

CERÂMICAS EM FERRAMENTAS DE CORTE: ESTUDO, COMPARAÇÃO, MERCADO E APLICAÇÕES

***Erika P. Gonçalves*(IC), Ricardo A. R. Szabó(IC), Beatriz S. A. Perez(IC),
Eduardo M. Mathias(IC), Ricardo L. F. Campos(IC), Silvio A. C. M. Filho(IC),
Vera L. Arantes***

FEAU – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo – UNIVAP
Av. Shishima Hifumi, 2911, Urbanova, 12244 – 000, São José dos Campos – SP

* erikagoncalves@yahoo.com.br

Palavras-chave: Nitreto de Silício, Corídon, Cermet.

Área do Conhecimento: Engenharias

Introdução:

A palavra cerâmica, que é oriunda do adjetivo grego “Keramikos (κεραμικός)”. O substantivo “Keramos (κεραμος)” tinha por finalidade, na Grécia Antiga, designar todos os utensílios produzidos com argila queimada. O termo “Keramos” vem provavelmente do sânscrito, significando “queimar ou queimado”.

O termo cerâmica refere-se à arte e a técnica de produzir artigos por um processo cerâmico, ou designa os produtos assim produzidos. Segundo Dodd¹, entende-se por “processo cerâmico” a produção de artigos ou revestimento a partir de materiais inorgânicos não-metálicos pela ação do calor, a temperaturas suficientemente elevadas para causar sinterização, reações do estado sólido ou conversão para um estado inteiramente ou parcialmente vítreo.

As ferramentas de corte foram introduzidas no mercado durante a segunda guerra mundial devido à falta de tungstênio (material básico para a produção de metal duro) e apresentaram características relevantes.

Devido ao mau desempenho apresentado pelas primeiras pastilhas cerâmicas que eram bastante frágeis sofrendo quebras constantes. Apenas recentemente as ferramentas cerâmicas têm sido adotadas.

A baixa resistência à ruptura estava diretamente relacionada com a porosidade do material prensado, como resultado das técnicas de sinterização convencionais utilizadas.

As ferramentas produzidas pelos primeiros processos de fabricação também tinham granulação muito grande e conseqüentemente apresentavam baixa resistência ao choque mecânico.

O trabalho de pesquisa e desenvolvimento resultou em ferramentas de melhor qualidade, mais uniformes e mais resistentes, pois levou ao conhecimento da importância da microestrutura em conjunto com a melhoria das técnicas de processamento.

Neste trabalho apresentaremos características microestruturais, mercado, comparações com outras ferramentas de corte e aplicações de algumas cerâmicas neste campo.

Matérias Primas:

Os materiais tradicionais são as cerâmicas à base de óxido de alumínio (Al_2O_3) ou, ainda, com adição de óxido de zircônio (ZrO_2), compactadas à frio e denominadas de cerâmica branca.

¹ Dodd, A.E. - Consise Encyclopedic Dictionary of Ceramics, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1967.

Uma segunda classe é chamada cerâmica mista, à base de óxido de alumínio, carbeto de titânio (TiC), que apresenta cor preta, ou nitreto de titânio (TiN), apresentando cor marrom, ambas são compactadas à quente.

Uma terceira classe é denominada Cermet, é um material composto, ou seja, há uma ou mais fases cerâmicas de três fases metálicas. Os principais componentes são o carbeto ou o nitreto de titânio mais o níquel $Ti(C,N) + Ni$ e o carbeto de molibdênio (MoC).

A quarta classe é a da cerâmica à base de nitreto de silício (Si_3N_4). Trata-se de uma cerâmica não óxida cuja cor varia entre o cinza escuro e o preto. Os produtos têm oferecido uma série de diferentes composições químicas e variantes no processo de fabricação, o que tem proporcionado propriedades físicas e mecânicas distintas. Dentro dessa classe há uma outra, denominada Sialon – nome tem origem da composição química: silício (Si), alumínio (Al), oxigênio (O) e nitrogênio (N). A segunda variante, normalmente chamada de nitreto de silício, caracteriza-se por um elemento percentual de Si_3N_4 , com adição de pequenas porcentagens de Al_2O_3 e óxido de ítrio (Y_2O_3). Geralmente estas cerâmicas são compactadas à quente.

Características Microestruturais:

É conhecida a grande importância da estrutura cristalina para as propriedades mecânicas dos materiais, um breve estudo foi feito sobre a estrutura cristalina de algumas cerâmicas (tab.01).

Nitreto de Silício (SiN_4)	HCP
Nitreto de Titânio (TiN)	Sal de Rocha
Coríndon (Al_2O_3)	HCP
Diamante	“blenda de zinco”
Zircônia (ZrO_2)	Fluorita

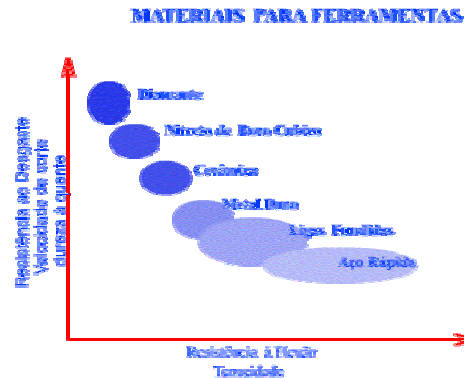
Tab.01 – Estruturas Cristalinas

Exigências Básicas para Ferramentas de Corte:

Um material para ser utilizado em ferramentas de corte tem que possuir:

- Elevada dureza à frio e à quente: a dureza da ferramenta deve ser bem maior que a do material a ser usinado, porém, dentro de um limite para que este não se torne muito frágil.
- Tenacidade: deve ser tenaz para resistir aos choques/impactos que ocorrem durante a usinagem. No Graf.01 esta

apresentado um comparativo entre diferentes ferramentas levando em conta a tenacidade.



Graf.01 – Comparativo entre materiais

- Resistência ao desgaste por abrasão: na região de contato entre a peça-ferramenta-cavaco ocorrem elevadas pressões e presença de partículas muito duras. Essas partículas, devido ao movimento relativo entre os componentes (peça-ferramenta-cavaco), penetram no material da ferramenta. A subsequente remoção das partículas pode ocorrer (desgaste), caso a ferramenta não possua elevada resistência.
- Estabilidade Química: na usinagem a ferramenta e a peça apresentam diferentes composições químicas e estão submetidas à elevadas temperaturas, formando assim uma condição favorável para o surgimento de reações. Estas reações caracterizam-se pela troca de elementos químicos da peça para ferramenta e vice-versa, levando ao desgaste e perdas das propriedades da ferramenta.
- Custo e facilidade de obtenção: Existem materiais para ferramenta que são fáceis de fabricar e apresentam baixo custo de produção. No entanto, não apresentam todas as propriedades desejadas e por isso tem seu uso limitado. Por outro lado, tem-se a disposição materiais com excelentes propriedades dentre as quais dureza e resistência ao desgaste, porém elevado custo, portanto o balanço qualidade-custo deverá ser adequado a necessidades específicas.

Aplicação:

Em função das características intrínsecas dos materiais cerâmicos, como

baixa densidade, baixa condutividade térmica, altas resistências à corrosão e à abrasão e a capacidade de suportarem altas temperaturas sem se deformarem, além de outras características específicas presentes em alguns desses materiais (supercondutividade, condutividade iônica, propriedades nucleares, etc.), a utilização desses materiais tem crescido de forma surpreendente em uma infinidade de aplicações nas mais diversas áreas do conhecimento humano. Este crescimento é fruto dos avanços do conhecimento científico e tecnológico no campo da ciência e engenharia dos materiais ocorridos nas últimas décadas.

Merecem destaque especial as aplicações no campo da energia, como os

combustíveis para reatores nucleares, os elementos moderadores e os materiais para reatores a fusão, os componentes de motores automotivos – que aumentam o rendimento e propiciam a utilização de combustíveis menos nobres – palhetas de turbinas, componentes de foguetes, ferramentas para corte de alta velocidade, implantes ósseos e dentários, brackets dentários, materiais de alta resistência à abrasão, como os guia fios na indústria de tecelagem, refratários especiais, componentes eletro-eletrônicos e, ainda, em produtos de consumo popular como facas, tesouras e equipamentos esportivos.

Custo e Benefício:

A Tab.02 permite uma comparação detalhada² de custo entre o aço rápido, metal duro e material cerâmico, ao usinar, por torneamento, aço SAE 4140 trefilado a frio.

Material	Custo relativo da ferramenta (US\$) ^A	Velocidades de corte típicas m/min	Custo de usinagem (US\$ / pol³) ^B
Aço-carbono	0,10	12,2	0,25
Aço rápido	0,50	27,5	0,13
Liga fundida	2,00	45,8	0,06
Metal duro	5,25	152,5	0,04
Material cerâmico	12,00	244,0	0,02

A – Os preços são típicos para um “bit” quadrado de 3/8”, mas variam com a quantidade, qualidade e condições do mercado.

B – As estimativas de custo de usinagem foram baseadas em condições ideais de operação, usinando-se aço SAE 4140 trefilado a frio, com custo total de mão-de-obra equivalente a US\$ 6,00/h.

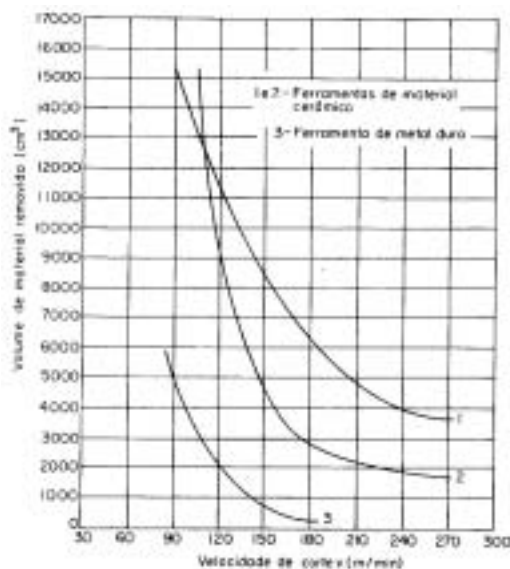
Tab. 02 - Custo comparativo de diversos materiais para ferramentas de corte

² FERRARESI, D. – *Fundamentos da Usinagem dos Metais* – Editora Edgard Blücher

Vantagens e Desvantagens:

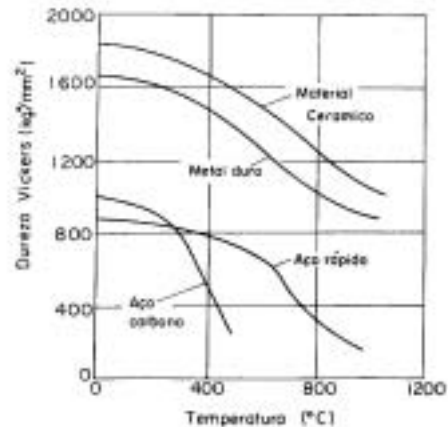
As ferramentas de cerâmica, possibilitam velocidades de corte excepcionalmente elevadas, a ponto de poderem ser empregadas somente quando as máquinas operatrizes oferecerem condições de rigidez e potência que permitam tais velocidades. A característica fundamental do material cerâmico é sua resistência ao amolecimento pelo calor às altas temperaturas, além da sua elevada dureza e resistência à temperatura ambiente, alta resistência à formação de cratera e baixa condutividade térmica. Aparentemente, o material cerâmico, entre os materiais para ferramenta, é o que mais se aproxima do material ideal.

O Graf. 02 mostra a quantidade de material removido em função da velocidade de corte, verificando-se a vantagem do material cerâmico sobre o metal duro.



Graf. 02 - Vida da ferramenta, em cm^3 de material removido, em função da velocidade de corte.

O Graf. 03 representa a variação da dureza de 4 tipos de materiais para ferramentas em função da temperatura.



Graf. 03 - Variação da dureza em função da temperatura, para 4 tipos de materiais para ferramentas.

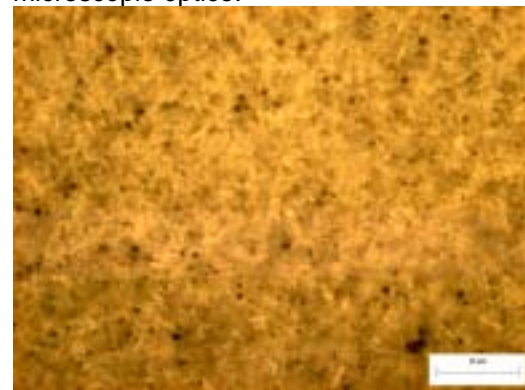
Parte Experimental:

Foi realizada a análise micrográfica de pastilhas de SiN_4 (Sandvik Coromant) Fig.01.

As pastilhas foram polidas em Politriz Struers DPU-10 com lixas 220, 320, 400, 600 e em feltro com alumina $1,0\mu\text{m}$ e $0,3\mu\text{m}$.

Para revelar³ os grãos das pastilhas foi realizado um ataque químico com KOH e NaOH (1:1) a uma temperatura de 500°C em um forno EDGCON 5P 1800 durante 4 minutos.

As pastilhas foram lavadas com álcool etílico e secas e analisadas em microscópio óptico.



³ SILVA, O. M. M. – *Desenvolvimento e caracterização de ferramentas de corte nacionais de nitreto de silício*. São José dos Campos, 1996 – tese (Mestrado em Ciências) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica.

Fig. 01 – Micrografia de Nitreto de Silício

Conclusão:

Como visto na pesquisa realizada a tecnologia de ferramentas de corte evoluiu muito ao longo dos anos.

As incessantes pesquisas sobre o assunto renderam uma grande gama de novos materiais para esse tipo de esforço, entre esses novos materiais se encontram nitreto de silício, nitreto de titânio, coríndon, zircônia, cermet.

As cerâmicas trouxeram para o mercado a quase perfeição, visto que, suas propriedades mecânicas são atrativas – como a possibilidade de usinagem em altas velocidades, alta resistência ao desgaste e a altas temperaturas – mas, porém, para o usufruto dessas qualidades exige, maquinário de ponta – pois concomitantemente a essas propriedades atrativas, esse tipo de ferramenta apresenta uma alta fragilidade.

Um maquinário robusto que não transmita vibrações, exigido pela ferramenta, nem sempre é adquirido pela empresas nacionais devido ao alto custo, motivo pelo qual esse tipo de ferramenta tem-se difundido lentamente no mercado industrial.

Agradecimentos:

Os autores agradecem o apoio da FEAU em ceder os laboratórios, ao Grupo de Química – IP&D – UNIVAP – por gentilmente ceder material para os ataques químicos, aos ceramistas da Universidade do Vale do Paraíba, que sempre se colocaram à disposição para auxiliar no necessário, aos professores doutores Anselmo O. Boshi e Ruth H. G. A. Kiminami do Departamento de Materiais da Universidade Federal de São Carlos e ao Doutor Olivério M. M. Silva do CTA/IAE/AMR.

Agradecemos ainda às empresas NTK Cutting Tools Division, Sandvik Coromant, Máquinas e Metais – revista técnica – e General Motors do Brasil que mui-

gentilmente nos cederam informações técnicas e/ou de mercado.

Bibliografia:

- Callister Jr., William D. – Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução – Editora LTC – 5ª edição
- Barsoum, Michel – Fundamentals of Ceramics – Editora Mc Graw Hill
- Kingery, W. David; Birnie III, Dunbar; Chiang, Yet-Mind – Physical Ceramics – Editora Wiley MIT
- Reed, James S. – Principles of Ceramics Processing – Editora Wiley Inter Science – 2ª edição
- Smith, William F. – Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais – Editora Mc Graw Hill – 3ª edição
- Van Vlack, Lawrence H. – Princípios de Ciência e Tecnologia dos Materiais – Editora Campus – 4ª edição
- Kingery; Bowen; Uhlmann – Introduction to Ceramics – Editora Wiley Inter Science – 2ª edição
- Marcondes, Eng. Francisco Carlos – A História do Metal Duro – Editora Sandvik Coromant
- Ferraresi, D. – Fundamentos da Usinagem dos Metais – Editora Edgard Blücher
- <http://teses.eps.ufsc.br>
- <http://www.materia.coppe.ufrj.br>
- <http://www.cimm.com.br>
- <http://ceramicaindustrial.org.br>
- <http://www.usinagem-brasil.com.br>
- <http://www.techmat.com.br>
- <http://www.abceram.org.br>
- <http://www.probe.br>
- Revista Máquinas e Metais – Editora Aranda
- Revista Mundo Mecânico – ano 1 revistas 8 e 9 – Editora Max Gruenwald
- Silva, O. M. M. – Desenvolvimento e caracterização de ferramentas de corte nacionais de nitreto de silício. São José dos Campos, 1996 – tese (Mestrado em Ciências) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica.