DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVOS DE CORTE COM DIAMANTE - CVD DEPOSITADO EM SUBSTRATO DE WC - Co NA FORMA DE FILME FINO

José Francisco Cau e Júlio Malva Filho
Johnson & Johnson Ind. e Com. Ltda.
São José dos Campos - SP

Vladimir Jesus Trava-Airoldi[1,2] e Evaldo José Corat[1,2]
1) - LAS / INPE - São José dos Campos - SP, 2) - FE/USF - ITATIBA - SP

Palavras - chave: Diamante CVD, Carbeto de Tungstênio

RESUMO

Este trabalho é dedicado ao estudo de aprimoramento de dispositivos de corte para plásticos empregados em sistemas de alta produção. Estuda-se a aderência de filme fino de diamante-CVD em superfície, na forma de faca, de carbeto de tungstênio com cobalto como metal ligante. O sucesso com a aderência pode ser obtido se o cobalto for mantido ausente do processo de nucleação e crescimento do diamante-CVD. A caracterização das amostras foram feitas em termos de estudos da morfologia e qualidade por microscopia eletrônica de varredura e espectroscopia de espalhamento Raman respectivamente. Quanto à identificação da aderência, usou-se a técnica de indentação. Novas sugestões em termos de técnicas de preparações e mesmo a utilização de materiais com composições ligeiramente diferentes são, também, partes deste trabalho.

1. INTRODUÇÃO

Para o desenvolvimento de facas com fio de corte revestidos com diamante, optou-se por iniciar com o carbeto de tungstênio usando o cobalto como ligante (WC-Co).

A escolha do material WC-Co está fundamentada no fato de ser um material já utilizado como facas de corte na própria empresa Johnson & Johnson Indústria e Comércio Ltda e por se tratar de material com intensa pesquisa, não somente no Brasil como também, no mundo, a fim de se obter boa aderência com o filme de diamante.

Os estudos de aderência de filmes de diamante-CVD em carbeto de tungstênio ganhou impulso muito grande nos últimos anos devido sua vasta utilização como "bits" ferramenta para corte e usinagem. Portanto, com um revestimento com filme fino de diamante-CVD, é esperado trazer uma sobre-vida de utilização muito grande para os "bits", uma vez que será aproveitada a singular propriedade mecânica do diamante, que é a dureza, superior a de todos os materiais [1].

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE CARBETO DE TUNGSTÊNIO (WC-Co)

Na fase inicial deste trabalho, foram tomadas duas amostras de WC-Co, sendo uma de corte e outra de contra-corte. Análises semi-quantitativas por EDX ("electron diffraction x-ray") mostraram que as duas amostras tinham as mesmas características, com concentração de material ligante, o Co, em torno de 4 - 6 %. Uma análise com microscopia eletrônica de varredura (MEV) mostrou que a uniformidade do material era muito boa, com granulometria ligeiramente maior em relação às amostras empregadas como "bits" ferramenta. O tamanho dos grãos estava em cerca de 3 a 5 μm.

2.2 CRESCIMENTO DO FILME DE DIAMANTE-CVD SOBRE O SUBSTRATO PLANO

O crescimento do filme de diamante-CVD sobre o substrato de WC-Co é bastante estudado, justamente com o propósito maior que é o de obter boa aderência entre ambos. No presente trabalho, foram iniciados os estudos aproveitando todo o conhecimento adquirido em desenvolvimentos anteriores, onde os parâmetros de crescimento estão bem entendidos.

Os estudos de crescimento foram efetuados paralelamente com as diferentes formas de preparação do substrato, pois o objetivo é alcançar alta aderência, e os parâmetros de crescimento estão sempre ligados às técnicas de preparação da amostra.

Vários experimentos foram efetuados, sempre com o mesmo material. Inicialmente, o crescimento foi efetuado em substrato onde o Co foi corroído da superfície por apenas cerca de 5 μm de profundidade. Embora haja a formação de filme de diamante de boa qualidade, a aderência é bastante pobre, provavelmente devido à migração do Co à superfície. Ficou claro que o problema de deposição de diamante sobre o WC-Co reside na incompatibilidade do diamante com o cobalto. O sucesso em depositar filmes de boa aderência sobre este substrato depende de evitar a interação entre ambos. Isto é um problema difícil pois a simples remoção do cobalto fragiliza

a ferramenta. O cobalto é responsável pela alta tenacidade à fratura dessas ferramentas de WC-Co.

2.3 SUBSTITUIÇÃO DO COBALTO POR COBRE

Baseado no relatório de Nesládek, foram utilizadas algumas soluções de sal de cobre em substituição ao ataque ácido por HNO_3. Os íons de cobre têm um potencial eletroquímico maior que o do cobalto e tem a capacidade de corroê-lo, com a deposição de cobre metálico. A idéia é de que o cobalto seja corroído e seja substituído pelo cobre. O cobre não é completamente miscível com o cobalto e deve bloquear sua migração. Além disto, o carbono não é solubilizado no cobre, o que também deve bloquear a interação do carbono com o cobalto.

Várias soluções de cobre foram utilizadas, todas elas foram capazes de promover a corrosão do cobalto e a deposição do cobre, mas a substituição não ocorreu em nenhum caso. O cobre metálico sempre se depositou na superfície, sem nunca entrar nos interstícios de onde o cobalto foi removido. Na verdade, estes testes demostraram um método mais eficiente de remoção profunda do cobalto.

Devido às características do cobre como possível bloqueador dos efeitos do cobalto, foi ainda testada a eletrodeposição de cobre sobre o WC-Co. Foi caracterizada a melhor condição de deposição de filmes de cobre. No entanto, a observação da amostra em microscopia eletrônica de varredura mostra que mesmo durante a eletrodeposição de cobre o cobalto é removido profundamente.

2.4 DEPOSIÇÃO DE FILME DE TUNGSTÊNIO

O tungstênio é outro metal que não é completamente miscível com o cobalto e que pode funcionar como bloqueador de sua migração. A idéia, neste caso é a deposição de um filme de tungstênio pela evaporação de um filamento de tungstênio, no próprio reator de crescimento de diamante.

A deposição do filme de tungstênio sobre o substrato sem nenhuma preparação resulta em um filme de pouca aderência, que delamina espontaneamente após a deposição do filme de diamante. Bons resultados foram obtidos quando o filme de tungstênio era depositado após um período de preparação com o substrato mantido em condições de crescimento de diamante, mas em mistura contendo apenas hidrogênio e CF_4. Sabe-se que o ambiente com CF_4 promove a erosão seletiva do tungstênio do WC. Provavelmente, a deposição do filme de tungstênio após este tratamento que remove o tungstênio do WC, provoque uma maior aderência do mesmo, pois este fará parte do próprio WC após a recristalização em ambiente de crescimento de diamante [2].

Os testes de indentação mostraram uma excelente aderência e um substrato de alta tenacidade, a maior dificuldade deste procedimento tem sido a reprodutibilidade, uma vez que as condições de deposição do filme de tungstênio ainda não foram suficientemente bem estabelecidas [3].

2.5 EROSÃO "IN SITU" DO COBALTO

Com algumas alterações nas condições do reator de crescimento de diamante, tipicamente com uma pressão mais baixa, uma temperatura de filamento mais alta, uma menor distância entre o filamento e o substrato e uma maior temperatura do substrato, foi possível promover a remoção do cobalto "in situ", sem nenhum ataque químico prévio. Além da remoção do cobalto, este método promove a descarburização e recristalização do WC da superfície.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 DEPOSIÇÃO DE DIAMANTE SOBRE A ARESTA DE CORTE

Nos testes de repetibilidade, os melhores resultados foram obtidos com a deposição com altas concentrações de CF_4 e com erosão "in situ" do cobalto. Por esta razão, estes dois processos foram utilizados nos testes de deposição sobre a aresta de corte das facas em estudo.

A primeira configuração adotada foi a colocação da aresta de corte diretamente sob o filamento, como mostra a figura 1.

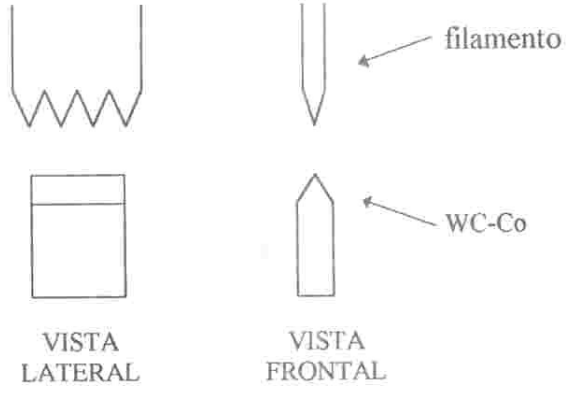

Figura 1 - Configuração para deposição

Colocando-se o substrato na distância ideal para crescimento, conforme estabelecido no crescimento de amostras planas, foi obtido um resultado totalmente desfavorável. Nas várias tentativas o filme crescido sobre a aresta ou pulava fora no resfriamento, ou apresentava baixa qualidade, com característica típica de crescimento em temperatura muito elevada. Nesta configuração, só foi possível o crescimento de filme de boa qualidade a distâncias maiores do filamento (cerca de 8 mm) porém, devido a esta maior distância, foi obtida uma menor taxa de crescimento.

A configuração que apresentou melhores resultados foi aquela em que a aresta não é diretamente exposta ao filamento, conforme mostrado na figura 2. Apesar de apenas uma face da cunha da faca estar diretamente exposta ao filamento, o filme de diamante contorna a aresta de corte e se estende por alguns milímetros na outra face. Com o uso de CF_4 na mistura de crescimento a face não exposta ao filamento fica praticamente coberta por inteiro pelo filme de diamante.

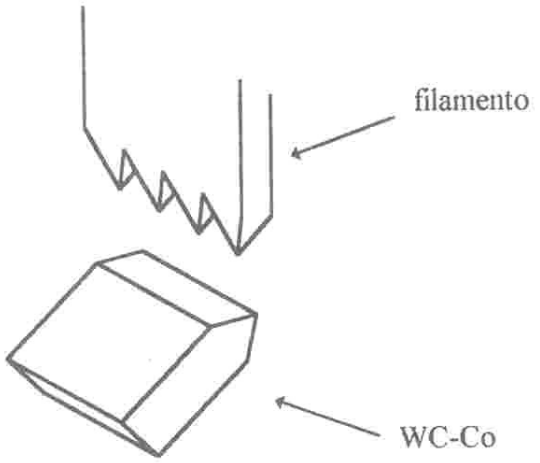

Figura 2 - Configuração inclinada para deposição

4. CONCLUSÕES

Foram apresentados, neste trabalho, os estudos realizados em deposição de diamante sobre a aresta de corte de facas de WC-Co. Embora tenham sido desenvolvidas boas condições de deposição, ainda não foram obtidas boas aderências.

Tal resultado indica que a não repetibilidade obtida nas amostras planas pode ser relacionada com efeitos que são evidenciados na região da aresta de corte. Um efeito que é evidente é o aumento da temperatura da amostra na região da aresta, devido à baixa dissipação térmica do WC-Co.

Considera-se que a continuidade deste estudo de deposição de diamante sobre a aresta de corte depende da utilização de um porta substrato que permita uma melhor refrigeração da amostra, e que permita uma diminuição da temperatura na região da aresta.

5. REFERÊNCIAS

1. Trava-Airold, E. J. Corat e N.F. Leite, Laboratório Associado de Sensores e Materiais, Instituto Nacional de Pesquisas Especiais - INPE, São José dos Campos: Crescimento de Filmes de Diamante Utilizando Tocha de Oxigênio - Acetileno, 1994.

2. Corat, V. J. Trava-Airold, N.F. Leite, A. F. V. Peña and V. Baranauskas. Materials Research Society: Low Temperature Diamond Growth with CF_4 Addition in a Hot Filament Reactor. Volume 349, 1994.

3. Trava-Airold, B.N. Nobrega, E. J. Corat, E. del Bosco, N. F. Leite and V. Baranauskas. Elsevier Science Ltd: Low Temperature Chemical Vapour Deposition of Diamond on Tungsten Carbides Using CF_4 Gas Doping for Machine Tool Applications. Vacuum / volume 46 number 1 / pages 5 to 8, 1995.