

DESEMPENHO DE FERRAMENTAS DE METAL DURO TEXTURIZADAS A LASER ANTES DA COBERTURA NO FRESAMENTO A SECO DE AÇO FERRAMENTA

José Manuel Arroyo Osorio, jmarroyoo@fem.unicamp.br¹

Anselmo Eduardo Diniz, anselmo@fem.unicamp.br¹

Milton Sergio Fernandes de Lima, msflima@yahoo.com.br²

¹DEF-FEM-UNICAMP, 13083-970, CP 6122, Campinas, SP, Brasil.

²CTA-IEAv-Divisão de Fotônica, 12228-970, CP 6044, São Jose dos Campos, SP, Brasil.

Resumo: Neste trabalho foi comparado o desempenho na usinagem entre dois tipos de ferramentas de metal duro recobertas: ferramentas comerciais e ferramentas experimentais tratadas a laser. A diferença entre as ferramentas é o método de preparação da superfície do substrato para a aplicação do recobrimento. Nas ferramentas comerciais é utilizado jateamento com micropartículas de alumina enquanto nas ferramentas experimentais foi utilizada texturização usando um laser de CuHBr. Todas as ferramentas foram recobertas por MT-CVD em instalações industriais com tripla camada de cobertura composta de $TiCN+Al_2O_3+TiN$. O material de trabalho para os testes de fresamento de topo a seco, foi o aço ferramenta ISO-P20. Os resultados mostraram que o desempenho na usinagem das ferramentas experimentais tratadas a laser é equiparável ao das ferramentas comerciais, porém fornecendo vantagens adicionais no que concerne ao impacto ambiental, às possibilidades de automatização e ao tempo de processo para a preparação da superfície antes do recobrimento.

Palavras-chave: Ferramentas de corte, Metal duro recoberto, Texturização a laser.

1. INTRODUÇÃO

No processo industrial de fabricação das ferramentas de metal duro com recobrimento é utilizado o jateamento da superfície do substrato com micropartículas abrasivas e/ou tratamentos químicos para produzir uma superfície com a rugosidade apropriada, sem excesso de Co e com esforços residuais compressivos. Estes são mecanismos para aumentar a resistência de aderência do recobrimento depositado posteriormente (Taher, 1999). Uma maior resistência de aderência é sempre vantajosa, pois assim o recobrimento fica aderido ao substrato durante mais tempo, aumentando a vida da ferramenta de corte (Bouzakis et al., 2000). Estes métodos de preparação da superfície, embora eficientes e muito utilizados, apresentam desvantagens do ponto de vista da salubridade do local de trabalho (Verdier et al., 2003) e do tempo de processo e mão de obra necessária, além de não permitirem um controle preciso da rugosidade superficial obtida (Semak e Dahotre, 1998).

De outro lado o tratamento de superfície a laser tem demonstrado ser uma alternativa ao processo de jateamento (Verdier et al., 2003) além de apresentar maior facilidade de automação e permitir o tratamento seletivo de superfícies complexas (Neves, Diniz e Lima, 2006). A texturização de superfície a laser se baseia num laser pulsado que através da ablação localizada de material gera a topografia superficial ótima. Durante o processo, um feixe laser de alta intensidade é finamente focado no volume de interação do material, injetando uma elevada densidade de energia que funde rapidamente a superfície selecionada. Então a micro-poça de material fundido será deformada sob a tensão superficial e se solidificará instantaneamente devido à elevada taxa de dissipação de calor no ciclo *off* do feixe (Wang et al., 2007). A interação do feixe laser com o material da superfície produz fusão, movimento do material fundido, evaporação, sublimação e solidificação resultando na mudança da topografia da superfície. Na zona de interação podem ser produzidas diferentes geometrias pela variação dos parâmetros da interação, que determinam a natureza física do processo (Semak e Dahotre, 1998).

Em trabalho anterior Arroyo, Diniz e Lima (2008), descreveram a utilização do laser de CuHBr pulsado no tratamento de superfície de substratos de metal duro previamente ao processo de recobrimento MT-CVD com $TiCN+Al_2O_3+TiN$. Os resultados dos experimentos mostraram duas condições do processo laser que apresentaram no teste de aderência Rockwell C, uma resistência de aderência comparável à das ferramentas comerciais, pré-tratadas por

microjateamento. O foco do presente trabalho é detalhar melhor o desempenho comparativo na usinagem entre as ferramentas experimentais tratadas a laser e as ferramentas comerciais microjateadas.

2. DETALHES EXPERIMENTAIS

2.1. Ferramentas de corte

Os substratos de metal duro utilizados são especificados para operações de fresamento de topo em semi-acabamento. O material especificado é a classe Sandvik® 4030, equivalente à ISO P25, M15 e K30. Sua composição nominal é 9% de cobalto, 90% carboneto de tungstênio e 1% de carbonetos complexos (TiC, TaC, NbC) com um tamanho de grão entre 3 e 5 μm . Esta classe tem um recobrimento de TiCN+Al₂O₃+TiN aplicado por MT-CVD e de acordo com as informações recebidas do fabricante, as ferramentas comerciais passam por um pré-processo de preparação da superfície para o recobrimento consistente no jateamento com pó micrométrico de Al₂O₃.

Os substratos experimentais foram recebidos em estado retificado, a texturização da superfície foi executada com um laser CuHBr pulsado com comprimento de onda $\lambda = 510 \text{ nm}$, largura de pulso $\tau = 30 \text{ ns}$, geometria aproximadamente circular com diâmetro no foco de 30 μm e frequência de pulsação de 13.8 kHz. Este laser apresenta um elevado fator de qualidade M² de aproximadamente 4.9. A velocidade e a superposição da trajetória do feixe foram programadas de acordo com o número de disparos laser planejados para irradiar cada ponto da superfície de trabalho.

A texturização foi efetuada em atmosfera aberta e posteriormente, em instalações industriais, os substratos foram lavados em banho ultra-sônico e recobertos por deposição química de vapor de temperatura moderada (MT-CVD) com uma camada múltipla composta por TiCN+Al₂O₃+TiN de ~5 μm de espessura. A comparação inicial da resistência de aderência entre as superfícies com cobertura estudadas foi realizada através do teste Rockwell C utilizando um durômetro marca Pantec.

2.2. Material de trabalho

O material de trabalho selecionado foi o aço para molde P20 com composição química média: 0.36% C, 1.60% Mn, 1.80% Cr, 0.20% Mo, 0.70% Ni e Fe completando o balanço até 100%. A dureza média dos corpos de prova utilizados foi 33 HRC. Os aços P20, conhecidos também como aços molde de baixo carbono, contêm cromo como principal elemento de liga, o qual lhes confere elevada resistência ao amolecimento em temperaturas elevadas. Seu módulo de elasticidade está ao redor de 200 GPa, condutividade térmica de 29 W m⁻¹ °C e densidade de 7.85 g cm⁻³. O tratamento térmico usual destes aços consiste em austenização a 860 °C seguida de tempera em óleo e revenido a 540 °C. A microestrutura típica de um aço P20 temperado e revenido apresenta partículas esferoidais de carbonetos embebidas numa matriz de martensita aliviada de tensões. O ponto de fusão do aço P20, para um conteúdo de carbono de aproximadamente 0.42%, estimado do diagrama de fases Fe-C, está na faixa entre 1490–1520 °C, embora, devido à presença dos outros elementos de liga, o ponto de fusão possa variar levemente.

2.3. Testes de usinagem

Os testes de usinagem em fresamento de topo foram efetuados em um centro de usinagem vertical Mori Seiki SV-40 com potência no eixo-árvore de 22 kW e rotação máxima de 12000 r.p.m. As ferramentas de corte incluíram insertos Sandvik® para fresamento de aços em desbaste médio (aresta tipo -M) da referência RCKT_12_04_M0_PM (pastilha redonda), fresa R200_020A25_12M e mandril hidromecânico 392.272HMD_40_25_094.

Depois dos testes de usinagem preliminares foram selecionadas duas velocidades de corte: 200 e 250 m/min. Os outros parâmetros utilizados foram: avanço por dente de 0.35 mm (calculado para obter uma máxima espessura do cavaco de 0.1 mm), profundidade de corte axial de 1 mm (usual em operações de semi-acabamento) e profundidade de corte radial de 16 mm (aproximadamente 2/3 do diâmetro efetivo de corte de 26.6 mm). O corte foi realizado a seco e uma seqüência de experimentos completamente aleatória com duas réplicas foi executada.

2.4. Caracterização do desgaste

O desgaste de flanco VB_{MAX} = 0.3 mm e/ou lascamento e/ou fratura excessivos foram usados como critério de fim de vida da ferramenta. A evolução do desgaste das ferramentas foi acompanhada com um sistema composto de microscópio óptico estereoscópico marca Leica, câmera digital e software de captura e análise de imagens. As arestas desgastadas foram posteriormente submetidas à lavagem com ultra-som para as análises no MEV (Microscópio Eletrônico de Varredura) juntamente com análises EDS (Espectroscopia de Energia Dispersiva) no microscópio JEOL-JXA-840A.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não existe um modelo do processo de texturização a laser e o método de ensaio e erro para alcançar um resultado desejado é importante e amplamente utilizado nas pesquisas industriais (Semak e Dahotre, 1998). Neste trabalho, depois de produzir 21 superfícies, foram identificadas duas condições do tratamento a laser que produziram uma resistência de

aderência comparável à das ferramentas comerciais quando avaliada com o teste de indentação Rockwell C de uso corrente na indústria de recobrimentos (Vidakis, Antoniadis e Bilalis, 2003). Estas condições foram 64 pulsos-239 MW/cm² e 02 pulsos-410 MW/cm² (Arroyo, Diniz e Lima, 2008). Posteriormente foi fabricado um grupo de substratos com estas condições de tratamento laser, os quais foram comparados com os insertos comerciais em testes de usinagem cujos resultados estão a seguir.

3.1. Vida das ferramentas na usinagem

Os resultados da vida das ferramentas são apresentados na Fig. (1). De acordo com os resultados de Hee-Kwon et al. (1995) a população de vida das ferramentas de corte de metal duro com cobertura no fresamento de topo de aço pode se considerar normal. Estes pesquisadores utilizaram o teste χ^2 e verificaram que as distribuições de desgaste do flanco da ferramenta para cada tempo de corte são consistentes com as distribuições normal e normal logarítmica. Neste caso, e assumindo uma distribuição normal da população de vida das ferramentas nas condições testadas, foram comparadas as médias de vida entre os dois grupos de ferramentas experimentais tratadas a laser e as ferramentas comerciais usando o teste-t. De acordo com o resultado obtido pode afirmar-se com uma confiança de 95% que os dois métodos de preparação laser do substrato produzem a mesma vida que as ferramentas comerciais microjateadas nas duas velocidades de corte ensaiadas. Em outras palavras, este resultado prova que a preparação do substrato através de texturização a laser pode ser utilizada sem detrimento da vida da ferramenta e, conseqüentemente sem diminuir a produtividade do processo de usinagem. Em conseqüência a escolha entre o processo convencional de microjateamento ou o processo de texturização a laser dependerá dos custos econômicos e ambientais de cada processo.

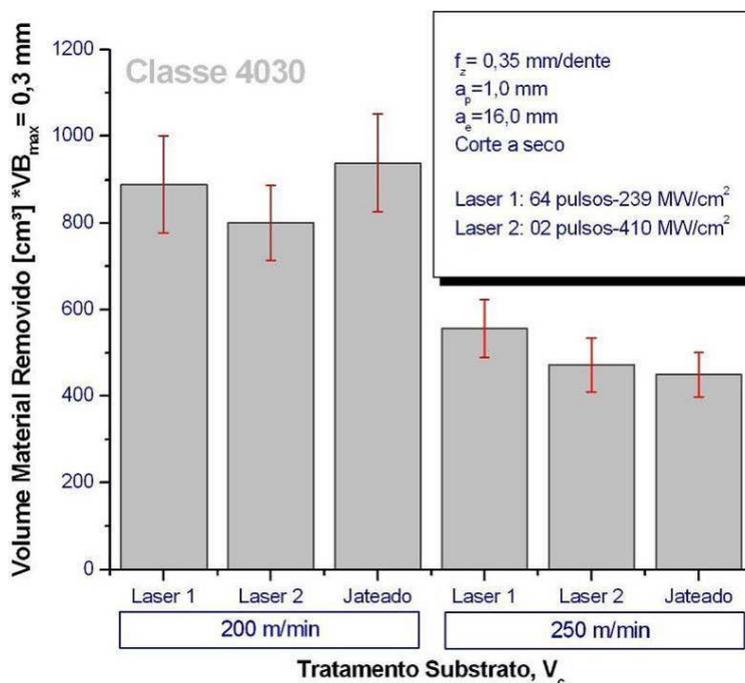


Figura 1. Resultados experimentais de vida das ferramentas testadas.

3.2. Evolução do desgaste de flanco nas arestas de corte

A Figura (2) mostra a evolução do desgaste de flanco versus o tempo de corte tanto para as ferramentas texturizadas quanto para as microjateadas nas duas velocidades de corte ensaiadas. Não há diferenças significativas na velocidade do desgaste imputáveis ao processo de preparação das superfícies, seja através de microjateamento ou através de texturização a laser. Com o incremento da velocidade de corte, a taxa de desgaste aumentou e a faixa de velocidade de corte em que o desgaste é aproximadamente estável diminuiu significativamente evidenciando o efeito do aumento da temperatura em cada ciclo de corte. Na velocidade de corte de 200 m/min observa-se uma alta velocidade de desgaste inicial seguido de uma zona mais ou menos estável e uma faixa final com aumento maior da velocidade de desgaste devido principalmente ao aumento da temperatura produzido, por sua vez, pelo desgaste cada vez maior. Na velocidade de corte de 250 m/min teve-se uma curta duração do desgaste estável, exibindo um desgaste acelerado durante praticamente toda a vida das ferramentas. Para todas as ferramentas ensaiadas, com a velocidade de corte de 200 m/min o volume de material usinado foi quase o dobro do que com a velocidade de corte de 250 m/min.

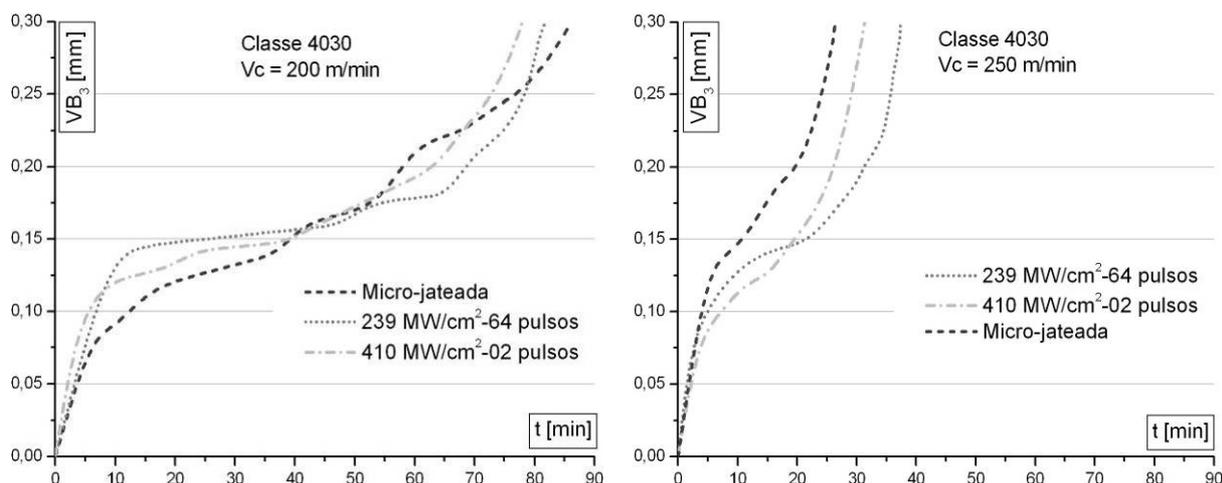


Figura 2. Progressão do desgaste de flanco nas ferramentas comerciais (microjateadas) e nas experimentais texturizadas a laser.

3.3. Avarias e mecanismos de desgaste

Todas as ferramentas mostraram um perfil de desgaste parecido. Na Fig. (3) são apresentadas três arestas em que se pode notar que o perfil do desgaste não regular foi predominante, não houve presença de microlascamento significativo, nem de quebra da aresta de corte. Ocorreram duas zonas de desgaste predominante: na região de menor espessura média do cavaco e na região de maior espessura média, mas na maioria dos casos o maior desgaste de flanco aconteceu nesta última região. Os mecanismos de desgaste assinalados na Fig. (3) foram identificados pelo exame visual das imagens de microscopia eletrônica realizadas e pelo resultado da análise EDS em pontos selecionados das superfícies desgastadas. A seguir se apresentam os principais fenômenos identificados.

3.3.1. Difusão

O desgaste difusivo (Farhat, 2003) ocorre pela difusão de elementos ao longo da interface cavaco-ferramenta de acordo com a Eq. (1):

$$M = 2c_0bh \left(\frac{D_0 t}{\pi} \right)^{1/2} \exp\left(-\frac{Q}{2RT} \right) \quad (1)$$

Onde M representa a difusão de massa através da interface cavaco-ferramenta, c_0 é a concentração inicial do elemento. D_0 é o coeficiente de difusão, Q é a energia de ativação, h é o comprimento da interface ferramenta-cavaco, b é a espessura de corte, t é o tempo durante o qual acontece o fenômeno de difusão e T é a temperatura média na superfície de saída da aresta. De acordo com esta relação, a difusão do material da aresta de corte é altamente dependente da temperatura na região de corte.

Grzesik e van Luttervelt (2005) determinaram experimentalmente e pelo método das diferenças finitas a distribuição de temperatura na subsuperfície da ferramenta e a temperatura na interface cavaco-ferramenta de ferramentas de metal duro ISO-P20 sem recobrimento e com recobrimento CVD-TiC+Al₂O₃+TiN quando da usinagem em corte contínuo de aço carbono AISI 1045 e aço inoxidável AISI 316 nas condições de corte $v_c = 145$ m/min, $f_z = 0,16$ mm e $a_p = 2$ mm. As temperaturas médias experimentais encontradas na interface foram 709 °C (ISO-P20 AISI 1045), 894 °C (ISO-P20 AISI 316), 616 °C (CVD-TiC+Al₂O₃+TiN AISI 1045) e 717 °C (CVD-TiC+Al₂O₃+TiN AISI 316). Levando em conta que neste trabalho foram usadas velocidades de corte maiores embora o material usinado seja diferente, pode se estimar uma temperatura na interface cavaco-ferramenta na faixa dos 800 °C.

A alta temperatura e a elevada pressão de contato na interface cavaco-ferramenta proporcionam as condições favoráveis à difusão de átomos da ferramenta no cavaco. Como sugerido por Trent e Wright (2000), a difusão na superfície de saída pode se atribuir ao perfil de velocidade do fluxo do cavaco, relativamente devagar sobre a superfície de saída e crescentemente mais rápido no resto da seção do cavaco.

Áreas lisas como as marcadas como “difusão” nas superfícies de saída das três arestas da Fig. (3) indicam que houve difusão (Machado e Silva, 2004). A análise EDS na superfície de saída da ferramenta (A) da Fig. (3) não mostrou a presença de material de trabalho, evidenciando que o material foi difundido predominantemente da ferramenta para o cavaco como se infere do EDS efetuado sobre o cavaco aderido na superfície de saída da ferramenta (A) da Fig. (3) em que há elementos do recobrimento junto com o material de trabalho aderido.



Figura 3. Mecanismos de desgaste identificados, não houve diferenças notáveis entre as ferramentas experimentais texturizadas a laser e as ferramentas comerciais (microjateadas).

3.3.2. Attrition

Como se observa na Fig. (3) houve material de trabalho aderido massivamente no flanco de todas as ferramentas mostradas e uma quantidade menor na superfície de saída, especificamente na faixa em que acaba a área de contato cavaco-ferramenta, como revelado pelo EDS nesta região da aresta (C) na Fig. (3). De acordo com König et al. (1991), a adesão acontece após desgaste e/ou delaminação do recobrimento. Como indicado na Fig. (3) nas ferramentas testadas a 200 m/min é visível o fenômeno de *attrition* (remoção de grãos da superfície da ferramenta pelo cavaco e/ou superfície aderentes) na região próxima ao fim do contato da aresta com a peça onde se tem a maior espessura média do cavaco. A superfície irregular assinalada como “*attrition*” indica que partículas do substrato foram arrancadas sequencialmente pelo cavaco. Possivelmente, a difusão do Co no cavaco produziu o enfraquecimento progressivo da fixação dos carbonetos da ferramenta originando finalmente sua remoção por *attrition*.

Na Figura (4) é evidente que na superfície de folga houve também a presença do fenômeno de *attrition*. Depois de remover o material de trabalho com ácido sulfúrico 50% durante 15 segundos seguido de lavagem ultra-sônica em água corrente, a superfície revelada mostrou o substrato com a estrutura áspera característica do material retirado irregularmente por *attrition*.

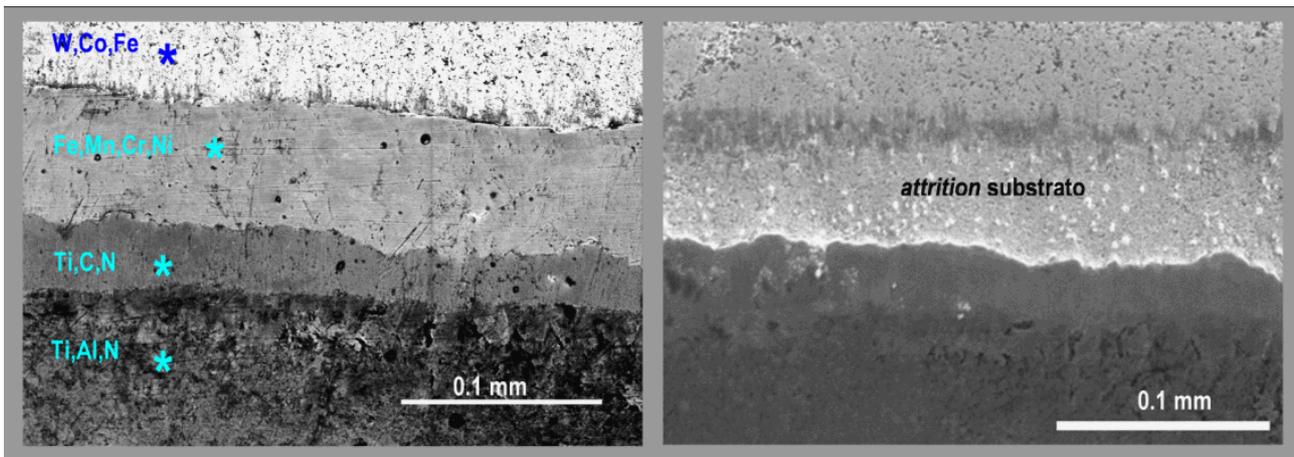


Figura 4. Detalhe do desgaste no flanco da aresta microjateada depois do corte a $v_c = 200$ m/min (esquerda) e depois de remover quimicamente o material de trabalho aderido (direita).

3.3.3. Microfusão

As microcrateras assinaladas como “microfusão” na Fig. (3) mostram uma superfície com claras linhas de fluxo e sem aparência de abrasão ou lascamento ou de material arrancado irregularmente por *attrition*. O exame EDS mostra a presença de Fe espalhado com material do substrato. O aspecto parece ser de material fundido expulso sob pressão da área da cratera. Adicionalmente, a presença de cavacos incandescentes e faíscas no final da vida de todas as ferramentas testadas indicam que houve fusão do material de trabalho devido ao aumento da temperatura originado pelo maior atrito com a ferramenta desgastada. Devido ao fato de que o ponto de fusão do Co (1493 °C) do substrato é muito próximo do ponto de fusão do aço (1490–1520 °C), é possível que o Co tenha sofrido fusão localizada. Além disto, a temperatura eutética ternária do WC-Co é 1280 °C, sendo então possível uma reação com fusão do WC. Este fenômeno se apresentou preferencialmente na região de menor espessura média do cavaco, na qual a pressão e o atrito sobre a superfície de folga da aresta de corte são maiores.

3.3.4. Delaminação

Na aresta (A) da Fig. (3) texturizada com 64 pulsos-239 MW/cm² e ensaiada à $v_c = 200$ m/min, apresentou-se um caso isolado de delaminação além da superfície de saída na região em contato com a menor espessura média do cavaco. Esta região apresentou também deformação plástica do substrato, que possivelmente foi a causa da delaminação observada. Em nenhuma outra região das arestas ensaiadas se observou delaminação com estas características, nem a 200, nem a 250 m/min. Mas não são descartáveis micro-delaminações localizadas que tenham acontecido nos primeiros segundos do corte, como descrito por Jawaid (2000) e por Cho e Komvopoulos (1997), dando lugar aos outros mecanismos de desgaste no contato direto entre o material de trabalho e o substrato. As observações sugerem que tanto as ferramentas comerciais quanto as experimentais texturizadas a laser apresentam resistência similar à delaminação e às falhas de coesão do substrato perto da superfície recoberta.

3.3.5. Trincas

Apresentaram-se trincas na região de maior espessura média do cavaco como a assinalada na aresta (B) da Fig. (3) especialmente nas arestas testadas a $v_c = 250$ m/min em que a temperatura de corte é naturalmente maior do que a 200 m/min. A orientação da trinca, perpendicular à aresta é típica da origem térmica (Diniz, Marcondes, e Coppini, 2003). Além disto, os ciclos de esforço cortante ultrapassando a resistência do substrato podem ter tido também influência na gênese da trinca. Nas arestas que apresentaram trinca, o maior desgaste de flanco ocorreu precisamente no local da trinca, isto é, a infiltração de material do cavaco na trinca aumentou a taxa de erosão por *attrition* das partículas de carboneto do substrato nas bordas e dentro da trinca, fazendo com que a velocidade de desgaste aumentasse localmente.

3.3.6. Abrasão

Nas regiões desgastadas do flanco das ferramentas com o substrato visível, assinaladas como “abrasão” na Fig. (3), é possível ver riscos na direção do fluxo do material da peça, assim como nas regiões da camada de TiCN identificadas como “abrasão TiCN”. Os principais agentes responsáveis pela abrasão neste caso são os carbonetos da nova superfície gerada no material de trabalho em cada ciclo de corte.

4. CONCLUSÕES

Com base nas discussões e resultados experimentais, pode se concluir que o pré-tratamento do substrato através de texturização com o laser CuHBr pulsado poderia ser um método eficaz e praticável na preparação de superfície para melhorar a aderência do recobrimento de TiCN+Al₂O₃+TiN depositado sobre metal duro.

Os parâmetros do processo laser têm uma grande influência na resistência de aderência do recobrimento e para cada aplicação particular deve se dedicar um grande esforço experimental para encontrar valores ótimos. Neste caso com 64 pulsos-239 MW/cm² e 02 pulsos-410 MW/cm² os resultados foram bastante satisfatórios.

A vida das ferramentas pré-tratadas com os dois conjuntos de parâmetros laser foi estatisticamente igual à das ferramentas comerciais pré-tratadas por microjateamento. Isto significa que a texturização a laser é efetivamente uma alternativa de processo na preparação da superfície para a classe de metal duro estudada, ao menos nas duas velocidades de corte e demais parâmetros utilizados neste trabalho.

Todas as ferramentas apresentaram um padrão de desgaste similar, e não foi detectada em nenhum caso uma queda na resistência de aderência que comprometesse de forma direta o rendimento da ferramenta.

Diversos mecanismos de desgaste ocorreram nas superfícies de saída e folga, tanto nas ferramentas comerciais, quanto nas ferramentas texturizadas (difusão, attrition, abrasão, delaminação e trinca). Um mecanismo secundário de desgaste foi detectado, chamado desgaste por micro-fusão. Os cavacos de aço fundido como resultado da elevação da temperatura no final da vida das ferramentas possivelmente produziram fusão localizada do Co, seguida da ejeção do volume comprometido da região de corte.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi possível graças ao suporte das seguintes instituições e empresas: Universidade Nacional da Colômbia, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Estudos Avançados do Centro Técnico Aeroespacial, Sandvik-Coromant do Brasil e Villares Metals S.A.

6. REFERÊNCIAS

- Arroyo, J.M., Diniz, A.E. and Lima, M.S.F., 2008, “Laser Texturing of Carbide Coated Tool Substrate”, Proceedings of the 8th International Conference on Advanced Manufacturing Systems and Technology, Vol. 1, Udine, Italia, pp. 453-463.
- Bouzakis, K. et al., 2000, “Increasing of cutting performance of PVD coated cemented carbide inserts in chipboard milling through improvement of the film adhesion, considering the coating cutting loads”, Surface and Coatings Technology, Vol. 133-134, pp. 548-554.
- Cho, S.S. and Komvopoulos, K., 1997, “Wear Mechanisms of Multi-Layer Coated Cemented Carbide Cutting Tools”, Journal of Tribology, Vol. 119, pp. 8.
- Diniz, A.E., Marcondes, F.C., Coppini, N.L., 2003, “Tecnologia da Usinagem dos Materiais”, Ed. Artliber, São Paulo, Brazil, 248 p.
- Farhat, Z.N., 2003, “Wear mechanism of CBN cutting tool during high-speed machining of mold steel”, Materials Science and Engineering A, Vol. 361, pp. 100-110.
- Grzesik, W. and Van Luttervelt, C., 2005, “Analytical Models Based on Composite Layer for Computation of Tool-Chip Interface Temperatures in Machining Steels with Multilayer Coated Cutting Tools”, CIRP Annals - Manufacturing Technology, Vol. 54, pp. 91-94.
- Hee Kwon, D. et al., 2005, “A comparative study on cutting performance of TiN-coated tungsten carbide cutting tool with a cobalt interlayer”, Surface & Coatings Technology, Vol. 200, pp. 1933-1938.

- Jawaid, A., Sharif, S. and Koksai, S., 2000, "Evaluation of wear mechanisms of coated carbide tools when face milling titanium alloy", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 99, pp. 266-274.
- König, W., Fritsch, R. and Kammermeier, D., 1991, "Physically vapor deposited coatings on tools: performance and wear phenomena", Surface and Coatings Technology, Vol. 49, pp. 316-324.
- Machado, Á.R. e Silva, M.B., 2004, "Usinagem dos Metais", MG: EDUFU (Apostila), Uberlândia, Brasil, 266 p.
- Neves, D., Diniz, A.E. and Lima, M.S.F., 2006, "Efficiency of the laser texturing on the adhesion of the coated twist drills", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 171, pp. 139-145.
- Semak, V.V. and Dahotre N.B., 1998, "Laser Surface Texturing", In: Narendra B. Dahotre (Ed.), Lasers in Surface Engineering, ASM International, Materials Park, Ohio, pp. 1-33.
- Taher, M.A., 1999, "An investigation of the mechanical and physical issues of the adhesion of chemically vapor deposited (CVD) diamond coatings on cemented carbide cutting tool inserts", Ph.D. thesis, University of Arkansas, Fayetteville.
- Trent E.M. and Wright P.K., 2000, "Metal Cutting", Ed. Butterworth-Heinemann, Boston, U.S.A, 446p.
- Verdier, M. et al., 2003, "On the topographic and energetic surface modifications induced by laser treatment of metallic substrates before plasma spraying", Applied Surface Science, Vol. 205, pp. 3-21.
- Vidakis, N., Antoniadis, A. and Bilalis, N., 2003, "The VDI 3198 indentation test evaluation of a reliable qualitative control for layered compounds", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 143-144, pp. 481-485.
- Wang, Y. et al., 2007, Investigation into LST and its Novel Application in Mould, Advanced Materials Research, Vol. 24-25, 189-194.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

DRY MOLD STEEL MILLING PERFORMANCE OF WC-Co HARD-METAL TOOLS LASER TEXTURIZED BEFORE COATING DEPOSITION

José Manuel Arroyo Osorio, jmarroyoo@fem.unicamp.br¹

Anselmo Eduardo Diniz, anselmo@fem.unicamp.br¹

Milton Sergio Fernandes de Lima, msflima@yahoo.com.br²

¹DEF-FEM-UNICAMP, 13083-970, CP 6122, Campinas, SP, Brazil.

²CTA-IEAv-Photonics Division, 12228-970, CP 6044, São Jose dos Campos, SP, Brazil.

Abstract: *In this work was compared the machining performance between two types of coated WC-Co hard-metal tools: commercial tools and experimental ones pretreated by laser. The difference between the tools is the method of substrate surface preparation for coating deposition. For commercial tools, blasting with alumina micro-particles is used while the experimental tools were texturized with a CuHBr pulsed laser. All the tools were coated by MT-CVD in industrial installations with a triple layer of TiCN+Al₂O₃+TiN. The work material for the dry end milling tests was the ISO-P20 tool steel. The results showed that the machining performance of the experimental laser treated tools is comparable to the commercial tools one, however with additional advantages respect to the ambient impact, automation possibilities and process time for surface preparation before coating deposition.*

Key words: *Cutting tools, Coated tungsten carbide, Laser texturizing.*