



TORNEAMENTO DO AÇO ABNT 1045 COM FERRAMENTAS DE METAL DURO E CERMET

Fernando César Corrêa Cordeiro Matosinhos

Açominas - Aço Minas Gerais S/A - Usina Presidente Arthur Bernardes, Rodovia MG 443 KM 07
Fazenda do Cadete - Ouro Branco – MG, 36420-000, Brasil
fmatosinhos@acominas.com.br

Rosemar Batista da Silva

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Av. João Naves de Ávila, 2.121, Uberlândia – MG, 38.400-089, Brasil.
rsilva@mecanica.ufu.br

Alexandre Mendes Abrão

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Mecânica, Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte – MG, 31.270-901, Brasil.
abrao@vesper.demec.ufmg.br

Resumo. *O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho de ferramentas de metal duro revestido e carbonitreto de titânio (cermet) durante o torneamento de acabamento do aço ABNT 1045 tratado termicamente para uma dureza média de 262 HB. Para tanto foram avaliados a vida das ferramentas e o acabamento da superfície usinada sob as seguintes condições de corte: torneamento contínuo a seco com velocidades de corte entre 150 e 400 m/min, avanço de 0,04 e 0,08 mm/rot e profundidade de usinagem constante de 0,5 mm. De um modo geral, os resultados indicaram que a ferramenta de metal duro apresentou melhor desempenho no que se refere à resistência ao desgaste (vida mais longa), para todas as condições de corte testadas. Quanto ao acabamento da peça, a rugosidade da superfície usinada pelo cermet foi ligeiramente menor. Tendo em vista que os materiais para ferramenta apresentam valores de dureza do substrato e resistência à ruptura transversal muito próximos, acredita-se que a presença do revestimento triplo no metal duro e a condutividade térmica do cermet (equivalente a aproximadamente um quarto da apresentada pelo metal duro) sejam os principais responsáveis, respectivamente, pela vida mais longa do metal duro e pelo acabamento de superior qualidade promovido pelo cermet.*

Palavras-chave: torneamento, metal duro, cermet, aço ABNT 1045.

1. INTRODUÇÃO

As exigências da indústria metal-mecânica em relação ao alto desempenho de ferramentas de corte visando garantir maior produtividade promoveu o desenvolvimento de novos materiais para ferramentas de corte. Atualmente é possível encontrar uma ferramenta com aplicação que cobre uma ampla faixa de operações e apresenta bom desempenho em todas elas, ou uma ferramenta específica, exclusiva para um determinado fim, que apresenta resultado ótimo somente numa determinada condição, com um determinado material a usar, e, é óbvio, a um custo muito maior. É sabido que uma ferramenta corta o material basicamente porque é mais dura e mais aguda do que

a peça a ser cortada, porém, nem todo material duro é adequado para ser uma ferramenta de corte. A dureza de uma ferramenta de corte está associada à sua resistência ao desgaste por abrasão, o que afeta basicamente o desgaste de flanco.

A tenacidade indica a capacidade de a ferramenta suportar elevadas forças de corte e cargas de impacto causadas por cortes interrompidos, o que acarreta a fratura e o lascamento da aresta de corte da ferramenta.

Como o processo de usinagem envolve inúmeras variáveis que interagem entre si, resultando num mecanismo complexo. Essa interação entre as variáveis promove o surgimento de agentes indesejáveis que aceleram o mecanismo de desgaste da ferramenta, promovendo uma redução da vida útil, diminuindo a qualidade da superfície e provocando variações dimensionais às vezes não aceitáveis na peça usinada. Desta forma, para resistir à ação dos agentes causadores de desgaste, é necessário garantir algumas características à ferramenta de corte, dentre as quais destacam-se a resistência às tensões compressivas sob elevada temperatura e tenacidade adequada. Mason (1993) cita que o desempenho das ferramentas de corte depende principalmente dos seguintes fatores: dureza, tenacidade, estabilidade química e estabilidade térmica.

O comportamento da ferramenta durante o processo de usinagem é dependente das condições de corte, principalmente da velocidade de corte (v_c), avanço (f) e do tipo e geometria da ferramenta de corte, além das condições da máquina e material da peça a usinar, sendo necessário, portanto, definir um conceito de usinabilidade que permita avaliar o desempenho global obtido. Em geral, o objetivo de se avaliar a usinabilidade é suportado por uma das seguintes necessidades: distinguir o controle da qualidade obtida para diferentes tipos de materiais e ferramentas empregadas sob determinadas condições de corte, ou definir um programa de produção de peças (Naylor, 1979). Normalmente, parâmetros como a vida e o desgaste das ferramentas e o acabamento da superfície da peça são os mais utilizados como indicadores da usinabilidade de materiais. Outros parâmetros como a temperatura de corte, forças de corte, consumo de energia, tipo de cavaco e taxa de remoção de material também podem ser utilizados com esta finalidade.

A usinabilidade dos materiais também é afetada por fatores metalúrgicos que se categorizam em três parâmetros independentes: composição química, microestrutura e propriedades mecânicas.

Para aços médio carbono, o aumento do teor de carbono implica em aumento de dureza e resistência. Com isso, tem-se o aumento da taxa de desgaste da ferramenta, principalmente do desgaste de flanco. Em contraste, verifica-se que para o mesmo aumento no teor de carbono, há considerável melhoria do acabamento da superfície da peça usinada. O teor de enxofre também é bastante significativo, já que forma inclusões com o manganês (Metals Handbook, 1985). Estas inclusões se deformam plasticamente durante a formação do cavaco e produzem planos de deformação de baixa resistência, ao longo dos quais a energia requerida para início e propagação de trincas é menor, facilitando desse modo, a deformação na zona de cisalhamento primário. Isto resulta em um aumento do ângulo do plano de cisalhamento, redução da espessura do cavaco, diminuição do comprimento de contato entre o cavaco e a ferramenta, diminuição das forças de atrito e queda da temperatura de corte. Caso ocorra o depósito de sulfeto de manganês na ferramenta tem-se ainda como benefício o efeito lubrificante, e conseqüentemente a inibição do desgaste. As formas dessas inclusões são de relevante importância nas características do aço. Elas podem ser globulares, esferoidizadas, etc., sendo que cada uma delas provoca alterações drásticas nas propriedades mecânicas do aço, especialmente na tenacidade e na ductilidade, e sua forma é ditada pela solubilidade do manganês nas temperaturas de fusão do aço, que em geral, são controladas pelo teor de oxigênio durante a fundição (Chiaverini, 1986).

A microestrutura do aço é controlada pela composição química e tratamento térmico. A microestrutura ideal para resultar em maximização da usinabilidade é dependente do tipo de aço e das condições de corte empregadas. Kronenberg (1966) determinou o efeito da quantidade de perlita na usinabilidade de um aço ABNT 4135 e comprovou que aços com menor quantidade de perlita garantem vida mais longa à ferramenta ou permitem aplicações de maiores velocidades de corte. Considerando a hipótese da existência de uma correlação direta entre a quantidade de perlita e o

conteúdo de carbono, conclui-se que há uma redução da vida da ferramenta para um aumento no teor de carbono.

A análise da influência das propriedades mecânicas na usinabilidade é feita em consideração às alterações microestruturais. A influência da microestrutura na usinabilidade e nas propriedades mecânicas pode ser compreendida em função da relação entre estrutura e propriedades. Mudanças microestruturais levando a um aumento na dureza de um aço médio carbono e aço baixa liga prejudicam a vida da ferramenta devido à geração de temperaturas de corte elevadas e acelera o mecanismo de desgaste por abrasão. Mudanças microestruturais que aumentam a ductilidade promovem o aumento de energia requerida para a formação do cavaco, reduzem o ângulo de cisalhamento e propiciam a formação da aresta postiça de corte. Como as variações sofridas nos valores de dureza implicam, em ordem inversa, em variações nos valores de tenacidade, uma escolha correta deve ser pautada na análise do tipo de corte e grau de exigência esperado. Desse modo, o melhor grau de usinabilidade é alcançado através de uma combinação adequada de resistência e ductilidade.

A primeira pastilha confeccionada em metal duro foi desenvolvida através de carboneto de tungstênio (WC) e cobalto (Co), conhecida como metal duro de 2 fases (Sandvik Coromant, 1998), visando alto desempenho na usinagem do ferro fundido. Contudo, a afinidade com o carbono promoveu o surgimento do desgaste acentuado de flanco e surgimento de crateras. Posteriormente, em função da ampla gama de aplicações dos aços, desenvolveu-se uma ferramenta com o propósito de obter alto desempenho e menores custos de produção que as primeiras. Tal desempenho tornou-se possível com a adição de elementos como o carboneto de titânio (TiC) e carboneto de tântalo (TaC) combinados, considerados mais estáveis que o WC, dando origem às pastilhas de 3 fases. Também podem ser encontrados metal duro revestidos com TiC, TiN, Al₂O₃ e TiCN. A espessura do revestimento geralmente varia de 2 a 12 µm.

As ferramentas de cermets (fase metálica e cerâmica) começaram a ser desenvolvidas por volta de 1950 criando a expectativa que as propriedades da cerâmica – como a refratariedade e resistências mecânicas à corrosão – com as características de tenacidade e condutividade térmica da fase metálica seria uma boa combinação. No entanto, a realidade após cerca de 30 anos mostrou, por um lado, a limitação na abrangência quando ao uso esperado dos cermets, mas por outro, evidenciou a eficácia destes materiais para aplicações específicas. Pode-se dizer que, em geral, os cermets, possuem as seguintes características: alta resistência ao desgaste de flanco e cratera, alta estabilidade química e dureza a quente e baixa tendência para o desgaste por oxidação.

Portanto a justificativa de escolha das ferramentas de metal duro e cermets baseia-se na recomendação de catálogo para o torneamento de acabamento de aços com dureza média em torno de 260 HB. Com isso pretende-se comparar o desempenho dos dois materiais de ferramentas recomendados para esta operação.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O material de trabalho utilizado foi o aço ABNT 1045 temperado e revenido para uma dureza média de 262 HB na forma de barras cilíndricas de diâmetro 76,2 mm x 350 mm de comprimento. A composição química da corrida é mostrada na Tab. (1).

Tabela 1. Composição química do aço ABNT 1045 (em % peso)

Elemento	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Al
Teor	0,46	0,82	0,26	0,014	0,031	0,13	0,01	0,005	0,027
Elemento	Ti	N	V	Co	Sn	Cu	Nb	Fe	
Teor	0,003	0,055 ppm	0,002	0,007	0,002	0,007	0,005	balanço	

Os ensaios de torneamento contínuo a seco foram realizados em um torno CNC com 5,5 kW de potência e rotação máxima de 3500 rpm. As ferramentas utilizadas são metal duro revestido classe ISO P10-P35 (Sandvik GC4025) e cermet classe ISO P01-P15 (Sandvik CT525). Ambas

ferramentas apresentam a seguinte geometria ISO: SNMG 120408 QF e foram montadas em um porta-ferramentas com código ISO PSDNN 2525M12, o que resultou em um ângulo de posição $\chi_r=45^\circ$, ângulo de saída $\gamma_0 = -6^\circ$ e ângulo de inclinação $\lambda_s = -6^\circ$. A Tabela (2) apresenta as principais propriedades físicas e mecânicas das ferramentas utilizadas nos ensaios.

As condições de corte empregadas (típicas de acabamento) foram as seguintes: inicialmente empregou-se velocidades de corte de 300, 350 e 400 m/min para um avanço de 0,04 mm/rot e profundidade de usinagem de 0,5 mm. Em seguida utilizou-se velocidades de corte de 150, 200 e 300 m/min para um avanço de 0,08 mm/rot e profundidade de usinagem de 0,5 mm, resultando em seis condições de corte distintas.

Tabela 2. Propriedades físicas das ferramentas utilizadas nos ensaios

Ferramenta	Dureza no núcleo (HV)	Densidade (g/cm^3)	Condut. térmica (W/mK)	Resist. à ruptura transversal (kg/mm^2)
Metal duro	1400 a 1500	13,6	85	160
Cermet	1500 a 1650	7,0	20	175

Para a medição do desgaste de flanco das ferramentas foi utilizado um microscópio Mitutoyo, modelo TM505, equipado com micrômetros digitais de resolução milesimal. O desgaste de flanco das ferramentas foi avaliado periodicamente durante a execução dos testes (após o término de cada passe ou de acordo com a severidade dos mesmos). Para a condição de desgaste máximo aceitável foi obedecida a norma ISO 3685 (1997), que recomenda como critério de fim de vida o desgaste de flanco médio ($VB_B = 0,3 \text{ mm}$). Entretanto os testes foram interrompidos após 60 min se este valor não fosse alcançado. A rugosidade média aritmética (R_a) dos corpos de prova foi medida ao final de cada passe, ao longo de três pontos do comprimento do corpo de prova e em seguida foi calculando o valor médio. Para tanto utilizou-se um rugosímetro portátil Mitutoyo, modelo SurfTest 301, ajustado para um comprimento de amostragem igual a 0,8 mm e comprimento total de 4 mm. O tempo de corte foi obtido através da leitura direta no monitor da unidade CNC.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras (1) a (6) representam as curvas de desgaste das ferramentas de metal duro e cermet em função do tempo de corte, adotado o critério de $VB_B = 0,3 \text{ mm}$ e condições de corte conforme Tab. (4). Verifica-se que, conforme esperado, um aumento da velocidade de corte implica em redução da vida útil da ferramenta. Observa-se um melhor desempenho da ferramenta de metal duro para as condições testadas, que após 22 minutos de corte apresentou $VB_B = 0,278 \text{ mm}$ contra $VB_B = 0,338 \text{ mm}$ do cermet para o mesmo tempo.

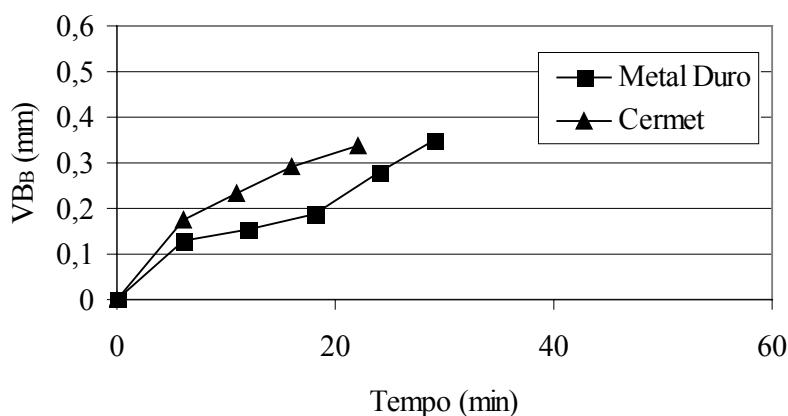


Figura 1. Desgaste de flanco médio (VB_B) em função do tempo de corte para $v_c = 300 \text{ m/min}$, $f = 0,04 \text{ mm/rot}$ e $a_p = 0,5 \text{ mm}$

A Figura (2) mostra uma inclinação um pouco acentuada das duas curvas em função do aumento da velocidade de corte. Nota-se que após 10 minutos de corte, o cermet apresenta um desgaste $VB_B = 0,329$ mm. Para o metal duro, após 12 minutos, o desgaste é $VB_B = 0,290$ mm. Já a Figura (3) mostra uma inclinação acentuada das duas curvas. A velocidade de corte utilizada ($v_c = 400$ m/min) promoveu uma redução dramática da vida útil das duas ferramentas. Após 7 minutos, o desgastes apresentados foram $VB_B = 0,228$ mm para o metal duro e $VB_B = 0,304$ mm para o cermet. Aos 11 minutos, verifica-se a ocorrência da avaria da ponta de corte da ferramenta de metal duro com $VB_B = 0,533$ mm.

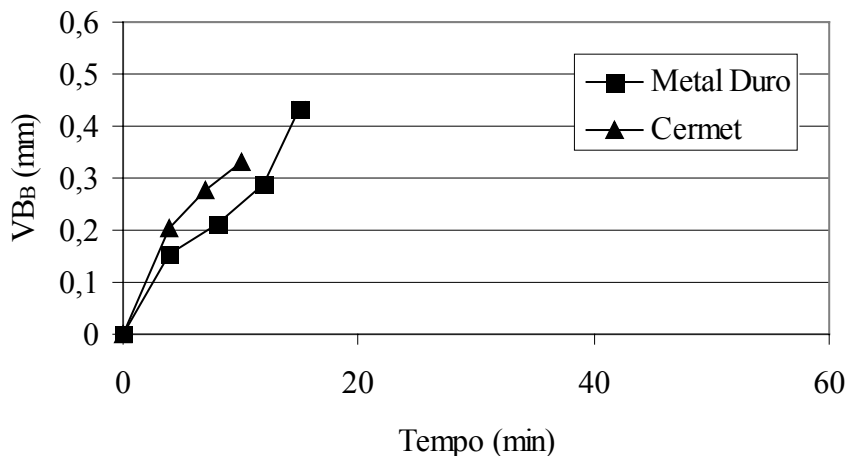


Figura 2. Desgaste de flanco médio (VB_B) em função do tempo de corte para $v_c = 350$ m/min, $f = 0,04$ mm/rot e $a_p = 0,5$ mm

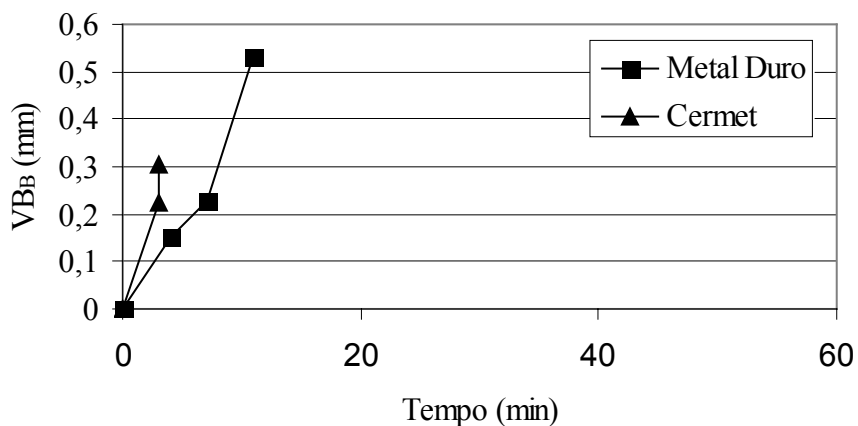


Figura 3. Desgaste de flanco médio (VB_B) em função do tempo de corte para $v_c = 400$ m/min, $f = 0,04$ mm/rot e $a_p = 0,5$ mm

Observa-se na Figura (4) que as duas ferramentas apresentam bom desempenho quanto ao critério de vida útil, levando à interrupção dos testes após um tempo efetivo de corte igual a 60 minutos, sem que o critério de fim de vida fosse atingido.

A Figura (5) mostra que a ferramenta cermet apresenta um melhor desempenho quanto ao critério de vida útil até 20 minutos, com um desgaste $VB_B = 0,228$ mm contra $VB_B = 0,256$ mm do metal duro. Entretanto, após 27 minutos esta situação se inverte.

Nota-se na Figura (6) que o critério de fim de vida foi alcançado após 8 minutos de corte e que a ferramenta cermet apresenta um melhor desempenho ligeiramente superior ao metal duro. Após

esse tempo as duas ferramentas apresentam desempenho similares. Vale ressaltar que o cermet apresentou maior ocorrência de lascamento da aresta principal de corte.

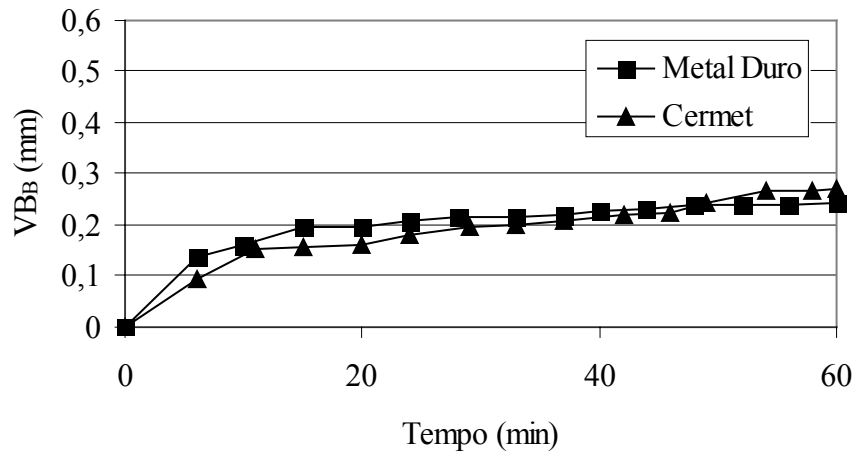


Figura 4. Desgaste de flanco médio (VB_B) em função do tempo de corte para $v_c = 150$ m/min, $f = 0,08$ mm/rot e $a_p = 0,5$ mm

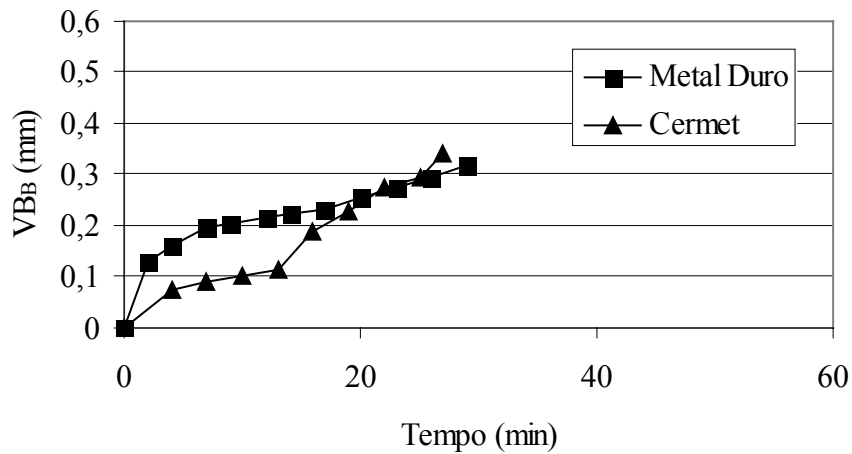


Figura 5. Desgaste de flanco médio (VB_B) em função do tempo de corte para $v_c = 200$ m/min, $f = 0,08$ mm/rot e $a_p = 0,5$ mm

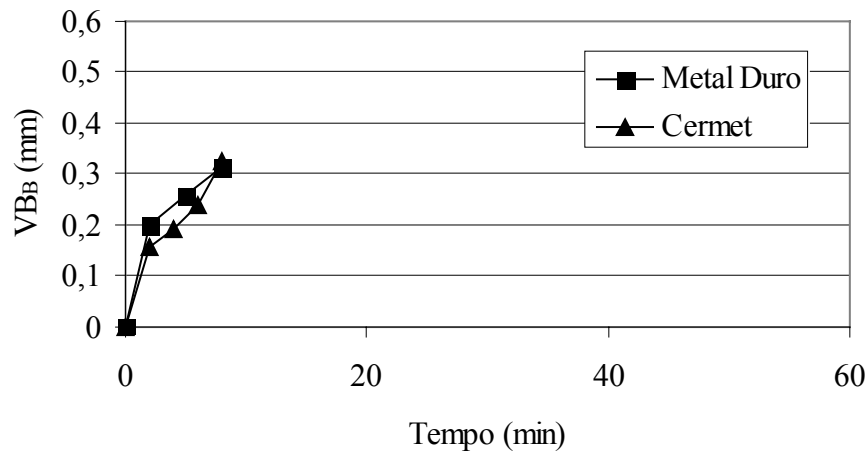


Figura 6. Desgaste de flanco médio (VB_B) em função do tempo de corte para $v_c = 300$ m/min, $f = 0,08$ mm/rot e $a_p = 0,5$ mm

Ao analisar as Figuras de (1) a (6), observa-se um desempenho superior da ferramenta de metal duro para as condições testadas, mesmo sendo aplicadas condições de corte favoráveis à ferramenta cermet, caracterizada por bom desempenho quando submetida a condições de altas velocidades de corte e baixos avanços. Esse fato pode ser atribuído ao tratamento térmico aplicado para a elevação da dureza da peça e pela quantidade de TiC presente naquela ferramenta. Além disso, a duplicação do valor do avanço de 0,04 para 0,08 mm/rot contribuiu para uma redução acentuada da vida útil das duas ferramentas (equivalente a 362%), reduzindo o tempo efetivo de corte de 29 para 8 min. Tal fenômeno pode ser devido ao fato de que o aumento do avanço propicia um aumento do calor gerado e, conseqüentemente, acelera os mecanismos termicamente ativados. Para os valores de avanço testados, observou-se um cavaco em forma de fita, causado por uma seção de corte pequena. A ação mecânica desse tipo de cavaco pode ter proporcionado microlascamentos das arestas de corte das ferramentas. A análise dos tipos de desgaste envolvidos sugere a ocorrência de abrasão, uma vez que percebeu-se sulcos na superfície de folga principal. Esse mecanismo de desgaste pode ser ativado por partículas de alta dureza, tais como os carbonetos presentes nas duas ferramentas ou ainda, no material da peça após tratamento térmico. Para velocidades de corte mais altas é provável que o desgaste difusivo contribua de maneira significativa. Entretanto, não é possível confirmar esse fato sem a análise das superfícies desgastada, através da microscopia eletrônica de varredura.

As Figuras (7) a (12) representam os valores de rugosidade média aritmética (R_a) em função do tempo para as diversas condições testadas. Embora exista uma tendência quase sempre freqüente de elevação de R_a com o tempo de usinagem, os gráficos apresentam um comportamento um tanto irregular. Em geral, o cermet produziu melhor qualidade da superfície da peça para todas as condições testadas, principalmente pela combinação entre velocidades de corte mais altas e valores de avanço mais baixos. A duplicação do avanço promoveu alteração significativa na rugosidade da superfície da peça para as duas ferramentas, sendo que para o metal duro essa alteração foi mais perceptível. Para $f = 0,04$ mm/rot, o metal duro propiciou R_a entre 0,4 e 0,8 μm , ao passo que o acabamento fornecido pelo cermet foi 0,4 e 0,6 μm . Para $f = 0,08$ mm/rot, os valores de R_a foram de 0,4 a 1,4 μm . Esse fenômeno também foi observado nos experimentos feitos por Goller e Barrow (1995), que utilizaram ferramentas com raio de ponta similar às utilizadas neste trabalho (0,8 mm). De um modo geral, para $f = 0,04$ mm/rot, o metal duro propiciou R_a entre 0,4 e 0,8 μm , ao passo que o acabamento fornecido pelo cermet foi 0,4 e 0,6 μm . Para $f = 0,08$ mm/rot, os valores de R_a foram de 0,4 a 1,4 μm .

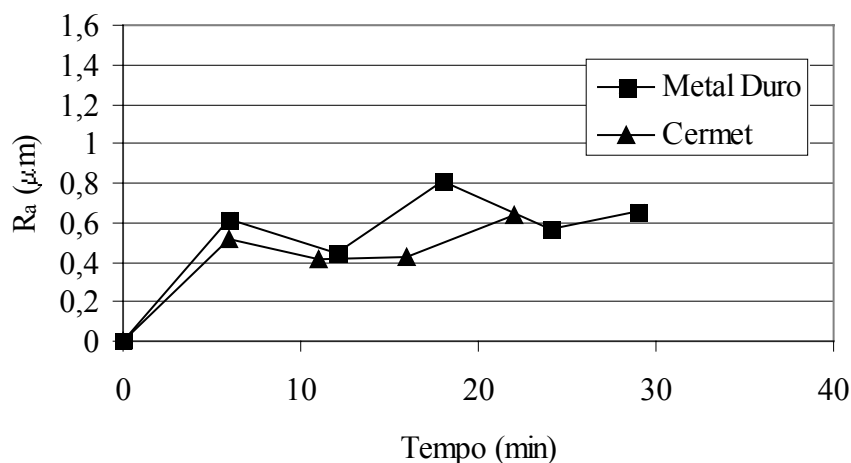


Figura 7. R_a em função do tempo de corte para $v_c = 300$ m/min, $f = 0,04$ mm/rot e $a_p = 0,5$ mm

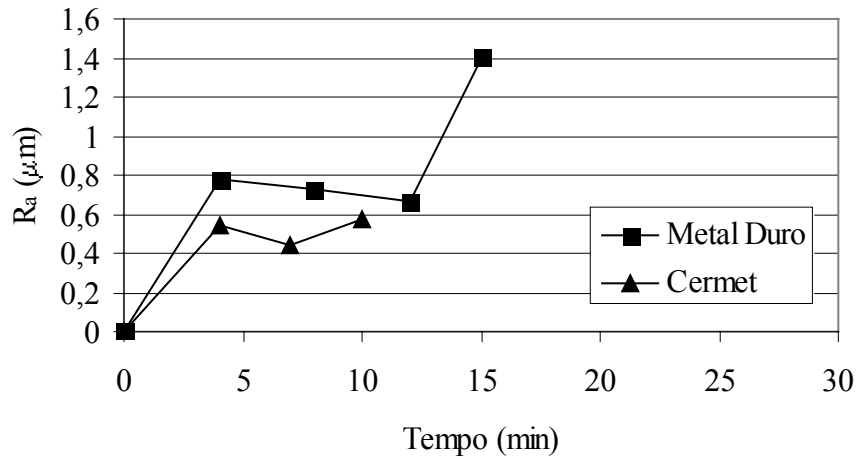


Figura 8. R_a em função do tempo de corte para $v_c = 350$ m/min, $f = 0,04$ mm/rot e $a_p = 0,5$ mm

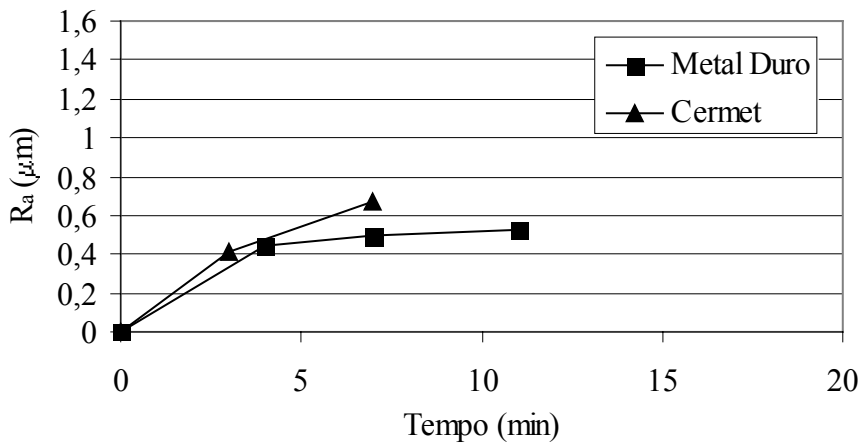


Figura 9. R_a em função do tempo de corte para $v_c = 450$ m/min, $f = 0,04$ mm/rot e $a_p = 0,5$ mm

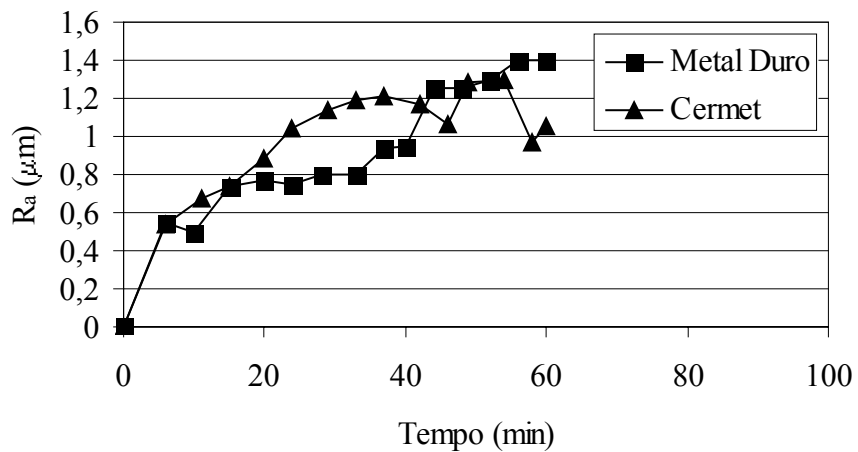


Figura 10. R_a em função do tempo de corte para $v_c = 150$ m/min, $f = 0,08$ mm/rot e $a_p = 0,5$ mm

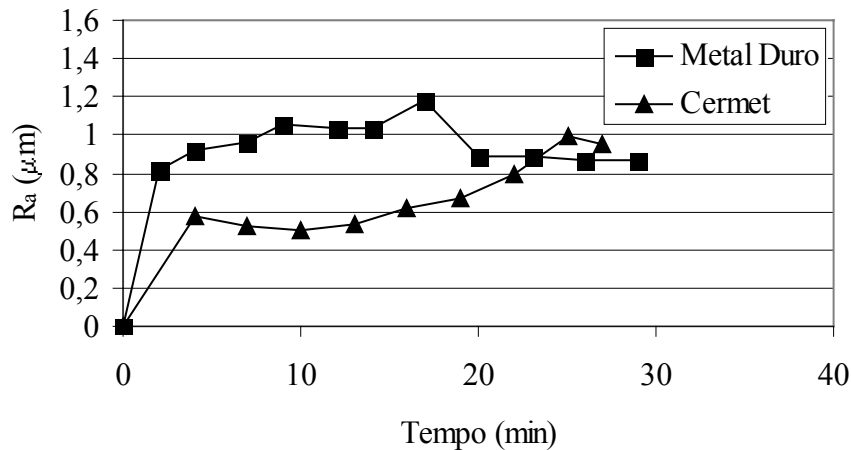


Figura 11. R_a em função do tempo de corte para $v_c = 200$ m/min, $f = 0,08$ mm/rot e $a_p = 0,5$ mm

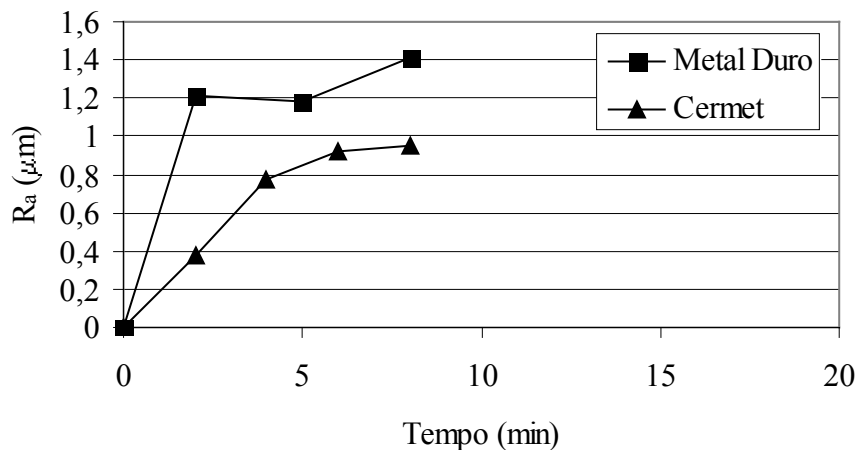


Figura 12. R_a em função do tempo de corte para $v_c = 300$ m/min, $f = 0,08$ mm/rot e $a_p = 0,5$ mm

As Figuras (7) a (12) também evidenciam a deterioração da rugosidade com o tempo de usinagem. A alteração do raio de ponta da ferramenta, juntamente com a deterioração da aresta de corte, são as principais responsáveis por esse efeito. A elevação súbita de R_a para a ferramenta de metal duro para a condição: $v_c = 350$ m/min, $f = 0,04$ mm/rot e $a_p = 0,5$ mm, como mostra a Fig. (8), está diretamente associada a tal deterioração.

4. CONCLUSÕES

As seguintes conclusões podem ser tiradas deste trabalho:

- Para o torneamento contínuo a seco do aço ABNT 1045, temperado e revenido, para uma dureza de 282 HB, nas condições testadas, a ferramenta de metal duro apresentou melhor desempenho do que o cermet para um avanço de 0,04 mm/rot. Quando o avanço foi alterado para 0,08 mm/rot, as duas ferramentas apresentaram comportamento similar;
- Em termos de qualidade da superfície usinada, o cermet apresentou melhores resultados do que o metal duro;
- Desgaste abrasivo foi observado na superfície de folga de todas as ferramentas de corte. Fratura súbita, na forma de lascamento, também foi freqüente.

5. REFERÊNCIAS

- CHIAVERINI, V., 1986, Tecnologia Mecânica, vol. 1, 2^a edição, Editora Mc Graw – Hill do Brasil, 266 pags.
- GOLLER, J.A. and BARROW, G., 1995, “The prediction of surface finish in turning operations”, Matador Manchester.
- ISO 3685, 1997, “Tool life testing with single point turning tools.
- KRONENBERG, M., 1966, “Machining science and application”, Pergamon Press, pp. 196-209.
- MASON, F.O., Agosto 1993, “O torneamento de materiais endurecidos não é magia negra”, Revista Máquinas e Metais, Aranda Editora, Ano XXVIII, n.331, pp. 26-30.
- ASM - METALS HANDBOOK, 1985, “Properties and selection: iron and steels”, vol. 1, ninth edition, 775 pags.
- NAYLOR, D.J., 1979, “Machinability”, The institution of metallurgists, pp. 30-41.
- SANDVIK COROMANT, 1998, “Catálogo Coromant para seleção de ferramentas de corte”.

TURNING OF AISI 1045 STEEL WITH COATED CARBIDE AND CERMET TOOLS

Fernando César Corrêa Cordeiro Matosinhos

Açominas - Aço Minas Gerais S/A - Usina Presidente Arthur Bernardes, Rodovia MG 443 KM 07
Fazenda do Cadete - Ouro Branco – MG, 36420-000, Brazil

Rosemar Batista da Silva

University of Uberlândia, School of Mechanical Engineering, Av. João Naves de Ávila, 2.121,
Uberlândia – MG, 38.400-089, Brazil.

Alexandre Mendes Abrão

University of Minas Gerais, Department of Mechanical Engineering, Av. Antônio Carlos, 6627,
Pampulha, Belo Horizonte – MG, 31.270-901, Brazil.

***Abstract.** The aim of this work is to investigate the performance of coated carbide and cermet tools when finish turning AISI 1045 steel after quenched and tempered for an average hardness of 262 HB. Tool life and workpiece surface finish were the parameters evaluated under the following cutting conditions: continuous dry turning at cutting speeds ranging from 150 to 400 m/min, feed rates of 0,04 and 0,08 mm/rev and constant depth of cut of 0,5 mm. In general, the results indicated that the coated carbide tool achieved best performance when compared to cermet in terms of wear resistance (longer life tool) for all conditions tested. On contrast, the cermet provided slightly superior performance concerning the machined surface finish. Since the tool materials possess similar hardness and transversal rupture strength, it is believed that the presence of the coating on the hardmetal and the lower thermal conductivity of the cermet (one quarter of the hardmetal) were the responsible for the longer life tool of the coated carbide and for the superior surface finish provided by cermet, respectively.*

***Keywords:** turning, coated carbide, cermet, AISI 1045 steel.*