análise de composição química por espectroscopia de energia dispersiva (EDS). Além disso, propriedades mecânicas como dureza Vickers, tenacidade à fratura por indentação e resistência à flexão biaxial (ensaio de esfera-sobre-três esferas, B3B) serão avaliadas.

Os corpos de prova sinterizados na geometria quadrada serão submetidos ao processo de preparação de aresta para retificação do blank em diferentes geometrias, visando análises futuras da vida útil e durabilidade durante o processo de torneamento.

Os insertos de corte produzidos serão testados no centro de torneamento Romi GL240 para avaliação de suas geometrias e desempenho em condições práticas de usinagem.

3. RESULTADOS ESPERADOS

Esta proposta de pesquisa busca investigar uma série de aspectos relacionados aos compósitos $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$, incluindo adições de 0,5% e 1% de MgO, com o objetivo de aprofundar nosso entendimento sobre esses materiais e suas aplicações potenciais. Os resultados esperados desta pesquisa são fundamentais para avançar em nossa compreensão e uso eficiente desses compósitos. Aqui, desenvolvemos cada um dos objetivos e hipóteses subjacentes em detalhes:

1. Avaliação da Influência do Refino da Microestrutura:

- Hipótese: A adição de MgO aos compósitos $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ irá desempenhar um papel crucial no refino da microestrutura.

- Desenvolvimento: Antecipamos que o MgO atuará como um agente de refino, melhorando a estrutura cristalina dos compósitos. Isso deve resultar em uma maior densidade de grãos e na redução de imperfeições microestruturais. Espera-se que essas mudanças tenham um impacto positivo nas propriedades mecânicas e de desgaste dos compósitos.

2. Avaliação das Propriedades Mecânicas:

- Hipótese: A inclusão de MgO influenciará positivamente as propriedades mecânicas dos compósitos.
- Desenvolvimento: Antecipamos que a adição de MgO levará a um aumento na dureza Vickers, na tenacidade à fratura por indentação e na resistência à flexão biaxial (B3B) dos compósitos $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$. Essa melhoria nas propriedades mecânicas é resultado do refino da microestrutura e da possível formação de fases de alta resistência.

3. Avaliação da Influência do Refino na Resistência ao Desgaste:

- Hipótese: O refino da microestrutura terá um efeito significativo na resistência ao desgaste dos compósitos.
- Desenvolvimento: Supomos que o refinamento da microestrutura dos compósitos resultará em uma maior resistência ao desgaste. Isso ocorre devido à redução de defeitos estruturais e à melhoria na distribuição de fases nos materiais. Espera-se que essas mudanças beneficiem particularmente as aplicações sujeitas a desgaste, como ferramentas de corte e abrasivos.

4. Avaliação das Diferentes Formas de Preparação das Arestas de Corte:

- Hipótese: As diferentes geometrias de corte nas amostras sinterizadas afetarão a usinabilidade dos compósitos.
- Desenvolvimento: Antecipamos que as diferentes geometrias de corte terão um impacto tangível na usinabilidade dos compósitos. A escolha da geometria de corte pode influenciar a eficiência da usinagem, a qualidade da superfície usinada e a vida útil das ferramentas de corte. Portanto, a avaliação rigorosa das geometrias de corte é crucial para aperfeiçoar o processo de usinagem.

Além disso, em cada uma dessas investigações, buscamos estabelecer parâmetros de rotação e velocidade de avanço que sejam compatíveis com as práticas comuns no mercado. A aplicação prática desses resultados é fundamental para a viabilidade e aplicação industrial bem-sucedida desses compósitos em diversos campos, incluindo engenharia, ciência dos materiais e fabricação de ferramentas.

4. REFERÊNCIAS

- Aguilar-Elguézabal, A.; Bocanegra-Bernal, M. H. Alumina toughened zirconia nanocomposite incorporating Al_2O_3 whiskers. *International Journal of Applied Ceramic Technology*, v. 10, n. 2, pp. 215-223, 2013.
- Ahmad Zahirani Ahmad Azhar, Hasmaliza Mohamad, Mani Maran Ratnam, Zainal Arifin Ahmad, Effect of MgO particle size on the microstructure, mechanical properties and wear performance of ZTA-MgO ceramic cutting inserts, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, Volume 29, Issue 4, 2011, Pages 456-461, ISSN 0263-4368.
- Bartolomé, J. F.; Beltrán, J. I.; Gutiérrez-González, C. F.; Pecharromán, C.; Muñoz, M. C.; Moya, J. S. Influence of ceramic-metal interface adhesion on crack growth resistance of $\text{ZrO}_2\text{-Nb}$ ceramic matrix composites. *Acta Materialia*, v. 56, pp. 3358-3366, 2008.
- Dahl, Gregor & Döring, Sebastian & Krekeler, Tobias & Janssen, Rolf & Ritter, Martin & Weller, Horst & Vossmeier, Tobias. *Alumina-Doped Zirconia Submicro-Particles: Synthesis, Thermal Stability, and Microstructural Characterization*. Materials, 2019.
- K.L. Meena, D. Benny Karunakar, Effect of ZrO_2 and MgO added in alumina on the physical and mechanical properties of spark plasma sintered nanocomposite, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*,

Volume 81, 2019, Pages 281-290, ISSN 0263-4368.

Piirsoo, Helle-Mai & Jõgiaas, Taivo & Mändar, Hugo & Ritslaid, Peeter & Kukli, Kaupo & Tamm, Aile. (2021).

Microstructure and mechanical properties of atomic layer deposited alumina doped zirconia. AIP Advances. 11.

Tsukamoto, H. Micromechanical modeling of transformation toughening in multiphase composites enriched with zirconia particles. Computational Materials Science, v. 48, pp. 724-729, 2010.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores expressam sua sincera gratidão à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, à Universidade Estadual de Ponta Grossa e à Universidade Federal de São Carlos pelo valioso apoio fornecido durante a realização deste projeto, bem como pela generosa disponibilidade de seus laboratórios e equipamentos.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.