

# EFICIÊNCIA DA TEXTURIZAÇÃO LASER NA ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS DE BROCAS

## **Davi Neves**

Instituto de Estudos Avançados. – IEAv. Centro Técnico Aeroespacial. CTA. - Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 - São José dos Campos – SP Caixa Postal 6044 - Cep - 12.231-970 .e-mail: davis@ieav.cta.br.

## **Anselmo Eduardo Diniz**

Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, Rua Mendeleiev, s/n, Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Barão Geraldo, CEP 13083-970 Campinas SP, e-mail: anselmo@fem.unicamp.br.

## **Milton Sergio Fernandes de Lima**

Instituto de Estudos Avançados. – IEAv. Centro Técnico Aeroespacial. CTA. - Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 - São José dos Campos – SP Caixa Postal 6044 - Cep - 12.231-970 e-mail: milton@ieav.cta.br.

**Resumo.** *A adesão do revestimento é uma propriedade crítica quando se trata de ferramentas de corte. A aplicação de brocas helicoidais de aço rápido revestidas com TiN propicia o uso de velocidades de corte 2,5 à 4 vezes mais altas e velocidades de avanço 3 a 5 vezes maiores que as velocidades usadas com ferramentas sem revestimento. Contudo, uma adesão adequada é bastante importante, pois a ferramenta com revestimento com adesão insuficiente se comporta 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 de deslizamento. Uma nova técnica de limpeza e texturização de superfícies usando um feixe de laser, que antecede a aplicação do revestimento, foi aplicada a um conjunto de brocas e seu desempenho foi comparado àquele de outro conjunto de brocas recobertas, porém sem texturização. No processo, um laser de pulsos curtos e de alta taxa de repetição provoca uma texturização advinda da formação de poças líquidas. Após a solidificação, ocorre a formação de nanoestruturas que permitem uma melhor ancoragem do revestimento. Utilizando como parâmetros de avaliação o número de furos, a força de avanço, o momento de torção e o desgaste de flanco, os dois grupos foram avaliados na furação do aço inox ABNT 304 em três diferentes velocidades de corte. Os resultados mostram um significativo aumento da vida das brocas texturizadas.*

**Palavras-chave:** *furação, revestimentos de ferramentas, laser.*

## **1. INTRODUÇÃO**

Uma broca desgastada afeta a qualidade do furo, promove o aumento da força de avanço e do momento torsor e cria a necessidade de sua substituição, o que está associada à diminuição da produtividade e aos custos de produção. Assim o desgaste e a vida de uma broca de aço rápido assumem importância tanto do ponto de vista tecnológico como do ponto de vista econômico na usinagem dos materiais.

## 1.1. O revestimento de Nitreto de Titânio (TiN)

Uma alternativa adotada pela indústria para reduzir o desgaste, aumentar a vida e a produtividade na utilização de ferramentas de corte de aço rápido é a aplicação de revestimento de TiN pelo processo PVD. Diniz<sup>(1)</sup> mostra que os benefícios deste revestimento são alta dureza e resistência ao desgaste, baixo coeficiente de atrito, alta resistência térmica e boa estabilidade química, além da habilidade de melhorar as condições de contato na região da aresta de corte. O revestimento de TiN possui uma excelente resistência ao desgaste por abrasão, adesão, difusão e dificulta a formação de aresta postiça de corte mesmo em baixas velocidades. As brocas de aço rápido revestidas com TiN segundo Nickel *et al.*<sup>(2)</sup> superam o desempenho destas brocas sem revestimento por um fator de quatro, na furação de aço carbono comum. Um aumento na vida de ferramenta de três a dez vezes ocorre na comparação de ferramentas de torneamento revestidas com TiN com as sem revestimento. A durabilidade das arestas de corte é melhorada por um fator de cinco quando a espessura da camada de revestimento atinge a espessura de 5 micrometros. Neste caso a constante de vida  $n$  na equação de Taylor  $VT^n$  que é de 0,13 para ferramentas não revestidas cresce para 0,30 para ferramentas revestidas. Uma análise no microscópio eletrônico de varredura mostra que a área de contato entre ferramenta revestida e cavaco é em torno de 30 a 40% da área de contato de uma ferramenta sem revestimento. A natureza e os modos do mecanismo de desgaste das ferramentas revestidas com TiN ainda é objeto de muita pesquisa. Diversas formas de desgaste de brocas de aço rápido revestidas são observadas durante a furação do aço carbono comum, tais como a abrasão, a remoção de macro partículas, o lascamento, a trinca do revestimento e a deformação do substrato. É evidente que a resistência ao desgaste é fortemente influenciada pela adesão do revestimento ao substrato. Sem a adesão adequada, as boas propriedades do revestimento são inutilizáveis, pois a ferramenta com revestimento sem adesão se comporta pior que aquela sem revestimento. A formação de partículas duras e abrasivas, resultantes do destacamento prematuro do revestimento de nitreto de titânio, interpõe-se entre as superfícies promovendo a abrasão e acelerando o desgaste das superfícies da ferramenta que estão em contato de deslizamento. Este mecanismo é dominante no desgaste em ferramentas de aço rápido com revestimentos que não apresentam adesão suficiente. A deposição de uma camada intermediária entre o revestimento e o substrato tem se mostrada benéfica para a adesão, propiciando difusão e relaxamento de tensões de cisalhamento na interface. Também uma prévia nitretação da ferramenta de aço rápido proporciona uma substancial melhoria na adesão do revestimento. Uma comparação entre brocas comerciais revestidas com TiN e as brocas nitretadas a plasma e depois revestidas levam a conclusão que a adesão da camada de TiN é muito superior nas brocas previamente nitretadas, pois este tratamento dificulta o micro destacamento da camada do filme.

A primeira e a mais importante exigência para aplicação de técnicas de revestimento em tribologia é que entre o filme depositado e o substrato haja uma adesão satisfatória. Vários métodos foram desenvolvidos para avaliar a qualidade do revestimento. Cada método tem suas vantagens e limitações. A medição da adesão de revestimentos duros em substratos macios tem sido um problema desde o desenvolvimento dos modernos revestimentos aplicados pelo processo PVD. O mais simples teste de adesão consiste na aplicação e remoção de uma fita adesiva sobre a camada depositada. Puramente qualitativo, este teste não foi desenvolvido para quantificar a resistência da adesão, indica apenas que a adesão é maior que um determinado valor arbitrário. Métodos mais sofisticados foram desenvolvidos para uma quantitativa medição da resistência da adesão. O “scratch test” é um dos ensaios que se tornou amplamente aceito como método comparativo. Neste ensaio, um indentador de diamante percorre a superfície revestida sob a ação de uma carga crescente, até que o filme de revestimento se rompa. Neste instante, a leitura da carga associada à falha fornece o valor da adesão e é referida como carga crítica, que é o parâmetro utilizado para avaliar a adesão do filme com o substrato (Bellido González<sup>(3)</sup>, 1995).

Um método bastante simples utilizado para avaliação da qualidade da adesão do filme em substratos metálicos consiste na medição do filme destacado ao redor de um indentador num ensaio de dureza Rockwell C. Uma micrografia ótica de uma indentação Rockwell C com carga de 150 Kg permite indicar se o conjunto filme/substrato apresenta boa adesão ou não. A deformação plástica do substrato, induzida pelo indentador de diamante, força o filme, na superfície em torno do

identador, a deformar elasticamente. Conforme Mitchler *et al.*<sup>(4)</sup> a energia de deformação armazenada no filme representa a força motora para promover o descolamento do filme. O raio da delaminação em torno da indentação indica a região onde a energia de deformação (promovida pelo indentador de diamante) se iguala à energia de adesão do filme. Assim o raio de delaminação é a medição da adesão. Assumindo que a espessura do filme é desprezível se comparada com a profundidade da indentação, o campo de energia de deformação em torno da indentação pode ser simulada por elementos finitos viabilizando assim a determinação das tensões no filme. A energia de adesão de qualquer filme fino sobre o aço pode ser calculada por este método.

## 1.2. A texturização

A texturização de superfícies utilizando feixe laser tem potencial para substituir, em certas aplicações, outras técnicas mais baratas como as mecânicas. Usando técnicas de processamento de materiais a laser, alterações de topologia podem ser produzidas em qualquer material como vidro, cerâmica e polímeros. Um feixe de laser focado produz depressões sobre superfícies que podem ser circundadas por um anel de material refundido. A topografia dos poros é facilmente reproduzida e pode ser controlada pela variação dos parâmetros de interação laser-matéria (potência do feixe, distribuição da intensidade, forma do pulso e duração do pulso). O processamento a laser pode ser feito pela direta focalização do feixe sobre a superfície ou pelo uso de máscaras de ablação após a expansão do feixe (Romano *et al.*<sup>(5)</sup>).

A energia incidente e o tempo de interação entre a radiação laser e a superfície do material determinam se vai ocorrer uma grande área com aquecimento local ou uma pequena região precisamente delimitada, removida, sem nenhum efeito térmico na vizinhança, quando pulsos ultracurtos são utilizados.

A limpeza de superfícies utilizando um feixe de laser oferece vantagem competitiva ao jato de areia e a tratamentos químicos em função da facilidade de automação, da eliminação de efluentes e a possibilidade de tratar peças tridimensionais como broca e serras. A limpeza a laser envolve a remoção de camadas indesejáveis através do uso de pulsos curtos e de alta energia. O processo pode ser atérmico para o substrato quando a camada a ser removida é um filme óxido que se destaca em função de sua rápida expansão junto com a explosão dos gases aprisionados próximos da camada metálica oxidada. Uma outra possibilidade é a vaporização de camadas micrométricas por ablação. Ablação é o efeito da rápida transição de líquido superaquecido para uma mistura de vapor e gotículas. Parte do calor incidente pode efetivamente ser absorvido pelo material levando à elevação local da temperatura e promovendo alterações locais de microestrutura, que podem ser úteis ao desempenho do material. Algumas técnicas de limpeza a laser utilizam mais potência que a necessária para limpar a superfície com o objetivo de promover uma fusão localizada (texturização), uma vez que uma leve rugosidade na superfície pode promover uma melhoria na adesão nos revestimentos (Lima<sup>(6)</sup>)

## 1.3. Mecanismos de interação entre feixe laser e metal

A interação do laser com a matéria é influenciado por fatores como natureza do substrato, composição e estrutura da superfície, energia, frequência e largura do pulso laser e atmosfera. Quando a densidade de energia do laser é suficientemente alta, o fenômeno de absorção provoca efeitos térmicos (como a fusão ou a vaporização) ou atérmicos (como a ablação) mostrados na figura 1.

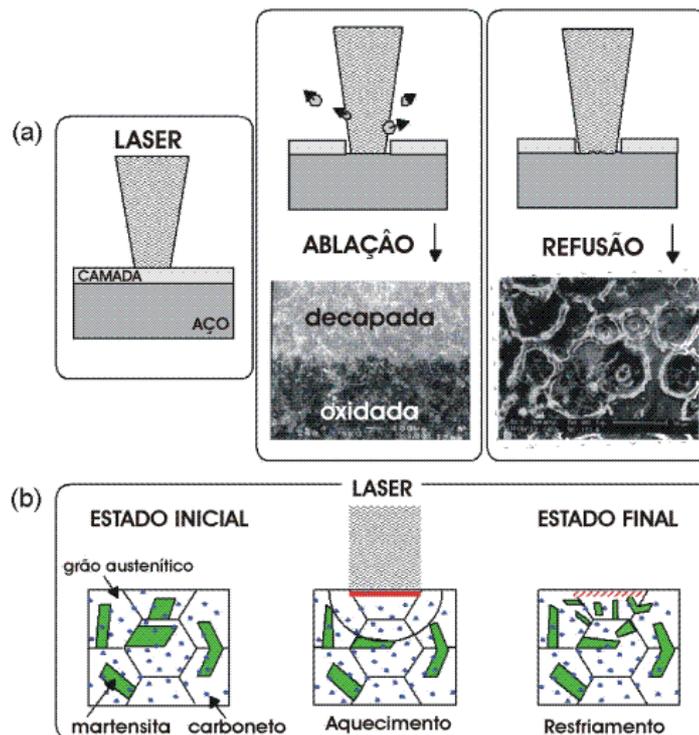


Figura 1 - Mecanismos de interação laser-matéria: (a) foto-ablação e refusão e (b) transformação de fases em um aço ferramenta.

Na limpeza e texturização simultâneas, o metal 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 (Figura 1a.). Microscopicamente, as fases que compõe o substrato podem passar por transformações de fase de sólido para líquido e vapor como também pode sofrer transformações alotrópicas. Aços ferramentas são compostos por austenita, martensita e carbonetos, os quais vão reagir diferentemente ao pulso laser. A austenita (Figura 1b) é a fase que irá refundir e ressolidificar durante o processamento. A temperatura 'liquidus' para o aço ferramenta M2 é de cerca de 1430 °C. Acima desta temperatura, o metal na fase líquida reage ao pulso laser formando gotículas, vaporizando e eventualmente formando poças de fusão. Durante a ressolidificação, uma parte da austenita transforma-se em martensita. A martensita, que já está presente no substrato, decompõe-se em austenita numa temperatura que depende do volume de carbonetos. Esta austenita também passa pelas mesmas etapas que a austenita original do substrato, transformando-se parcialmente em martensita. Os carbonetos, bastante estáveis durante aquecimentos e resfriamentos curtos, praticamente não sofrem mudanças durante o processamento (Lima e Vieira Júnior<sup>(7)</sup>). A Figura 1b mostra um desenho esquemático das diferentes transformações de fase que ocorrem no substrato.

A fusão do substrato deve ser controlada para que ocorra num volume mínimo, uma vez que existe a possibilidade de tensões residuais que levam à fissuração do mesmo. A transformação martensítica também induz tensões residuais no substrato.

O objetivo deste trabalho é avaliar uma nova técnica de limpeza e texturização de superfícies usando um feixe de laser, que antecede a aplicação do revestimento. Na primeira fase corpos de prova foram limpos e texturizados com laser e a influência desta operação sobre a adesão de filmes de TiN foi comparada com outros corpos de prova preparados de maneira convencional. Na segunda fase o mesmo procedimento foi efetuado a um conjunto de brocas e seu desempenho foi comparado a um conjunto de brocas de referência. Utilizando como parâmetros de avaliação: o número de furos, a força de avanço, o momento de torção, a velocidade de corte e o desgaste de flanco, os dois grupos de brocas foram avaliados na furação do aço inox ABNT 304.

## 2. MATERIAIS UTILIZADOS NOS EXPERIMENTOS

Os materiais utilizados para ensaios de texturização foram discos cilíndricos de 15 mm de diâmetro e 5 mm de espessura e brocas de haste cilíndrica de diâmetro 10 mm e ângulo de ponta de 118° de dimensões conforme norma DIN 338, ambos de aço rápido classe AISI M2 temperados e revenidos para dureza de 62 HRC. Os corpos de prova cilíndricos possuíam uma fina camada de óxido de alguns nanômetros avaliada em microscópio eletrônico de varredura. A composição química do aço M2 é 0.88% C, 4.1% Cr, 5.0% Mo, 6.5% W, 1.8% V, determinada por espectrometria de massa.

A matéria prima para o ensaio de furação consistia de dois blocos de aço AISI 304 de dimensões de 31,75 mm x 100 mm x 250 mm. Este material é um aço inoxidável austenítico com uma resistência a corrosão superior aos outros tipos de aços. Suas características mecânicas específicas são baixa resistência ao escoamento e relativamente alta resistência à tração a temperatura ambiente e um elevado alongamento. Os aços inoxidáveis são referenciados como sendo mais difíceis de usinar quando comparados com aços carbonos ou aços de baixa liga. Isto é função da tendência destes aços ao encruamento, à formação de martensita e a sua relativamente baixa condutividade térmica.

## 3. MÉTODOS E EQUIPAMENTOS.

O laser usado para promover a texturização era um laser de Nd:YAG Q-switched que permitia variar a energia por pulso na faixa de 0.1-8 mJ, um comprimento de pulso de 100 a 600 ns, e operava na faixa de frequência de 1-50 kHz. O diâmetro focal do laser era de 0,08 mm. Os parâmetros de texturização utilizados estão definidos na tabela 1. Nesta tabela  $t_p$  é o tempo de duração do pulso,  $E$  é a energia do pulso,  $f_l$  é a fluência do laser,  $f_r$  é a taxa de repetição dos pulsos e  $v$  a velocidade que o feixe percorre a amostra

Tabela 1 – Parâmetros experimentais dos ensaios de texturização realizados

Condição	$t_p$ (ns)	$E$ (mJ)	$f_l$ (J/cm <sup>2</sup> )	$f_r$ (Hz)	$v$ (mm/s)
1	100	7.7	0.98	1000	40
2	100	6.2	0.79	1000	40
3	100	4.9	0.65	1000	40
4	100	3.2	0.41	1000	40
5	200	0.8	0.10	10000	400
6	200	0.6	0.08	10000	400
7	200	0.5	0.06	10000	400
8	200	0.3	0.04	10000	400

Todos os ensaios de furação foram realizados num centro de usinagem vertical CNC, com potência no eixo árvore de 15 Kw, torque 130 Nm, rotação programável de 0 a 16000 rpm, com velocidade de avanço dos eixos programável de 1 a 35000 mm/min. O fluido de corte utilizado foi o Vasco 1000, fornecido pela Blaser Swissslube AG, baseado em ésteres naturais, solúvel em água na concentração de 10%, que chegava até a ponta da broca através de oito bocais localizados no nariz da árvore com uma vazão total de 40 l/min à pressão de 3 bar.

Aa brocas utilizadas nos ensaios de furação tinham diâmetro de 10 mm. O avanço foi mantido constante em 0,09 mm/rotação e três velocidades de corte foram utilizadas nos ensaios, quais sejam: 22, 27,5 e 33 m/min.

Os desgastes das ferramentas foram medidos e registrados através do uso de um estereomicroscópio Leica (aumento de até 50x) que estava acoplado a um microcomputador por meio de uma câmara fotográfica. Os valores força de avanço e do torque foram obtidos através da utilização de um dinamômetro Kystler 9272 cujos sinais eram enviados a um amplificador de carga que estava conectado a um computador através de uma placa de aquisição analógica-digital.

#### 4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Discos de diâmetro de 15 mm por 5mm de espessura foram as primeiras peças a serem limpas e texturizadas. O procedimento de limpeza e texturização consistia em atingir a superfície da peça com pulsos laser de diferentes energias e taxas de repetição a uma velocidade de deslocamento proporcional à frequência do laser. A velocidade de deslocamento foi determinada com o objetivo de garantir seqüenciamento dos pulsos sobre a superfície da peça, evitando sobreposição e espaçamento entre as crateras que eram geradas sobre a superfície. Uma pequena área quadrada era gerada dentro do diâmetro da amostra, graças a uma cabeça de gravação alinhada com o feixe laser. Sucessivas trajetórias retilíneas e paralelas do feixe laser foram geradas em velocidades constante de 40 mm/s e 400 mm/s, hachurando toda a área do quadrado. O procedimento era repetido duas vezes por amostra para garantir a saturação da superfície. Na figura 2 nota-se que bons resultados podem ser obtidos dependendo dos parâmetros de ensaio definidos na tabela 1.

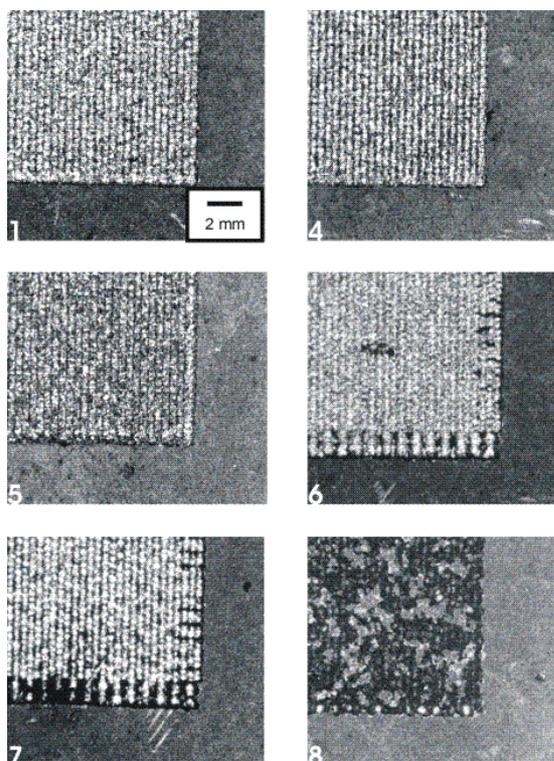


Figura 2 – Vistas de superfícies texturizadas

Texturizações executadas com baixos valores de densidade de potência podem não afetar significativamente a camada de óxido, como se vê na amostra 8 ou ainda não remover toda a camada de óxido deixando resíduos sobre a superfície, como pode ser visto nas amostras 6 e 7. Nos casos onde a densidade de potência é maior percebe-se, através de um exame mais aprofundado no MEV, que ocorre a remoção total da camada de óxido e ainda uma refusão superficial com espalhamento de gotículas, com uma formação geométrica na superfície semelhante a mostrada figura 1. Densidades de potência maiores provocam ablação total da camada aliadas a uma ação mecânica em função da formação das poças de fusão .

Definidas as melhores condições de limpeza e texturização, trataram-se novas amostras e estas foram juntadas a outras preparadas pelo procedimento tradicional (sem o uso de laser) para deposição do filme de nitreto de titânio pelo processo PVD. Uma camada homogênea de 2  $\mu$ m de TiN foi aplicada sobre as amostras. Durante o revestimento a temperatura das amostras foi mantida abaixo de 500°C. A avaliação do efeito laser sobre a adesão foi efetuada realizando-se ensaios de dureza com o indentador de diamante com cargas de 60, 100 e 150 kg sobre as duas superfícies. O resultado comparativo pode ser visto na figura 3 para cada uma das cargas e estado de superfície.

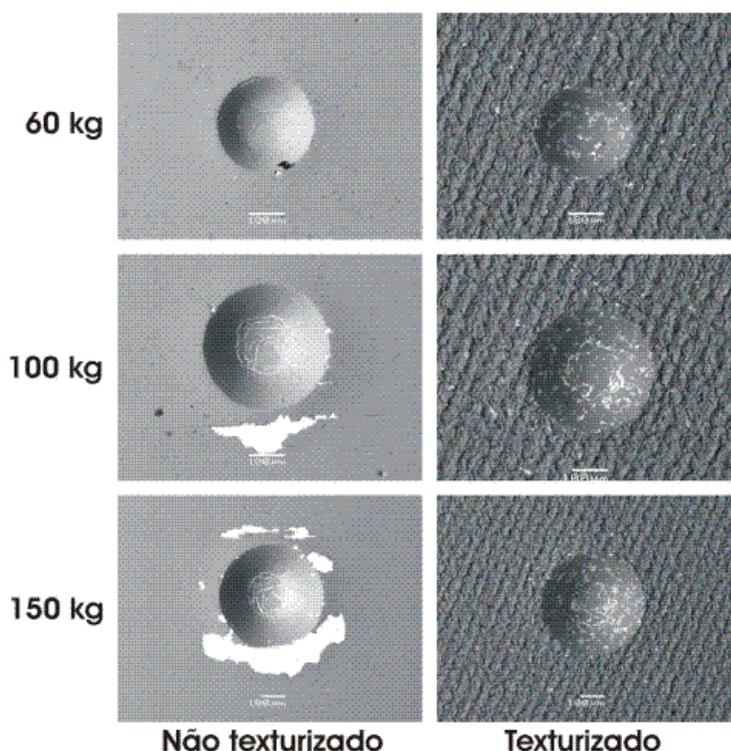


Figura 3 – Aspecto das indentações Rockwell C nas diversas peças recobertas

O destacamento da camada ocorreu para os dois tipos de materiais, porém no caso das amostras tratadas a laser antes do processo de deposição PVD, a zona delaminada pode ser identificada apenas por alguns pontos onde a camada se desprende. Já para as amostras não texturizadas o destacamento é evidenciado pelas regiões brancas ao redor da indentação. Em ambos os casos, a espessura da camada de TiN é muito menor quando comparada com a extensão de deformação plástica do material promovida pelo indentedor. Portanto, a resistência ao indentedor é dada pelas propriedades mecânicas do aço. A diferença na aderência dos dois filmes pode ser explicada pelo fato de que a amostra sem texturização está sujeita a uma tensão de cisalhamento na interface camada/metal quando da aplicação do indentedor, enquanto que, na superfície tratada a laser, devido à rugosidade provocada pelas poças de fusão, o plano da interface não está sempre perpendicular ao indentedor e, assim, esta tensão de cisalhamento é menor. Pode-se então considerar que as irregularidades provocadas pelo laser promovem um ancoramento mecânico do filme.

#### 4.1. O ensaio de furação.

A finalidade deste ensaio é verificar a influência da texturização a laser realizada antes da aplicação do revestimento de TiN em brocas de aço rápido. A texturização foi efetuada escolhendo os parâmetros otimizados do laser obtidos nas fases anteriores. Porém, em função da cinemática disponível, o agrupamento dos pontos na superfície da broca não foi exatamente o mesmo obtido nos ensaios anteriores.

As variáveis a serem analisadas foram a velocidade de corte e a texturização. As variáveis de resposta foram a força de avanço, o desgaste da broca e o número de furos até o limite máximo de 100 furos por broca. Alguns ensaios foram interrompidos antes disto, devido à quebra ou grande dano da aresta de corte.

Na figura 4 estão plotados o valor médio da força de avanço para os ensaios efetuados na velocidade de corte de 22 m/min realizados com as brocas texturizadas e para as brocas não texturizadas. Para as outras velocidades de corte ocorreu quebra prematura das brocas não texturizadas. Pode ser visto nesta figura que para os primeiros furos a força de avanço é praticamente a mesma e, à medida que o número de furos aumenta, nota-se uma separação entre as duas curvas. Para as brocas sem texturização ocorre uma maior taxa de crescimento da força com o

aumento do número de furos. Já para as brocas com texturização, o crescimento da força com o aumento do número de furos é bem menor. Isto sugere que a texturização não exerce influência no contato cavaco-ferramenta e ferramenta-peça, quando a ferramenta ainda não tem desgaste, mas sugere também que a broca sem texturização desgastou-se mais rapidamente, o que fez com que a força também crescesse mais rapidamente.

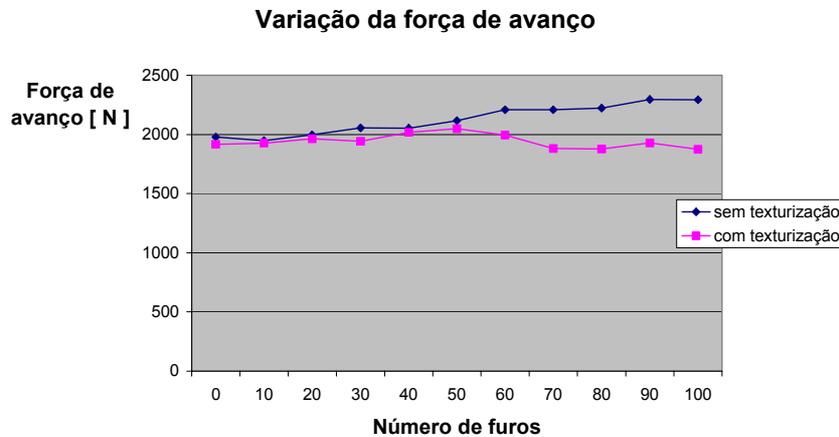


Figura 4 – Variação da força de avanço com o número de furos realizados ( $v_c = 22$  m/min)

A figura 5 mostra a evolução do momento de torção a cada dez furos realizados. Para a broca não texturizada o momento de torção apresenta um valor superior e com uma tendência de crescimento com o aumento de furos realizados. Para a broca texturizada pode-se observar uma taxa de crescimento muito mais suave. O crescimento do momento de torção na furação pode ser associado ao aumento do desgaste da broca. Isto sugere novamente que a broca texturizada está se desgastando menos que a broca não texturizada na realização da mesma quantidade de furos.

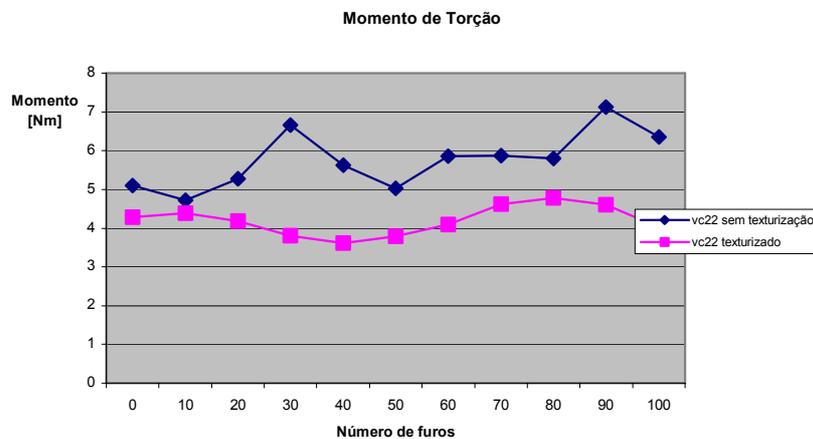


Figura 5 – Variação do momento de torção com o número de furos realizados ( $v_c = 22$  m/min)

O número de furos realizado em cada ensaio pode ser visto na tabela 2. Pode-se ver nesta tabela o excepcional desempenho das brocas texturizadas em relação àquelas sem texturização, nas velocidades 27,5 e 33 m/min. Mesmo nos ensaios com  $v_c = 22$  m/min, em que os dois tipos de brocas conseguiram realizar o mesmo número de furos, a broca texturizada apresentava um valor de desgaste de flanco bem menor que a broca sem texturização depois de 100 furos realizados, o que comprova que o maior crescimento da força de avanço e do momento torsor com o número de furos realizados quando se utilizou a broca sem texturização, deveu-se ao crescimento do desgaste de flanco ao longo do ensaio.

Tabela 2. – Número de furos realizados em cada ensaio e condição da broca ao fim do ensaio.

vc	Superfície da broca	Número de furos	Condição da broca ao fim do ensaio
22 m/min	Sem texturização	100	Desgaste de flanco máximo= 0,21 mm
	Texturizada	100	Desgaste de flanco máximo= 0,11 mm
27,5 m/min	Sem texturização	14 - 17	quebra
	Texturizada	100	Desgaste de flanco máximo= 0,12 mm
33 m/min	Sem texturização	7 - 8	quebra
	Texturizada	70 - 100	Desgaste de flanco máximo= 0,09 mm

Baseado nestes resultados, pode-se afirmar que o maior ancoramento da camada de revestimento na brocas texturizadas já mostrado anteriormente (figura 3), foi capaz de manter estas camadas por um período mais longo durante o corte do material e, assim, foi capaz de diminuir o desgaste e aumentar a vida das ferramentas texturizadas.

## 5. CONCLUSÕES

O tratamento dos dados e as análises dos resultados obtidos neste trabalho experimental permitem, para as condições similares àquelas experimentadas neste trabalho, apontar as conclusões abaixo discriminadas:

- A texturização a laser promove aumento da adesão de filmes de nitreto de titânio depositado pelo processo PVD em substratos de aço rápido M2.
- A texturização promove uma vida maior da ferramenta quando comparada com uma outra ferramenta não texturizada trabalhando nas mesmas condições de usinagem. Em determinadas condições, para a mesma quantidade de furos, o desgaste de flanco máximo é reduzido a metade nas ferramentas texturizadas.
- A texturização, na medida em que diminui a taxa de crescimento do desgaste da broca, diminui também a variação da força de avanço e do momento de torção.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento da  Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, à Brasimet Comércio e Indústria S.A. pelo fornecimento dos materiais pela aplicação dos revestimentos e ao LME/LNLS, Campinas pela realização dos trabalhos de microscopia eletrônica.

## 7. REFERÊNCIAS.

1. DINIZ, Anselmo Eduardo. **Tecnologia da Usinagem dos Metais**: 1. ed. São Paulo: Art Líber Editora, 2000. 244p.
2. NICKEL, J.; SHUAIB, A.N.; B, YILBAS, B.S. et al. Evaluation of the wear of plasma-nitrided and TiN-coated HSS drills using conventional and Micro-PIXE techniques. **Wear**, v.239, p.155–167,2000.
3. BELLIDO-GONZÁLEZ, V.; STEFANOPOULOS, N.; DEGUILHEN, F. Friction monitored scratch adhesion testing. **Surface and Coating Technology**. v.74-75, p.884-889, 1995
4. MICHLER, J. VON KAENEL, Y. BLANK, E. Assessment of Mechanical Properties of Thin Films: Residual Stress, Young's Modulus, Fracture Strength, Adhesion, and Load Bearing

Capacity. **European Congress and Exhibition on Advanced Materials and Processes.**  
Lausanne, 2003

5. HAEFKE1, H., GERBIG1, Y., DUMITRU G. ROMANO, V. Microtexturing Of Functional Surfaces For Improving Their Tribological Performance In: **Proceedings of the International Tribology Conference.** Nagasaki, 2000.
6. LIMA, M.S.F., VENCOVSKY, P. VIEIRA JR., N.D., MORATO, S.P. Increasing life-time of tools by a new laser treatment and coating processes **COMPUTATIONAL METHODS IN MATERIALS CHARACTERISATION**, Ed. A.A. Mammoli and C.A. Brebbia, Southampton (UK) : WIT Press, 2004, p. 339-348.
7. LIMA, M.S.F., VIEIRA JUNIOR, N.D. Preparação de superfícies de aço por laser para deposições PVD de nitreto de titânio **Relatório Final de Atividades** Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo Processo: 01/01195-2 São Paulo 2002

## **EFFICIENCY OF THE LASER TEXTURING IN THE ADHESION OF THE COATED TWIST DRILLS**

### **Davi Neves**

Instituto de Estudos Avançados. – IEAv. Centro Técnico Aeroespacial. CTA. - Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 - São José dos Campos – SP Caixa Postal 6044 - Cep - 12.231-970 .e-mail: davis@ieav.cta.br.

### **Anselmo Eduardo Diniz**

Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, Rua Mendeleiev, s/n, Cidade Universitária "Zeferino Vaz" Barão Geraldo, CEP 13083-970 Campinas SP, e-mail: anselmo@fem.unicamp.br.

### **Milton Sergio Fernandes de Lima**

Instituto de Estudos Avançados. – IEAv. Centro Técnico Aeroespacial. CTA. - Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 - São José dos Campos – SP Caixa Postal 6044 - Cep - 12.231-970 e-mail: milton@ieav.cta.br.

**Abstract.** *The coating adhesion is an important property of cutting tools. High speed steel twist drills coated with TiN have proved that cutting speeds can be 2.5 to 4 times higher and feed velocity also can be 3 to 5 times higher than those speeds used when uncoated tools are utilized. However, a suitable adhesion is very important, because the coated tool with poor adhesion between the substrate and the coating presents a worse performance than the uncoated tool. The formation of hard and abrasives particles, resulting from the premature destruction of the coating, accelerates the wear of the surfaces which have sliding contact. A new technique to clean and texturing the surfaces using a laser beam, previous to the coating deposition was applied to a set of drills and its performance compared with another set of coated drills without texturing. In the texturing process, a laser of short pulses and high rate of repetition generates a surface texturing due to the formation of little liquid drops of the material. After the solidification, nanostructures are formed which allow a better coating retention. The comparison between these two sets of drills was carried out in drilling tests of the ABNT 304 steel, in three different cutting speeds. The evaluation parameters were: the number of holes drilled by each drill, feed force, thrust moment and flank wear. The results showed a large increase of the tool life when texturing of the substrate were made.*

**Keywords.** *Drilling, tool coating, laser.*