

## ANÁLISE DO DESEMPENHO DE INSERTOS DE METAL DURO TEXTURIZADOS A LASER E REVESTIDOS EM ENSAIOS DE USINAGEM E DE ADESIVIDADE DE REVESTIMENTOS

Viana, Rhander, [rhander@inpi.gov.br](mailto:rhander@inpi.gov.br)<sup>1</sup>  
Filho, Antonio Favero, [antonio\\_favero\\_filho@yahoo.com.br](mailto:antonio_favero_filho@yahoo.com.br)<sup>2</sup>  
Fonseca, Marcelo Dias, [marcelodif@yahoo.com.br](mailto:marcelodif@yahoo.com.br)<sup>3</sup>  
Machado, Álisson Rocha, [alissonm@mecanica.ufu.br](mailto:alissonm@mecanica.ufu.br)<sup>4</sup>  
Lima, Milton Sérgio Fernandes, [milton@ieav.cta.br](mailto:milton@ieav.cta.br)<sup>5</sup>  
da Silva, Washington Martins, [washingtonmartins@gmail.com.br](mailto:washingtonmartins@gmail.com.br)<sup>6</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Faculdade de Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Uberlândia - 38400-100, Uberlândia - MG - Brasil.

<sup>5</sup>Instituto de Estudos Avançados (IEaV-CTA) - 12228-970, São José dos Campos - SP - Brasil.

<sup>6</sup>Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Federal do Espírito Santo - 29075-910, Vitória - ES - Brasil.

**Resumo:** O tratamento de uma superfície controlando a textura somente quando e onde for necessário, criando um microrelevo uniforme com asperidades e depressões regularmente distribuídas, é conhecido como texturização superficial. Esta técnica tem sido aplicada com grande sucesso em diversas áreas da engenharia, com o objetivo de aumentar o desempenho de componentes mecânicos em vários aspectos. Na usinagem esta técnica é utilizada na modificação superficial de substratos de ferramentas de corte, com o intuito de melhorar a adesividade dos revestimentos duros. O destacamento do revestimento pode comprometer o desempenho da ferramenta durante o corte, pela exposição prematura do substrato e também pela aceleração do desgaste da ferramenta em função das partículas duras e abrasivas resultantes da fragmentação do revestimento. O objetivo deste trabalho é averiguar se a texturização de superfícies utilizando um feixe de laser é mais eficiente no travamento mecânico dos revestimentos do que a técnica convencional utilizando o jateamento de partículas duras. Para averiguar a eficácia dessas técnicas de modificação superficial de ferramentas de corte foram realizados ensaios de vida no fresamento frontal de ferro fundido vermicular com ferramentas de metal duro com textura laser e textura jateada revestidas de AlCr, AlCrN e TiAlN. Para a avaliação da adesividade dos revestimentos foram realizados ensaios de risco com carga progressiva. Os resultados dos ensaios de vida mostram que estatisticamente não há diferença entre as ferramentas. Entretanto, os ensaios de risco com carga progressiva indicam uma maior flutuação da força tangencial nas ferramentas com textura jateada, implicando numa menor adesividade dos revestimentos nestas ferramentas.

**Palavras-chave:** texturização a laser, revestimentos, fresamento, adesividade, ferro fundido vermicular.

### 1. INTRODUÇÃO

Em geral, os revestimentos cerâmicos compostos por nitretos ou carbonetos de metais de transição, tais como, TiC, TiN, TiCN e TiAlN, propiciam proteção ao desgaste, resistência ao calor, a corrosão, boa adesão ao substrato, exibem elevada dureza e são aplicados em componentes mecânicos, ferramentas de corte, como revestimentos ópticos e decorativos (Suh et al., 2003).

Em virtude da grande aplicabilidade industrial dos revestimentos, há uma necessidade crescente em compreender as propriedades fundamentais desses filmes duros, e como eles agem na proteção de uma superfície. O estudo dos revestimentos tem um aspecto multidisciplinar, pois envolve o conhecimento de suas propriedades químicas, físicas e tribológicas (Santos, 2002).

A diferença no desempenho de ferramentas de corte revestidas e ferramentas sem revestimentos é resultado da interação entre essas propriedades, que provavelmente, modificam a região de interface cavaco-ferramenta, aumentando o desempenho da ferramenta revestida.

Na necessidade de entender como os revestimentos modificam o desempenho das ferramentas de corte é importante que o revestimento seja analisado tanto em ensaios de usinagem, quanto em ensaios que possam caracterizar sua morfologia, sua microestrutura e principalmente sua adesividade sobre o substrato.

A atuação do revestimento depositado sobre a superfície da ferramenta suportando mudanças constantes nas solicitações mecânicas e térmicas do processo de usinagem, dependerá, sobretudo, de uma boa adesividade do filme sobre o substrato.

Uma adesividade adequada do revestimento é muito importante, pois a ferramenta com um revestimento com uma adesividade insuficiente pode se comportar pior que aquela sem revestimento. A formação de partículas duras e abrasivas, resultantes da destruição prematura do revestimento, acelera o desgaste das superfícies que estão em contato (Neves et al., 2006).

Dá advém à importância de se ter novos processos de deposição disponíveis, um melhor controle do processo de deposição, das fontes de suprimentos dos materiais que constituem o revestimento, materiais de substrato com propriedades que ofereçam menor discrepância com as propriedades do revestimento e mesmo técnicas que possam modificar fisicamente o substrato sem alterar significativamente suas propriedades mecânicas para melhorar a adesividade na interface substrato/revestimento.

O desenvolvimento de substratos de ferramentas com propriedades compatíveis com as propriedades do revestimento pode ser uma boa alternativa para melhorar a adesividade do revestimento sobre o substrato. Mas deve-se atentar, por exemplo, ao fato de que um aumento de dureza do substrato para se aproximar da dureza do revestimento, obtendo-se assim menor discrepância entre essas propriedades, pode ocasionar um efeito um tanto indesejável ao substrato que é a diminuição de sua tenacidade (Leyland e Matthews, 2000). Isso pode ser indesejável nas ferramentas de corte para usinagem, principalmente no corte intermitente onde as ferramentas sofrem constantemente com os impactos na peça e solicitações de compressão e tração ao entrarem e saírem da peça, respectivamente.

Uma boa opção para aproximar as propriedades do substrato da ferramenta e do revestimento, sem causar prejuízo à tenacidade da ferramenta, é modificar as propriedades do substrato, somente em regiões próximas a interface com o revestimento (Sun et al., 1995).

Dentro deste contexto um meio atualmente difundido é a texturização a laser da superfície. Nos últimos anos, a texturização a laser tem se apresentado como uma opção competitiva para a produção de furos e ou alteração da textura superficial prévia da superfície (Low et al., 2001). Exemplos estão presentes na indústria aeronáutica, que tem empregado essa técnica em componentes de turbina (palhetas), na câmara de combustão (Corfe, 1983), e em microtecnologia, onde os problemas de lubrificação permanente de componentes miniaturizados, devido à mínima quantidade de lubrificante e à dificuldade de confiná-lo nas superfícies em contato, constituem um desafio (Blatter et al., 1999 e Watanabe et al., 2000).

Nos processos de usinagem, a texturização a laser é utilizada para a melhoria das propriedades de adesividade de revestimentos duros sobre superfícies de ferramentas de usinagem. No processo de texturização a laser, um laser de pulsos curtos e de alta taxa de repetição provoca uma texturização advinda da formação de poças líquidas. Após a solidificação dessas poças, ocorre a formação de nanoestruturas que permitem uma melhor ancoragem do revestimento. A interação do laser com o material é influenciada por fatores como natureza do substrato, composição e estrutura da superfície, energia, frequência e largura do pulso laser, e interação com a atmosfera. Neste processo pode ocorrer à limpeza e a texturização simultâneas do substrato, o material recebe uma quantidade de energia adicional para refundir superficialmente. Macroscopicamente, a rugosidade da superfície aumenta, em geral devido à formação de crateras oriundas da fusão e ablação do material (Neves et al., 2006), o que provavelmente pode colaborar para aumentar a adesividade do revestimento.

Este meio de modificação da textura do substrato de ferramentas de corte através de feixes de laser com o intuito de melhorar a adesividade de revestimentos é relativamente novo na usinagem e carece ainda de muitas investigações visto que são poucos os trabalhos publicados na área. E pelo seu potencial observa-se que é uma alternativa muito promissora para melhorar a adesividade de revestimentos em ferramentas de corte.

Assim, a principal justificativa para realização deste trabalho é contribuir com novas investigações e fornecer dados que darão suportes técnicos na viabilização da utilização desta nova tecnologia. A princípio a contribuição deste trabalho tem o intuito de avaliar o desempenho de ferramentas de metal duro texturizadas a laser e revestidas, comparando-as com ferramentas de metal duro comerciais com substratos texturizados por jateamento de partículas duras e revestidas, através de ensaios de vida no fresamento frontal de ferro fundido vermicular e de ensaios de caracterização de revestimentos.

## **2. MATERIAIS, MÉTODOS E EQUIPAMENTOS**

### **2.1. Materiais e Equipamentos Utilizados nos Ensaios**

Para a realização do trabalho foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

- ✓ 36 insertos de metal duro da classe ISO K, com quatro arestas de corte, e geometria: SEMN 12 04 AZ 235;
- ✓ Fresa Sandvik Coromant R260.22-080-15063022 com diâmetro de 80 mm e com capacidade para 6 insertos;
- ✓ Centro de usinagem Romi Bridgeport 760, pertencente ao Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem (LEPU-UFU);

- ✓ Microscópio óptico, Olympus SZ61, com câmera CCD, Evolution LC Color, e um software analisador de imagens, equipamento também pertencente ao Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem (LEPU-UFU) para medição de desgaste de flanco e produção de imagens;
- ✓ Corpos de prova de ferro fundido vermicular com 85mm de altura, 67mm de largura e 350mm de comprimento;
- ✓ Macrosclerômetro, pertencente ao Laboratório de Tribologia e Materiais (LTM-UFU).

Os 36 insertos de metal duro da classe ISO K foram divididos em dois grupos de 18 ferramentas, onde cada grupo sofreu um tipo de texturização.

O primeiro grupo foi texturizada na forma comercial comum, onde a ferramenta é submetida a um jateamento de partículas duras de  $Al_2O_3$  com o objetivo de retirar o cobalto da superfície do inserto melhorando a adesividade do revestimento que será depositado posteriormente. O jateamento de partículas duras de  $Al_2O_3$  também cria uma textura não controlada na superfície do inserto que também ajuda na ancoragem do revestimento.

A outra metade do lote de ferramentas foram texturizadas a laser, e essa textura foi obtida através de um feixe de laser do tipo *CuHBr (Hidreto de Cobre e Bromo)* desenvolvido inteiramente no Brasil. A texturização dos insertos foi realizada na superfície de saída numa área de  $12 \times 12 \text{ mm}^2$  e na superfície de folga numa área de  $12 \times 2 \text{ mm}^2$ . O tipo de textura, ou a rede de microcrateras ou nanocrateras criadas na superfície dos insertos foi obtida conforme rotina pré-definida, utilizando um laser com cabeça galvanométrica de alta resolução para garantir a reprodutibilidade desejada. Após a texturização a laser e por jateamento os insertos foram revestidos de TiAlN, AlCrN e AlCr.

## 2.2. Ensaios de Vida

Nestes ensaios foram utilizados 24 insertos de metal duro - 12 texturizados a laser e 12 jateados, revestidos de TiAlN, AlCrN e AlCr. O objetivo destes ensaios é verificar qual inserto e qual condição de corte, de acordo com a Tab. (1), possibilitará a melhor combinação para o processo de fresamento frontal de ferro fundido vermicular. O desempenho dos insertos será avaliado em função do volume de material removido do corpo de prova - ferro fundido vermicular, até que se atinja o critério de fim de vida da ferramenta - desgaste de flanco máximo ( $V_{Bmáx}$ ) igual a 0,6 mm.

As condições de corte para a realização do trabalho são mostradas na Tab. (1) abaixo:

**Tabela 1. Condições de corte para os ensaios de vida no fresamento frontal de ferro fundido vermicular.**

Ensaio	$V_c$ [m/min]	$f_z$ [mm/dente]	$a_p$ [mm]
1	300	0,1	1,0
2	150	0,1	1,0
3	300	0,3	1,0
4	150	0,3	1,0

## 2.3. Ensaios de Adesividade de Revestimentos

### 2.3.1. Ensaio de Risco com Carga Progressiva

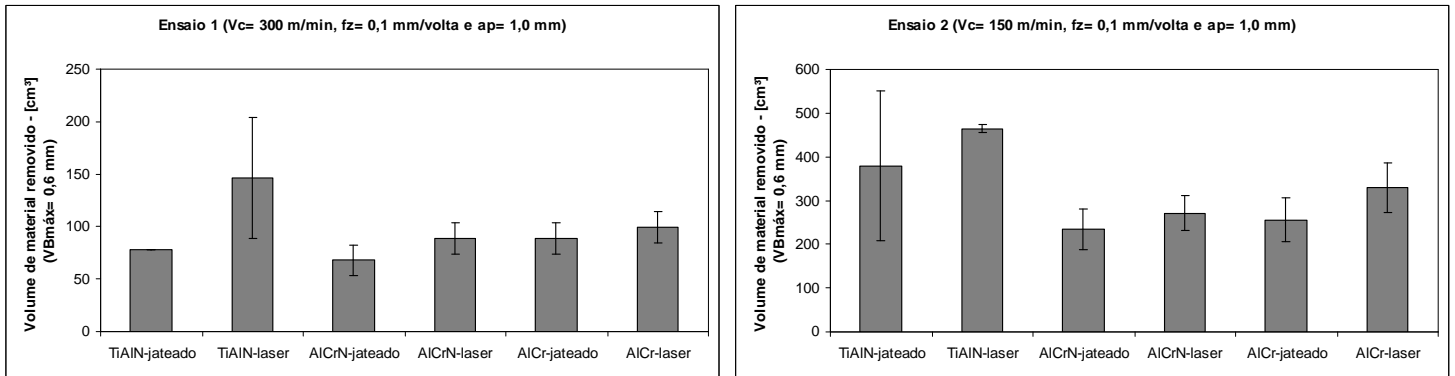
O objetivo deste ensaio é avaliar quantitativamente o desempenho dos conjugados revestimentos/substratos estudados, relacionando a fratura do revestimento com a carga aplicada numa dada posição. O ensaio consiste em fazer um risco na superfície de saída das ferramentas utilizando um macrosclerômetro desenvolvido pelo Laboratório de Tribologia e Materiais (LTM-UFU). O controle do risco será feito por um microcomputador utilizando o *Software LABVIEW 7.0*. O comprimento do risco será de 10 mm, velocidade de riscamento de 0,05 mm/s com carga de penetração progressiva aumentando à medida que o penetrador aprofunda-se na superfície de saída do inserto. Os dados adquiridos pelo programa desenvolvido no LABVIEW 7.0 serão a força tangencial no eixo X e a posição do risco até atingir 10 mm. Estes ensaios serão realizados no Laboratório de Tribologia e Materiais da Universidade Federal de Uberlândia (LTM-UFU).

## 3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

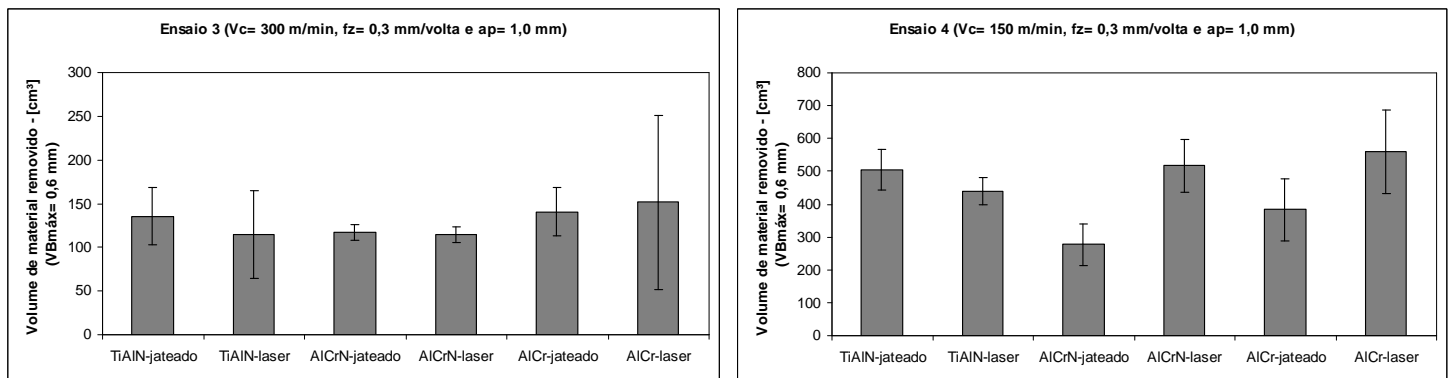
### 3.1. Ensaios de Vida

Antes de se apresentar os resultados quantitativos dos ensaios de vida, salienta-se que os dados experimentais utilizados no cálculo do volume médio de material removido foram submetidos a um condicionamento estatístico. Proposto por meio de um método *Out-Lier* para pequenas amostras, que exclui pontos da amostra que estejam fora de um determinado intervalo de confiança (90 % de confiabilidade), com o objetivo de se tentar diminuir a dispersão dos resultados obtidos.

As Figuras (1) e (2) mostram os resultados obtidos nos ensaios de vida de acordo com as condições de corte estabelecidas na Tab. (1). Observa-se que mesmo depois da aplicação do método *Out-Lier*, a dispersão de alguns dados experimentais continua elevada. A dispersão elevada nos ensaios de vida ocorre, principalmente, em função do processo intermitente de corte, que é ainda mais severo devido à geometria da peça usinada, que provoca um corte duplo interrompido, e mesmo a heterogeneidade do material da peça, ferro fundido vermicular.



**Figura 1. Resultados do fresamento frontal de ferro fundido vermicular nas condições de corte dos ensaios 1 e 2 para as ferramentas com textura jateada e laser.**



**Figura 2. Resultados do fresamento frontal de ferro fundido vermicular nas condições de corte dos ensaios 3 e 4 para as ferramentas com textura jateada e laser.**

Os resultados dos ensaios de vida apresentados nas Fig.(s) (1) e (2) mostram que as ferramentas com textura laser apresentaram em média maiores volumes de material removido, as exceções foram os insertos jateados e revestidos de TiAlN nos ensaios 3 e 4, e também o inserto jateado e revestido de AlCrN no ensaio 3.

O maior volume médio de material removido pelas ferramentas com textura laser pode estar condicionado a um maior travamento mecânico dos revestimentos sobre o substrato. A modificação do substrato das ferramentas com feixe de laser garante uma padronização da textura, ao passo que o jateamento de partículas duras sobre o substrato cria uma orientação desordenada da textura, não garantindo pontos uniformes de ancoramento para os revestimentos. Entretanto, os resultados obtidos devem ser interpretados com muita cautela, uma vez que apenas os insertos com textura laser e revestidos de TiAlN, ensaio1, e AlCrN, ensaio 4, apresentaram estatisticamente desempenhos superiores aos seus respectivos pares jateados.

Considerando-se apenas o desempenho dos revestimentos testados, observa-se que o TiAlN e o AlCr foram mais eficientes no fresamento de ferro fundido vermicular nas condições de corte estabelecidas na Tab. (1). Sendo que o TiAlN apresentou o melhor desempenho nas condições de corte utilizadas nos ensaios 1 e 2, e o AlCr nos ensaios 3 e 4.

O desempenho inferior do AlCrN em relação ao TiAlN e AlCr pode estar ligado as condições de corte utilizadas, mais precisamente as temperaturas alcançadas na superfície das ferramentas.

Os revestimentos não são capazes de bloquear o calor dissipado para o substrato da ferramenta. Necessariamente, eles funcionam como uma resistência térmica, que diminui o calor transferido para o substrato.

Os revestimentos ternários  $Al_xTi_{1-x}N$  e  $Al_xCr_{1-x}N$  são mais eficientes no bloqueio do calor transferido para o substrato, pois durante o processo de corte, principalmente a elevadas temperaturas, ocorre uma tribo-oxidação sobre a

superfície das ferramentas, resultando no consumo dos elementos constituintes do revestimento, para a formação de filmes protetivos de óxidos, como o  $Al_2O_3$ , com elevada estabilidade química e termodinâmica (Endrino et al., 2007).

O  $Al_2O_3$  funciona como uma resistência térmica entre a superfície e o substrato da ferramenta. Assim, uma parte do calor gerado durante o corte é dissipado através da remoção do cavaco.

Contudo, para que ocorra a formação de óxidos na superfície da ferramenta são necessárias temperaturas elevadas, para que o alumínio presente nos revestimentos possa reagir com o oxigênio, formando  $Al_2O_3$ . No  $Al_xCr_{1-x}N$  forma-se ainda  $Cr_2O_3$ , e no  $Al_xTi_{1-x}N$ ,  $TiO_2$ , a cerca de 600-800 °C, o que é indesejado por não ser um óxido com característica lubrificante (Endrino e Derflinger, 2005).

Os revestimentos ternários  $Al_xCr_{1-x}N$  apresentam uma resistência a oxidação superior aos ternários  $Al_xTi_{1-x}N$ . A formação de óxidos nos  $AlCrN$  inicia-se a partir de 1000°C enquanto que nos revestimentos  $TiAlN$  a oxidação tem início a 800°C (Endrino et al., 2007).

Conclui-se então que o  $AlCrN$ , assim como o  $TiAlN$ , é um revestimento termicamente ativável, porém, as temperaturas que otimizam o desempenho do  $AlCrN$  estão no intervalo entre 925-1100°C (Endrino et al., 2006 e Coelho et al., 2007), para o  $TiAlN$ , entre 800-825°C (Endrino et al., 2006 e Coelho et al., 2007), ou seja, há uma necessidade de elevadas temperaturas durante o corte para que o  $AlCrN$  possa ser ativado, formando óxidos de  $Al_2O_3$  e  $Cr_2O_3$ , que, provavelmente, alteram a interação tribológica entre a ferramenta e a peça.

É provável que as temperaturas desenvolvidas neste ensaio, durante o processo de corte, estariam mais próximas da faixa de oxidação do  $TiAlN$ , possibilitando a formação de  $Al_2O_3$ , formando uma barreira térmica a propagação de calor para o substrato e promovendo uma maior lubrificidade entre a ferramenta e a peça, retardando o desgaste, e conseqüentemente, aumentando a vida da ferramenta revestida de  $TiAlN$ .

### 3.2. Risco com Carga Progressiva

Os resultados destes ensaios são mostrados através de gráficos que relacionam a força tangencial com a distância percorrida pelo indentedor.

O monitoramento da força tangencial é comumente utilizado em ensaios de risco ou “*Scratch Test*”, pois fornece dados importantes à cerca da falha adesiva do revestimento, e do coeficiente de atrito dos materiais envolvidos. Conforme os gráficos mostrados na Fig. (3) pode-se afirmar que os insertos com textura jateada apresentam uma maior perturbação da força tangencial durante o percurso de riscamento.

Para os insertos com textura jateada e revestidos de  $AlCr$  e  $AlCrN$  o sinal da força tangencial torna-se mais instável logo no início da trilha de desgaste, a cerca de 2,0 mm de riscamento, como pode ser observado na Fig. (3). Nesta posição, a carga crítica de flutuação da força tangencial é de aproximadamente 2,5 N.

Os insertos texturizados a laser e revestidos de  $AlCr$  e  $AlCrN$  apresentam maiores perturbações da força tangencial para posições acima de 6,0 mm de riscamento, com uma carga crítica de flutuação da força tangencial acima de 10 N.

O inserto com textura jateada e revestido de  $TiAlN$ , diferentemente dos revestimentos  $AlCr$  e  $AlCrN$  com textura também jateada, apresenta uma maior perturbação da força tangencial para uma posição acima de 6,0 mm de riscamento, com uma carga crítica de flutuação da força tangencial acima de 10 N.

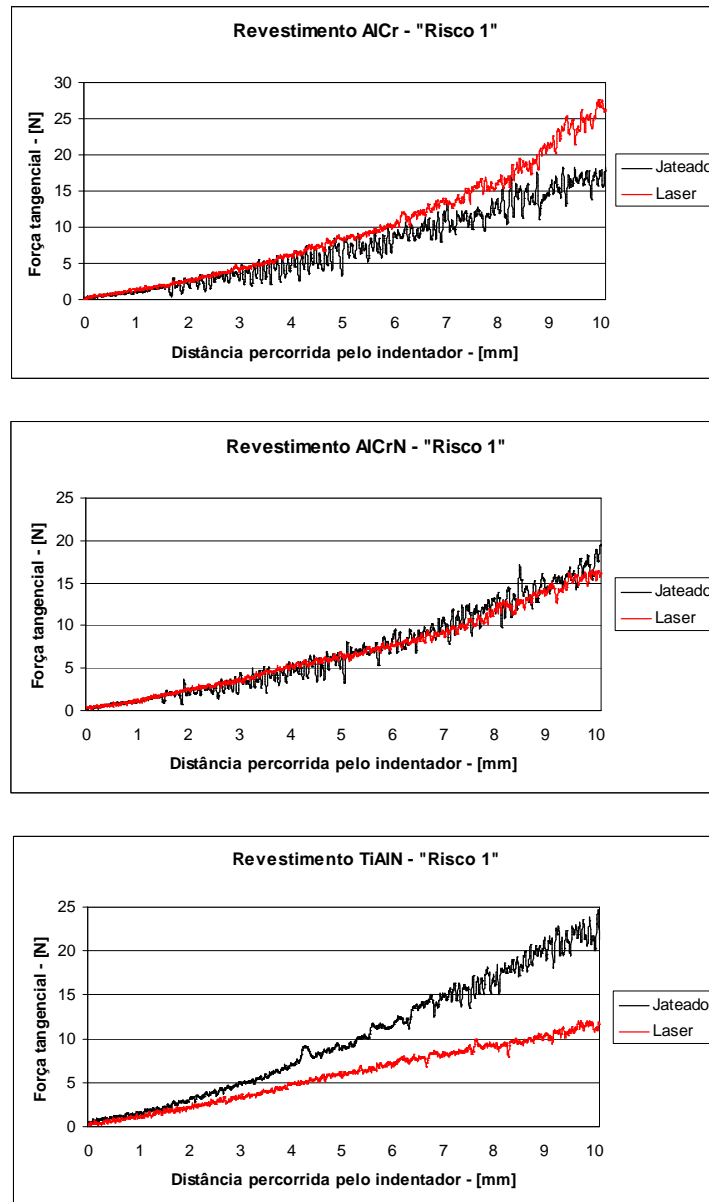
Já para o inserto com textura laser e revestido de  $TiAlN$ , pelo sinal adquirido da força tangencial durante o percurso de riscamento, não é possível identificar com clareza uma carga crítica de flutuação da força.

A carga crítica é o menor valor da força tangencial que é capaz de iniciar e perpetuar as oscilações da força durante a formação da trilha de desgaste.

Normalmente, distingue-se duas cargas críticas durante os ensaios de risco. A primeira carga crítica ( $L_{C1}$ ) refere-se à carga para a qual surgem os primeiros defeitos ou falhas no revestimento, como a formação e propagação de trincas, indicando uma falha coesiva, enquanto a segunda carga crítica ( $L_{C2}$ ) está associada à falha total do revestimento, mais precisamente, ao aparecimento contínuo do substrato, indicação de uma falha de natureza adesiva.

Neste trabalho é previsto futuramente a determinação desta carga crítica, tanto ( $L_{C1}$ ) quanto ( $L_{C2}$ ), que para ser determinada é necessário um estudo metódico da trilha de desgaste formada utilizando microscópio eletrônico de varredura associado ao sinal da força tangencial adquirido.

Mesmo não sendo possível, ainda, neste trabalho, estabelecer com precisão a carga crítica de coesão e/ou adesão dos revestimentos depositados nos substratos com textura jateada e laser, pode-se concluir por meio da Fig. (3), que a modificação dos substratos dos insertos de metal duro pelo feixe de laser melhoram o ancoramento dos revestimentos em comparação aos substratos jateados, pois com a utilização do laser é possível estabelecer uma padronização da textura superficial do inserto, criando condições para uma melhor adesividade do revestimento.



**Figura 3. Resultado dos ensaios de risco com carga progressiva para os inserts com textura jateada e laser revestidos de AICr, AICrN e TiAlN.**

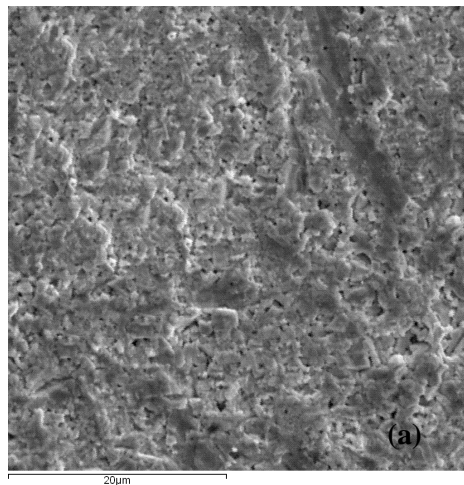
O jateamento de partículas duras cria no substrato uma textura com um microrelevo com orientação desordenada, com o aspecto de um “emaranhado de picos e depressões”, como pode ser observado na Figs. (4b), com rugosidade máxima ( $R_{z\text{din}}$ ) de  $0,87 \mu\text{m}$ . Diferentemente da superfície criada pela aplicação do feixe de laser, que provem uma textura do substrato com um microrelevo mais uniforme. Aparentemente, o aspecto do substrato modificado pelo feixe de laser mostra uma intercalação paralela ordenada entre “raias diagonais de depressões e raias diagonais de uma sucessão de picos” na superfície do substrato, como pode ser observado na Fig. (5a), com rugosidade máxima ( $R_{z\text{din}}$ ) de  $2,94 \mu\text{m}$ . A formação dessa textura com microrelevo ordenado é função do deslocamento do feixe de laser em ângulos de  $0^\circ$ ,  $30^\circ$  e  $60^\circ$  com a superfície da ferramenta numa rotina pré-estabelecida.

Provavelmente, a cadeia de picos ordenados na superfície do substrato modificado pelo feixe de laser é formada pela refusão dos materiais constituintes da ferramenta, devido ao efeito da vaporização de camadas micrométricas por ablação. O processo de ablação promove uma rápida transição de líquido superaquecido para uma mistura de vapor e gotículas na superfície do substrato (Lima et al., 2004). A ablação não influencia nas propriedades mecânicas do substrato modificado, mas melhora significativamente as propriedades superficiais (Dumitru et al., 2005). A Figura (5b) mostra o aspecto das “gotículas de material resolidificado” na superfície do substrato após a passagem do feixe de laser.

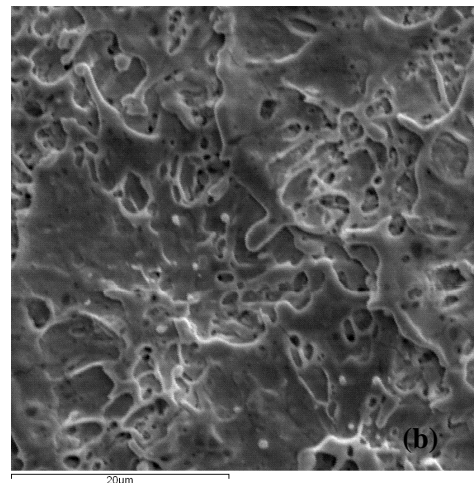
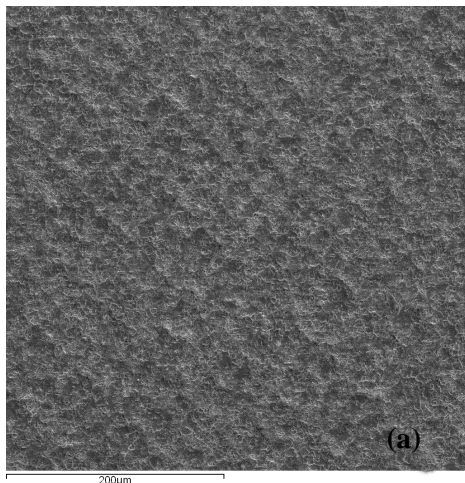
A intensidade de potência ou irradiância do laser utilizada na texturização dos substratos,  $683 \text{ MW/cm}^2$ , é capaz de provocar uma intensa fusão-evaporação de Co e WC, ou até mesmo, poderia provocar uma evaporação-sublimação de Co, em virtude das altas temperaturas pontuais geradas no substrato da ferramenta durante o pulso do laser, que não dura mais do que 30 ns.



Tiejun et al. (2001) observou em seus estudos que para uma intensidade de potência do laser de 32 MW/cm<sup>2</sup> ocorre fusão do Co, com 80 MW/cm<sup>2</sup> o WC funde e o Co evapora, e com uma intensidade de 200 MW/cm<sup>2</sup> o WC sofre evaporação. O Co possui um ponto de fusão de aproximadamente 1495°C e de evaporação a uma temperatura acima de 2927°C. O WC funde a aproximadamente 2870°C e sofre evaporação à cerca de 6000°C (Tiejun et al., 2001 e Dumitru et al., 2005).



**Figura 4. Fotos de MEV da superfície de saída de um inserto de metal duro com textura jateada sem revestimento.**



**Figura 5. Fotos de MEV da superfície de saída de um inserto de metal duro com textura laser sem revestimento.**

#### 4. CONCLUSÕES

- Nos ensaios de vida, em geral, as médias de volume de material removido das ferramentas texturizadas a laser são maiores do que das ferramentas com textura jateada, entretanto, quando se leva em conta o valor do desvio-padrão constata-se a inexistência de uma diferença significativa entre elas;
- Nos ensaios de vida as ferramentas revestidas com TiAlN e com AlCr são as que apresentaram os melhores resultados, porém, estatisticamente não há diferença entre as mesmas;
- Os ensaios de risco com carga progressiva mostraram que a texturização a laser propicia um maior travamento mecânico dos revestimentos sobre o substrato.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as seguintes empresas e instituições pela contribuição financeira e técnica oferecida na realização deste trabalho: FAPEMIG, Capes, IFM, Oerlikon Balzers, Sandvik do Brasil, IEAv - CTA, LEPU - UFU e principalmente ao CNPq, através do projeto apoiado pelo Edital Universal 02/2006, processo n° 476292/2006-9.

## 6. REFERÊNCIAS

- Blatter, A., Maillat, M., Pimenov, S.M., Shafeev, G.A., Simakin A.V., Loubnin, E. N., 1999, "Lubricated Sliding Performance of Laser-Patterned Sapphire, *Wear*, v. 232, pp. 226-230.
- Coelho, R. T., Eu-Gené, Ng., Elbestawi, M. A., 2007, "Tool Wear when Turning Hardened AISI 4340 with Coated PCBN Tools Using Finishing Cutting Conditions", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, vol. 47, pp. 263-272.
- Corfe, A.G., 1983, "Laser drilling of aero engine components. In: Proceedings of the First International Conference on Lasers in Manufacturing. Brighton, East Sussex, pp. 31-40.
- Dumitru, G., Lüscher, B., Krack, M., Brunea, S., Hermann, J. and Gerbig, Y., 2005, "Laser Processing of Hardmetals: Physical Basics and Applications", *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials*, Vol. 23, pp. 278-286.
- Endrino, J. L., Derflinger, V., 2005, "The Influence of Alloying Elements on the Phase Stability and Mechanical Properties of AlCrN Coatings", *Surface & Coatings Technology*, vol. 200, pp. 988-992.
- Endrino, J. L., Fox-Rabinovich, G. S., Gey, C., 2006, "Hard AlTiN, AlCrN PVD Coatings for Machining of Austenitic Stainless Steel", *Surface & Coatings Technology*, vol. 200, pp. 6840-6845.
- Endrino, J. L., Fox-Rabinovich, G. S., Reiter A., Veldhuis, S. V., Galindo, R. E., Albella, J. M., Marco, J. F., 2007, "Oxidation Tuning in AlCrN Coatings", *Surface & Coatings Technology*, vol 201, pp. 4505-4511.
- Lima, M.S.F., Vencovsky, P.V. and Morato, S.P., 2004, "Increasing Life-Time of Tools by a New Laser Treatment and Coating Processes", *Computational Methods in Materials Characterization*, pp. 339-348.
- 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. 179, pp. 139-145
- Ollendorf, H. and Schneider, D., 1999, "A Comparative Study of Adhesion Test Methods for Hard Coatings", *Surface and Coatings Technology*, Vol. 113, pp. 86-102.
- Paracchini, L. and Muto, R., 2006, "Study of the Adherence Between a Noble Base Metal and a Glass-Ceramic", *Courtesy of the Magazine "QO"*, Resch Editrice s.r.l., 8 pp.
- Tiejun, L., Lou, Q., Jingxing, D., Yunrong, W., Jingru, L., 2001, "Modified Surface Morphology in Surface Ablation of Cobalt-Cemented Tungsten Carbide with Pulsed UV Laser Radiation, *Applied Surface Science*, vol. 172, pp. 331-344.
- Tschiptschin, A.P., 2004, "Relação Estrutura-Propriedades em Recobrimentos Duros", *Metalurgia & Materiais*, pp. 167-169.
- Fox-Rabinovich, G. S., Yamamoto, K., Veldhuis, S. C., Kovalev, A. I., Dosbaeva, G. K., 2005, Tribological Adaptability of TiAlCrN PVD Coatings under High Performance Dry Machining Conditions, *Surface and Coatings Technology*, vol 200, pp. 1804-1813.
- Leyland, A., Matthews, A., 2000, On the Significance of the H/E ratio in Wear Control: a Nanocomposite Coating Approach to Optimized Tribological Behavior, *Wear*, v. 246, pp. 1-11.
- Lima, M. S. F., Neves, D., Diniz, A. E., 2005, Machining with a Laser Treated Tool Steel Drill: Surface and Tool Life Aspects, I International Conference on Heat Treatment and Surface Engineering of Tools and Dies, 8-11 de Junho, Pula-Croatia,
- Santos, S. C., 2002, Estudo da Influência de Revestimentos e da Aplicação de Fluido de Corte no Desempenho de Brocas de Aço-Rápido e de Metal Duro Integral na Usinagem de Ferro Fundido Cinzento, Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal de Uberlândia.
- Sun, Y., Bloyce, A., Bell, T., 1995, Finite Element Analysis of Plastic Deformation of Various TiN Coating/Substrate Systems under Normal Contact with a Rigid Sphere, *Thin Solid Films*, v. 271, pp. 112-131.
- Watanabe, K., Natsume, J., Hashizume, K., Ozasa, T. O., Nada, T., Masuda, Y., 2000, Theoretical Analysis of Bearing Performance of Microgrooved Bearing, *JSAE Review*, v.21, pp. 29-33.

## 7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído neste trabalho.



## EVALUATION OF THE PERFORMANCE CEMENTED CARBIDE TOOLS LASER TEXTURING AND COATED IN ADHESION AND MACHINING TESTS

Viana, Rhander, [rhander@inpi.gov.br](mailto:rhander@inpi.gov.br)<sup>1</sup>  
Filho, Antonio Favero, [antonio\\_favero\\_filho@yahoo.com.br](mailto:antonio_favero_filho@yahoo.com.br)<sup>2</sup>  
Fonseca, Marcelo Dias, [marcelodif@yahoo.com.br](mailto:marcelodif@yahoo.com.br)<sup>3</sup>  
Machado, Álisson Rocha, [alissonm@mecanica.ufu.br](mailto:alissonm@mecanica.ufu.br)<sup>4</sup>  
Lima, Milton Sérgio Fernandes, [milton@ieav.cta.br](mailto:milton@ieav.cta.br)<sup>5</sup>  
da Silva, Washington Martins, [washingtonmartins@gmail.com.br](mailto:washingtonmartins@gmail.com.br)<sup>6</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup>School of Mechanical Engineering - Federal University of Uberlândia - 38400-100, Uberlândia - MG - Brazil.

<sup>5</sup>Institute for Advanced Researches (IEAv-CTA) - 12228-970, São José dos Campos - SP - Brazil.

<sup>6</sup>Department of Mechanical Engineering - Federal University of Espírito Santo - 29075-910, Vitória - ES - Brazil.

**Abstract.** *The controlled modification of the topography of surface, that generates a controlled and homogeneous roughness with uniform microscopic craters, has been a great topic worldwide studied mainly in last the two decades. The surface texturing is a process that has been wide used in engineering to modify the topography of a surface with the objective to increase the mechanical performance of the modified surfaces. In machining, the most used method for texturing of surfaces is laser beam. This paper evaluates the performance of this new technology of the laser texturing on indexable coated cemented carbide (ISO K10 grade) inserts with coatings of TiAlN, AlCrN and AlCr in end milling casting compacted graphite iron in looping conditions. Tool wear and volume of removed material were monitored and used to assess the performance of the cutting tools. The present work too investigated the coatings adhesion TiAlN, AlCrN and AlCr deposited in cemented carbide tools that were laser-textured before, and compares them with the commercial tools with the same coatings. Coating adhesion was characterized using scratch tests with progressive load. In general, results show that there was not significant difference between the commercial texturing and the laser texturing for a same coating tool and for a same cutting condition investigated.*

*The adhesion tests showed that commercially coated tools were much more damaged than laser-textured coated tools.*

**Keywords:** *laser texturing, coatings, milling, adhesion, compacted graphite iron.*