

TORNEAMENTO DO AÇO SAE 4340 COM INSERTOS TEXTURIZADOS A LASER E REVESTIDOS DE TiN

Luiz Eduardo Rodrigues Vieira, luizeduardodrigues@gmail.com¹

¹Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica, CEP: 38400-097, Uberlândia-MG

Luis Fernando Marzola da Cunha, fernandoluismc@gmail.com²

Danilo dos Santos Oliveira, unbdanilo@gmail.com³

Romeniguel Igor Melo Araújo Fernandes, romeniguel.melo@gmail.com⁴

Rhander Viana, rhander.viana@gmail.com⁵

^{2,3,4,5}Universidade de Brasília Campus-Gama, Área Especial da Indústria Projeção A, CEP: 72444-240, Brasília-DF

Resumo. O objetivo deste trabalho consiste em comparar por meio de ensaios de vida de ferramentas e acabamento superficial da peça usinada no torneamento do aço SAE 4340, insertos de metal duro da classe ISO S modificados superficialmente, por meio de texturização a laser e jateamento, e posteriormente revestidos de TiN (nitreto de titânio). Os ensaios de vida foram realizados a seco, para os insertos - sem revestimento (SR), jateado e revestido de nitreto de titânio (TiN), e laser e revestido de TiN. A vida da ferramenta de corte foi avaliada por meio da medição do desgaste de flanco médio ($VB_B = 0,3$ mm), para três repetições. Nos ensaios de acabamento superficial foram obtidas as rugosidades média (R_a) e máxima (R_z) da superfície usinada, com três medições para cada ferramenta ensaiada com varredura a 120° uma da outra. Os resultados mostraram um melhor desempenho médio nos ensaios de vida dos insertos texturizados a laser, com aumento da vida da ferramenta em cerca de 3460% em relação à ferramenta sem revestimento, e cerca de 15% em relação a ferramenta jateada e revestida de TiN, e uma menor rugosidade dos parâmetros R_a e R_z da peça torneada com a utilização do revestimento TiN, tanto para o substrato jateado quanto texturizado a laser em relação a ferramenta sem revestimento.

Palavras chave: Torneamento. Aço SAE 4340. Laser. TiN.

1. INTRODUÇÃO

A diferença no desempenho de ferramentas de corte revestidas e ferramentas sem revestimentos é resultado da interação entre suas propriedades - química, física e tribológicas (Santos, 2002), que, provavelmente, modificam a região de interface cavaco-ferramenta, aumentando o desempenho da ferramenta revestida.

A atuação do revestimento depositado sobre a superfície da ferramenta em suportar mudanças constantes nas solicitações mecânicas e térmicas do processo de usinagem, dependerá, sobretudo, de uma boa adesividade sobre o substrato. Uma adesividade adequada do revestimento é muito importante, pois a ferramenta com revestimento com 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 (Lima *et al.*, 2005).

Daí advém à importância de se ter novos processos de deposição disponíveis, um melhor controle do processo de deposição, das fontes de suprimento 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 podem 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.

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 corte. 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. 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 (Lima *et al.*, 2005), o que provavelmente pode colaborar para aumentar a adesividade do revestimento no substrato. 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. 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 suporte técnico na viabilização da utilização desta nova tecnologia, de texturização superficial de ferramentas de corte utilizando feixe de laser em comparação ao processo comercial que utiliza jateamento na modificação superficial de ferramentas de corte revestidas. A princípio a contribuição deste trabalho tem o intuito de avaliar o desempenho de insertos de metal duro da classe ISO P jateados e revestidos de TiN utilizadas comercialmente, e insertos de metal duro da classe ISO P texturizados a laser e revestidos de TiN por meio de ensaios de vida de ferramentas e ensaios de acabamento superficial da peça usinada no torneamento do aço SAE 4340.

2. METODOLOGIA

2.1. Ensaios de vida

A metodologia para execução dos ensaios de vida foi baseada na avaliação e comparação do desempenho de insertos de metal duro da classe ISO S texturizados por laser e jateamento, mediante ensaios de torneamento do aço SAE 4340 apoiado na contraponta. A vida da ferramenta de corte foi avaliada por meio da medição do desgaste de flanco médio ($VB_B = 0,3 \text{ mm}$) utilizando-se um estereomicroscópio Zoom 645T - Koye. Os ensaios de vida foram realizados a seco, para três ferramentas testadas - sem revestimento (SR), jateada e revestida de nitreto de titânio (TiN), e laser e revestida de TiN. Nos ensaios foram obtidas as médias de vida das três ferramentas testadas, para três repetições. As ferramentas utilizadas foram fabricadas pela Sandvik, especificação CNMG 12 04 08 H13A.

A ferramenta jateada e revestida de TiN foi preparada pela Oerlinkon-Balzers pelo processo PVD. A texturização a laser da outra ferramenta foi realizada na divisão de fotônica do Instituto de Estudos Avançados do Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial (IEAv-CTA), utilizando-se um feixe de laser de vapor de cobre, Hidreto de Cobre e Bromo (CuHBr), com comprimento de onda de 510 nm, tempo de pulso de 30 ns, frequência de pulsação de 13,8 kHz, diâmetro focal de 30 μm e irradiância de 638 MW/cm^2 . Posteriormente a ferramenta texturizada a laser foi revestida de TiN pela Oerlinkon Balzers.

A Figura 1 mostra a diferença entre as ferramentas jateada e texturizada a laser revestidas de TiN. Observa-se claramente as linhas de texturização para a ferramenta TiN-laser.

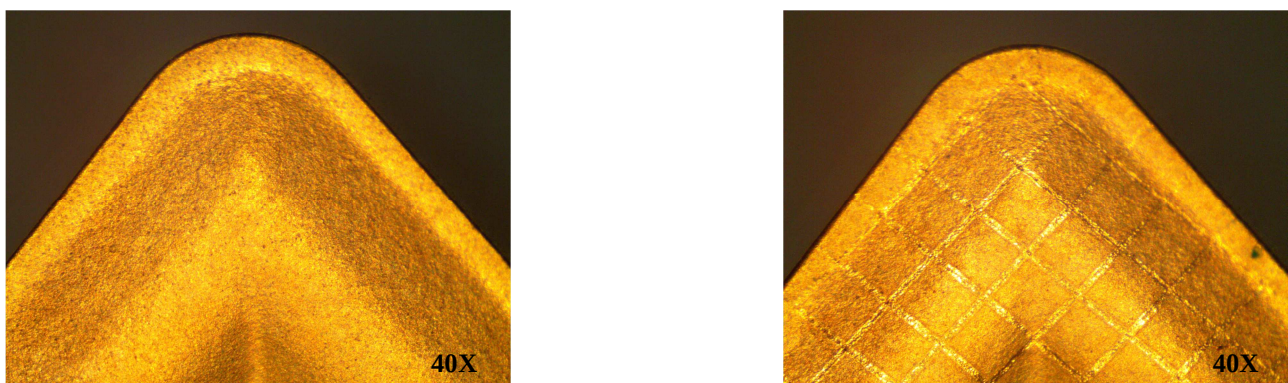


Figura 1. Detalhe da superfície de saída das ferramentas TiN-jateada (esquerda) e TiN-laser (direita)

Os corpos de prova utilizados nos ensaios de vida foram tarugos cilíndricos do aço SAE 4340 com diâmetro de 50,8 mm e comprimento de 113 mm, as condições de corte utilizadas são mostradas na Tab. 1.

Tabela 1. Condições de corte utilizadas nos ensaios de vida

Parâmetro	Valor
Velocidade de corte [m/min]	200
Avanço [mm/rotação]	0,5
Profundidade de corte [mm]	2,0
Comprimento de usinagem [mm]	50

2.2. Ensaios de rugosidade

Os ensaios de rugosidade foram realizados utilizando-se um rugosímetro Mitutoyo modelo SJ-210. Nos ensaios foram obtidas as rugosidades média (Ra) e máxima (Rz) da superfície usinada sem aplicação de fluido de corte, com três medições para cada ferramenta ensaiada com varredura a 120° uma da outra. Os ensaios de rugosidade, assim como os ensaios de vida, foram executados num Torno CNC modelo Diplomat Logic 195 VS.

Os corpos de prova utilizados nos ensaios de rugosidade também eram de aço SAE 4340 com as mesmas dimensões dos corpos de prova dos ensaios de vida. As condições de corte utilizadas nos ensaios de rugosidade constam na Tab. 2.

Tabela 2. Condições de corte utilizadas nos ensaios de rugosidade

Parâmetro	Valor
Velocidade de corte [m/min]	200
Avanço [mm/rotação]	0,1
Profundidade de corte [mm]	1,0
Comprimento de usinagem [mm]	50

3. RESULTADOS

3.1. Ensaios de vida

A Figura 2 mostra os resultados obtidos nos ensaios de vida das ferramentas testadas. A ferramenta com pior desempenho foi a sem revestimento, com uma média de vida de apenas 0,13 m de usinagem, equivalente a três passadas. A ferramenta com melhor desempenho médio nos ensaios de vida foi a ferramenta revestida de TiN com substrato texturizado a laser, com uma média de vida de 4,6 metros, equivalente a 100 passadas, ou seja, um aumento da vida da ferramenta em cerca de 3460% em relação à ferramenta sem revestimento.

Na avaliação quanto ao desempenho dos substratos testados, jateado e laser, observa-se que a texturização a laser aumentou em cerca de 15% a vida da ferramenta em relação a textura jateada, ambas ferramentas revestidas de TiN.

O efeito das linhas cruzadas do laser aplicado a superfície do substrato de WC-Co, como mostrado na Fig. 1, possivelmente, aumentou o travamento mecânico do revestimento TiN no substrato do inserto de metal duro, possibilitando uma maior vida do inserto durante o torneamento.

A condição de microusinagem por ablação do laser, método aplicado neste trabalho, cria pontos discretos que eventualmente agem na retenção do revestimento, quando aplicado a substratos de ferramentas (Lima *et al.*, 2005).

A ablação superficial do substrato texturizado a laser, provavelmente, implicou na formação de microcavidades, formando microbolsões de revestimento depositado, neste caso TiN. Possivelmente, esses microbolsões impedem uma delaminação contínua do revestimento, ou seja, em relação a ferramenta TiN-jateada há uma menor área de deslocamento do revestimento, tal comportamento substrato laser/revestimento foram encontrados em outros estudos como Dumitru *et al* (2005) e Viana *et al* (2015).

Na continuidade deste trabalho é proposto ensaios de caracterização de revestimentos, na tentativa de elucidar o comportamento das ferramentas quanto ao desempenho nos ensaios de vida.

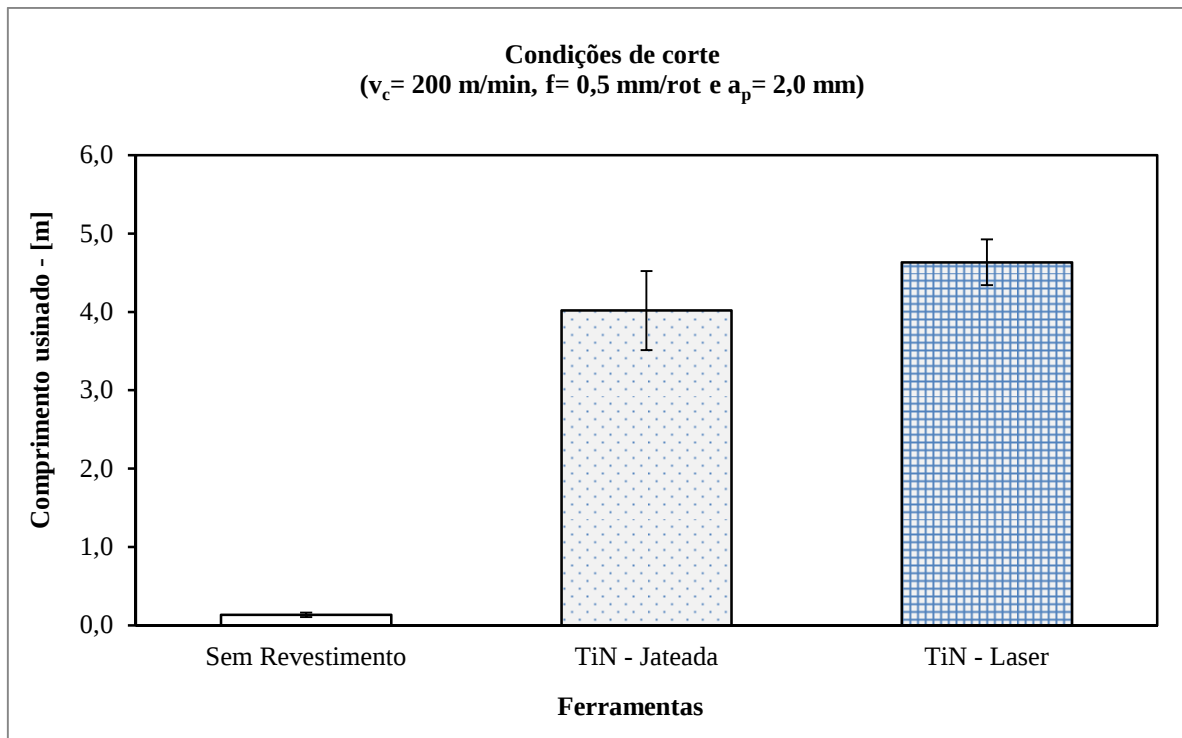


Figura 2. Ensaio de vida no torneamento a seco do aço SAE 4340

3.2. Ensaio de rugosidade

A Figura 3 mostra os resultados obtidos nos ensaios de rugosidade do aço SAE 4340 no torneamento a seco, utilizando as ferramentas - Sem Revestimento, TiN-jateada e TiN-laser.

De maneira geral, os resultados mostram que a utilização do revestimento de TiN, afeta sensivelmente os valores das rugosidades média (Ra) e rugosidade máxima (Rz) da superfície torneada.

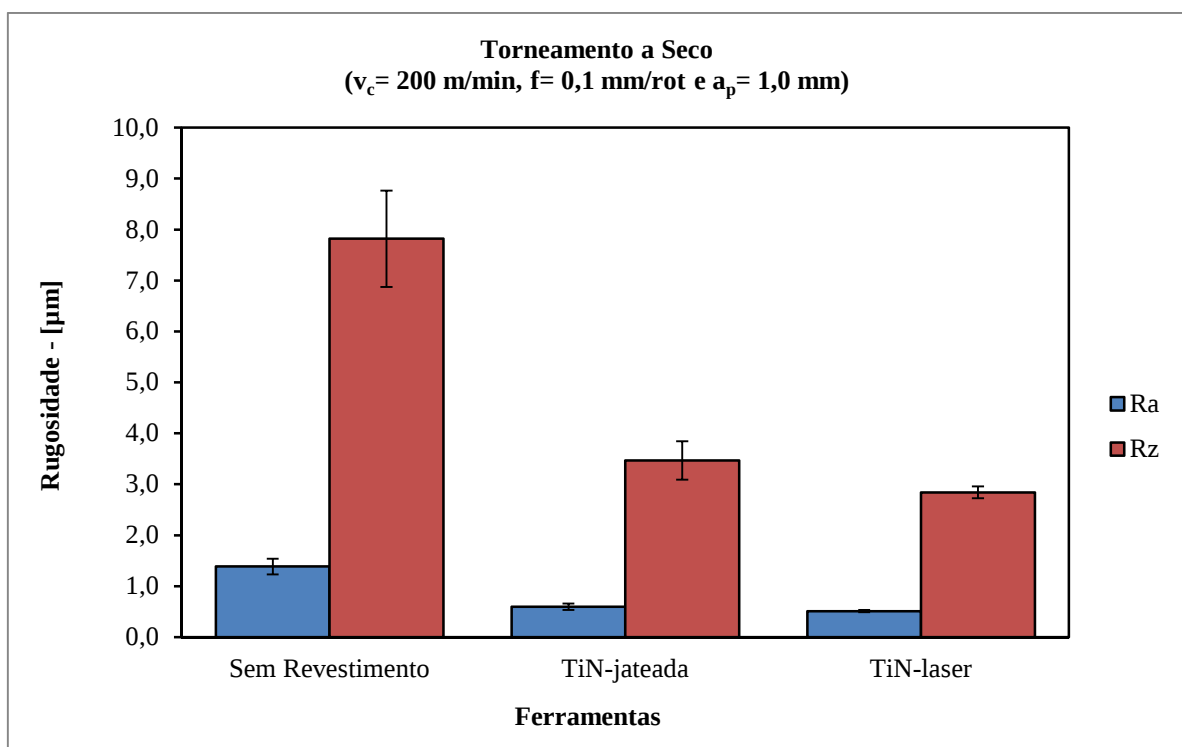


Figura 3. Ensaio de rugosidade do aço SAE 4340 no torneamento a seco

A utilização do revestimento TiN modifica a interface ferramenta/peça, uma vez que interferem diretamente nas áreas dos planos de cisalhamento primário e secundário, diminuindo o atrito, e consequentemente, os esforços de corte durante o torneamento. Com a diminuição dos esforços de corte, a tendência é que haja uma diminuição das micro irregularidades formadas na superfície usinada, melhorando o acabamento.

4. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos neste trabalho, para as condições de corte utilizadas, observa-se que a texturização a laser de substratos de ferramentas de corte revestidas, possibilita um desempenho em média superior ao substrato jateado. A utilização de revestimentos cerâmicos, mais especificamente o TiN, para as condições de corte dadas, possibilita menores rugosidades média e máxima da superfície torneada em relação a ferramenta sem revestimento.

5. AGRADECIMENTOS

A Fundação de Apoio a Pesquisa do Distrito Federal - FAP-DF e a Universidade de Brasília Campus Gama.

6. REFERÊNCIAS

- Dumitru, G., Lüscher, B., Krack, M., Bruneau, S., Hermann, J., Gerbig, Y., 2005. "Laser processing of hardmetals: physical basics and applications". *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials*, Vol. 23, pp 278-286.
- Leyland, A. e Matthews, A., 2000. "On the significance of the H/E ratio in wear control: a nanocomposite coating approach to optimized tribological behavior". *Wear*, Vol. 246, pp. 1-11.
- Lima, M.S.F., Neves, D. e 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*, Pula-Croatia, 8-11 de Junho.
- 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*, Universidade Federal de Uberlândia, pp. 192.
- Sun, Y., Bloyce, A. e 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*, Vol. 271, pp. 112-131.
- Viana, R., Lima, M.S.F., Sales, W.F., Silva, W.M., Machado, A.R., 2015. "Laser texturing of substrate of coated tools - performance during machining and in adhesion tests". *Surface & Coatings Technology*, Vol. 276, pp. 485-501.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

SAE 4340 STEEL TURNING WITH LASER TEXTURED INSERTS AND TiN COATED

Luiz Eduardo Rodrigues Vieira, luizeduardodrigues@gmail.com¹

¹Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica, CEP: 38400-097, Uberlândia-MG

Luis Fernando Marzola da Cunha, fernandoluismc@gmail.com²

Danilo dos Santos Oliveira, unbdanilo@gmail.com³

Romenique Igor Melo Araújo Fernandes, romenique.melo@gmail.com⁴

Rhander Viana, rhanderviana@gmail.com⁵

^{2,3,4,5}Universidade de Brasília Campus-Gama, Área Especial da Indústria Projeção A, CEP: 72444-240, Brasília-DF

Abstract. The objective of this work is to compare, by means of tool life tests and surface finishing of the workpiece machined in SAE 4340 steel turning, surface modified carbide inserts of grade ISO S, by means of laser texturing and blasting, and later coated with TiN (titanium nitride). Life tests were performed dry, for inserts carbide - uncoated (SR), blasted and coated with titanium nitride (TiN), and laser coated with TiN. The life of the cutting tool was evaluated by measuring the mean flank wear ($VB_B = 0,3$ mm) for three replicates. In the surface finishing tests the average (R_a) and maximum (R_z) roughness of the machined surface were obtained, with three measurements for each tool tested with scanning at 120° from each other. The results showed a better average performance in the life tests of the laser textured inserts, with a tool life increase of about 3460% in relation to the uncoated tool, and about 15% in relation to the tool shot and TiN coated, and a lower roughness of the R_a and R_z parameters of the turned part with the use of the TiN coating, both for the blasted and laser textured substrate in relation to the uncoated tool.

Keywords: Turning. SAE 4340 Steel. Laser. TiN.