



DESGASTE MICROABRASIVO EM UM BIT DE AÇO RÁPIDO COM SUPERFÍCIE TRATADA VIA LASER

Santos, E. E. dos ¹; Yamakami, W. J. ^{1*}; Ventrella, V. A. ¹; Gallego, J. ¹;
Fagundes Júnior, J. G. ¹

1 - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". UNESP. Campus de Ilha Solteira. Dep. De Engenharia Mecânica. Av. Brasil, 56. Centro. Ilha Solteira / SP. CEP 15.385-007. wyser.yamakami@unesp.br

RESUMO

A aplicação do LASER em ferramentas de corte pode viabilizar o aumento da resistência ao desgaste das mesmas. Esta pesquisa avaliou o efeito do tratamento a LASER no Aço Rápido M2, WKE 42, empregando-se uma potência de pico da fonte LASER Nd:YAG pulsado de 1700W, com largura temporal de 16ms, frequência de 5Hz e velocidade da mesa da fonte LASER de 6mm/s, sendo tratada uma área de 10mm². Mediu-se a dureza das peças com e sem tratamento, e a resistência ao desgaste foi determinada por ensaios de desgaste microabrasivo por esfera rotativa, com rotação 300RPM e carga 10,25 N. Os comprimentos de deslizamento foram de 122,25 m, 244,49 m e 366,74 m, sendo as calotas de desgaste medidas com estereomicroscópio. O percentual de sobreposição das poças de fusão, obtido a partir dos parâmetros de operação da fonte LASER, foi de 18%. Fatores alheios ao processo LASER, não avaliados nesta pesquisa, fizeram com que as regiões tratadas e submetidas aos ensaios de desgaste apresentassem diferentes percentuais, tais como 48,3%, 16,6% e 5,6%, obtidos com software CAD. A sobreposição irregular das poças de fusão altera a rugosidade que, por sua vez, afeta o processo de desgaste adesivo e abrasivo. Além disso, tende a alterar a taxa de resfriamento da superfície tratada e a profundidade da zona endurecida. Provavelmente, a rugosidade, qualitativamente maior, observada na superfície tratada a LASER, tenha contribuído, mais efetivamente, para as maiores taxa de desgaste, $5,37 \times 10^{-3}$ e $19,44 \times 10^{-3}$ mm³/m, obtidas com os comprimentos de deslizamento de 244,49 e 366,74 m, respectivamente, uma vez que os níveis de dureza das superfícies tratadas e sem tratamento a LASER foram, estatisticamente, iguais.

Palavras-chave: Aço rápido, Tratamento superficial, LASER, Desgaste

INTRODUÇÃO

Dentro do cenário atual, com uma competitividade industrial acirrada, a redução dos custos de produção se torna uma grande vantagem competitiva. No ramo da usinagem, que é uma indústria de base que alimenta outras indústrias, como a automobilística, aeroespacial e agrícola, a redução destes custos é muito importante, pois essa indústria possui influência em diversos outros setores da economia.

O desgaste é uma das principais causas de falhas e perdas de componentes mecânicos e estruturais do mundo, sendo sua atenuação de grande interesse econômico para as indústrias ⁽¹⁾.

Nos processos de usinagem existe um custo gerado pelo desgaste das ferramentas, inerente a estes processos, que leva à necessidade de substituí-las. A aquisição de novas ferramentas representa um custo direto, e a parada das máquinas para a troca dessas ferramentas resulta em custos indiretos adicionais e perda de produtividade.

Ferramentas com maior resistência ao desgaste permitem maiores velocidades de corte, diminuindo o tempo de produção, bem como produzem um número maior de peças até que se atinja o seu fim de vida, possibilitando assim uma redução direta do custo de produção.

Dentre os materiais para ferramenta de usinagem, os aços rápidos se destacam como um dos materiais mais empregados devido à combinação de uma boa dureza com uma alta tenacidade, possibilitando a usinagem com cortes interrompidos ⁽²⁾. Eles são empregados em brocas, fresas inteiriças, cossinetes, brochas e em ferramentas de barra para aplicações em torneamento ⁽³⁾.

Apesar da resistência ao desgaste, na maioria dos casos, ser maior em materiais com maiores durezas, é possível que materiais com mesma dureza apresentem resistência ao desgaste bem diferentes ⁽⁴⁾. No entanto, quando se trabalha com família de materiais com microestruturas semelhantes, como no caso desta pesquisa, o aumento da dureza implicará, mais assertivamente, num aumento da resistência ao desgaste ⁽⁴⁾.

Os principais mecanismos de desgaste que ocasionam a remoção de material sólido de pelo menos uma das superfícies de contato são o desgaste da superfície fadigada, desgaste corrosivo, desgaste adesivo e o desgaste abrasivo ⁽⁵⁾.

O desgaste adesivo é o mais fundamental, pois todo material sólido possui protuberâncias, macroscópicas e/ou microscópicas, em sua superfície, que ao deslizar sobre outra superfície, estando lubrificadas ou não, sob uma pressão suficientemente alta para que haja deformação plástica e adesão (junção) destas protuberâncias (soldagem a frio), causará a transferência de material de uma superfície para outra, ou perda de material de uma ou ambas as superfícies para o meio. Neste último caso, esses materiais perdidos podem facilitar o desgaste abrasivo.

Nas ferramentas de usinagem, o desgaste adesivo ocorre, geralmente, a baixas velocidades de corte. Em geral, a zona de escorregamento, o corte interrompido, a profundidade de usinagem irregular ou a falta de rigidez promovem o

fluxo irregular de cavaco, facilitando este mecanismo de desgaste. Este mecanismo pode levar a formação da aresta postiça de corte, tornando o processo menos contínuo, causando uma perturbação dinâmica ⁽⁶⁾. Em altas velocidades a alta pressão é aliviada, mas por outro lado há o fluxo de deslizamento do cavaco e o desgaste ⁽⁷⁾.

Na usinagem o desgaste abrasivo pode ser do tipo “dois-corpos”, quando partículas abrasivas são precipitados duros (óxidos, carbonetos, nitretos ou carbonitretos) que, se pertencentes ao material da peça ou do cavaco, desgastam a ferramenta. No caso da abrasão a “três-corpos”, as partículas abrasivas podem pertencer a ambos, peça e cavaco, que se desprendem pelo desgaste adesivo e são mergulhadas no fluxo de material ⁽³⁾.

Os desgastes produzidos por esses dois processos são fundamentalmente diferentes entre si, sendo o desgaste a “três-corpos” intimamente ligado às propriedades do material menos duro, e em particular à sua dureza ⁽⁵⁾.

Dentre os métodos de endurecimento superficial, visando um aumento da resistência ao desgaste, a utilização do LASER tem se destacado dentre outros ^(8, 9) por apresentar vantagens, tais como atuação em pequenas áreas (baixo dano térmico na subsuperfície do material), elevadas taxas de aquecimento e resfriamento, gerando uma martensita refinada, até mesmo em aços com baixa temperabilidade ⁽¹⁰⁾, evitando-se a precipitação de outras fases como perlita e bainita ⁽¹¹⁾. Além disso, não exige líquido de resfriamento (autotêmpera) e permite a manutenção da tenacidade ⁽¹²⁾.

Este trabalho visa avaliar a resistência ao desgaste abrasivo de um aço rápido submetido a um tratamento superficial via LASER e compará-las com as deste aço sem tratamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado um bit de aço rápido M2, com 10% de cobalto, WKE 42, fornecido pela Empresa Ades, com composição química (% massa): - 1,25% C; 0,36% Si; 0,32% Mn; 3,93% Cr; 3,82% Mo; 0,026% P; 0,001% S; 9,12% W; 3,00% V; 9,59% Co; 0,09% Cu.

Os parâmetros de operação da fonte LASER de Nd:YAG United Winners, modelo UW 150A, com condição pulsado, para tratamento superficial do aço rápido são descritos na Tabela 1.

Devido à superfície irregular gerada pelo LASER, o bit foi lixado a fim de se

Tabela 1 - Parâmetros de operação da fonte LASER para tratamento superficial do Bit de aço rápido.

| Potência de pico | Largura temporal | Frequência | Velocidade da mesa | Gás proteção Ar | Diâmetro da poça | Densidade potência |
|------------------|------------------|------------|--------------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| 1700 W | 16 ms | 5 Hz | 6 mm/s | 15 l/min | 1,46 mm | 10,16 W/cm ² |

obter uma superfície plana. O ensaio de desgaste foi realizado em uma máquina de desgaste microabrasivo por esfera rotativa, diâmetro de 25,35 mm, de aço AISI 52100, com 63 HRc de dureza.

A esfera, rotacionando a 307 rpm, deslizou sobre a superfície do bit, comprimindo-a com uma carga (F_n) de 10,25 N, por um tempo de 300, 600 e 900 segundos, perfazendo uma distância de deslizamento (S) de 122,25, 244,49 e 366,74 metros, respectivamente.

Para cada tempo de ensaio um novo local sobre a superfície do bit foi adotado, em vista da dificuldade de se retirar o bit de aço rápido da máquina para medir o desgaste e volta-lo na mesma posição. Carboneto de boro diluído em água na concentração de 0,023 g/cm³ foi utilizado como material abrasivo neste ensaio, sendo aplicado sobre a esfera com um pincel a cada 5 segundos.

O volume de material desgastado (V_{crat}) [mm³] foi calculado a partir do diâmetro médio (d) [mm], obtido de três medidas, da calota esférica gerada na superfície do bit pela esfera rotativa de raio (R) [mm] (Eq. "A"). A taxa de desgaste (Q) [mm³/m] é dada pela razão entre o volume desgastado (V_{crat}) [mm³] e a distância de deslizamento (S) [m] (Eq. "B"). A taxa específica de desgaste (K_s) [MPa⁻¹] é dada pela razão da taxa de desgaste (Q) pela carga normal (F_n) [N] (Eq. "C") ⁽¹⁾.

$$\begin{array}{llll}
 V_{crat} = (\pi \cdot d^4) / (64 \cdot R) & \text{para } d \ll R & [\text{mm}^3] & \text{(A)} \\
 Q = V_{crat} / S & & [\text{mm}^3/\text{m}] & \text{(B)} \\
 K_s = Q / F_n & & [10^{-3} \text{ MPa}^{-1}] & \text{(C)} \\
 S = \{1 - [V / (f \cdot D)]\} \cdot 100 & & [\%] & \text{(D)}
 \end{array}$$

Foram realizadas três medidas de dureza Rockwell C em cada uma das superfícies, tratada e sem tratamento a LASER. As macrografias foram obtidas por um estereomicroscópio ZEISS, modelo DISCOVERY V.8, com uma câmera AXIOCAM ERC5S acoplada.

O percentual de sobreposição (S) [%] da poça de fusão foi calculada por meio da velocidade (V) [mm/s] da mesa da fonte LASER, frequência (f) [Hz] do pulso e diâmetro da poça de fusão (D) [mm], obtendo-se a partir dos valores na Tab. 1, o

percentual de sobreposição, baseado na Eq. (D), de 18%.

No entanto, observou-se que a sobreposição não foi uniforme devido a fatores não investigados nesta pesquisa, além de área não atingida pelo LASER. Assim, foi utilizado software CAD para determinar o percentual de sobreposição da poça de fusão, obtendo-se a área total coberta pelas poças de fusão, aquela em que as poças se sobrepõem e dividindo-se esta última pela primeira. A área não atingida pelo LASER não foi levada em consideração no computo do percentual de sobreposição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas de macrodureza da superfície tratada a LASER variaram de 65 a 66 HRc, com uma média de 65,33 HRc, enquanto as amostras sem tratamento variaram de 64 a 66 HRc, média de 64,67 HRc, evidenciando que não há diferença significativa de dureza entre estas condições. Porém, é possível que materiais com mesma macrodureza apresentem resistência ao desgaste bem distintas, tendo em vista as diferenças entre as microdurezas das fases (grão e matriz) que compõem estes materiais ⁽⁵⁾.

O aumento da dureza é um fator importante para obter-se uma maior resistência ao desgaste de uma ferramenta de corte. No entanto, verifica-se que o tratamento realizado nesta pesquisa não possibilitou este ganho, tendo em vista, provavelmente, os parâmetros adotados na operação da fonte LASER. Condições adequadas de operação da fonte LASER permitem um aumento da dureza na superfície do aço rápido ⁽¹³⁾.

A Tabela 2 informa os valores médios dos diâmetros das calotas, volumes de desgaste e taxa de desgaste para os ensaios das superfícies tratadas e sem tratamento a LASER.

Observa-se que, somente para uma distância de deslizamento de 122,25 m, a superfície tratada a LASER sofreu uma taxa de desgaste 8,1% menor em relação à superfície sem tratamento, diferença de $3,08 \times 10^{-3}$ para $3,36 \times 10^{-3}$ mm³/m. Para distâncias de deslizamento de 244,49 e 366,74 m a superfície sem tratamento apresentou taxas de desgaste 53,2% e 6,9% menores em relação à superfície tratada, respectivamente. Destaca-se, para distância de 244,49 m, que a taxa de desgaste da superfície tratada a LASER ($5,37 \times 10^{-3}$ mm³/m) foi mais que o dobro daquela gerada na superfície sem tratamento ($2,51 \times 10^{-3}$ mm³/m).

Cabe destacar que as taxas de desgaste para 122,25 e 244,49 m de

deslizamento não apresentaram diferenças de valores tão significativas entre si, de $3,08 \times 10^{-3}$ para $5,37 \times 10^{-3} \text{ mm}^3/\text{m}$ nas amostras tratadas, e de $3,36 \times 10^{-3}$ para $2,51 \times 10^{-3} \text{ mm}^3/\text{m}$ naquelas sem tratamento a LASER, quando comparadas àquelas de $19,44 \times 10^{-3}$ e $18,16 \times 10^{-3} \text{ mm}^3/\text{m}$ obtidas para 366,74 m, nas amostras tratadas e sem tratamento, respectivamente. Isto se deve ao aumento, não linear, da área da superfície de contato esfera – superfície do bit, à medida que o desgaste se processa. Para uma área de contato maior, a quantidade de material removido da superfície do bit por rotação da esfera tende a ser maior.

Visto que cada ensaio de desgaste, para determinada distância de deslizamento, foi realizado em pontos diferentes da superfície tratada a LASER, é possível que a rugosidade, microestrutura, microdureza e profundidade da zona endurecida, na região de contato entre a esfera e a superfície, apresentaram características favoráveis a um maior desgaste, especificamente para a distância de 244,49 m.

Apesar de se adotar um único valor para os parâmetros de operação, a superfície tratada apresentou regiões com características superficiais e subsuperficiais distintas, a exemplo dos diferentes percentuais de sobreposição das poças de fusão, decorrentes, provavelmente, de fatores alheios ao processo LASER, não avaliados nesta pesquisa.

Conforme GF Solutions (14) apud Santos (15) o aumento da frequência do pulso, mantendo-se constante os demais parâmetros, tende a aumentar a rugosidade de superfícies texturizadas a LASER. Neste sentido, a maior sobreposição das poças de fusão, causada pelo aumento desta frequência, tende a gerar superfícies mais rugosas. Uma vez que a sobreposição das poças de fusão, durante a geração dos

Tabela 2 – Resultados dos ensaios de desgaste: - Superfícies com e sem tratamento a LASER.

| Tratamento | Tratadas a LASER | | | Sem tratamento | | |
|---|------------------|--------|--------|----------------|--------|--------|
| | 300 | 600 | 900 | 300 | 600 | 900 |
| Tempo ensaio (s) | 300 | 600 | 900 | 300 | 600 | 900 |
| Deslizamento – S (m) | 122,25 | 244,49 | 366,74 | 122,25 | 244,49 | 366,74 |
| Diâmetro médio das calotas (mm) | 3,14 | 4,29 | 6,55 | 3,21 | 3,55 | 6,44 |
| Volume desgastado - V_{crat} (mm^3) | 0,376 | 1,312 | 7,128 | 0,411 | 0,615 | 6,66 |
| Taxa de desgaste - Q ($\times 10^{-3} \text{ mm}^3/\text{m}$) | 3,08 | 5,37 | 19,44 | 3,36 | 2,51 | 18,16 |
| Taxa específica de desgaste – K_s ($\times 10^{-7} \text{ MPa}^{-1}$) | 3,0 | 5,2 | 19,0 | 3,3 | 2,4 | 17,7 |

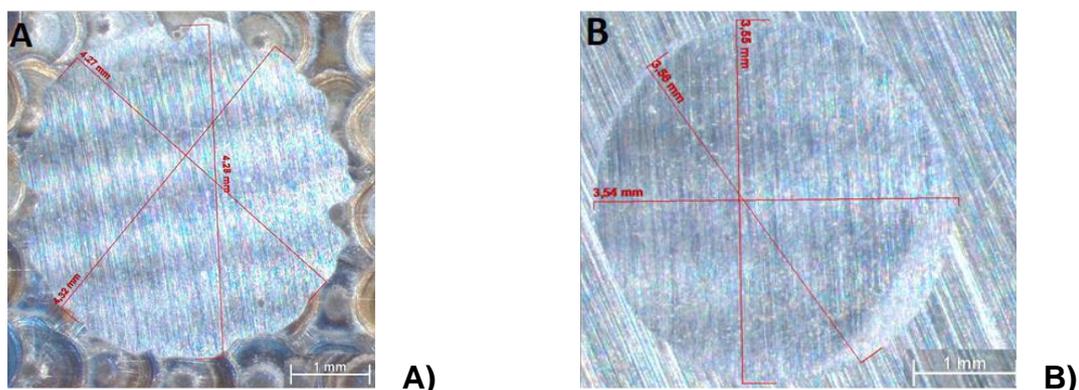
cordões de solda, foi irregular, intui-se que os valores da rugosidade também variem ao longo da superfície tratada a LASER. Observa-se que as superfícies tratadas são, qualitativamente, mais rugosas (Fig. 1A) que as sem tratamento (Fig. 1B), conforme Figura 1, na qual se observa as calotas geradas pelo ensaio de desgaste. Uma maior rugosidade da superfície tratada a LASER, em diferentes condições, em relação àquela sem tratamento foi observada na Liga Ti6Al4V ⁽¹⁶⁾.

Uma superfície com maior rugosidade tende a se desgastar mais quando atritada com outra superfície ⁽¹³⁾. Por outro lado, é possível que os vales de uma superfície rugosa acumulem resíduos (“debris”) gerados pelo atrito entre superfícies e com isso permitir uma maior resistência ao desgaste. Ensaio de desgaste realizado em superfícies com textura em forma de “dimples” e “grooves” evidenciaram resíduos, gerados do contato de duas superfícies, aprisionados nestas superfícies, evidenciando potencial de aplicação da texturização em ferramentas para realização da usinagem a seco ou com mínima quantidade de fluido ⁽¹⁷⁾.

O aspecto da sobreposição das poças de fusão mostrado na Fig. 2A foi o mais predominante do tratamento a LASER das superfícies submetidas aos ensaios de desgaste. Além disso, foi o que apresentou maior o maior percentual de sobreposição das poças de fusão (48,3%), enquanto as superfícies vista nas Figuras 2B (16,6%) e 2C (5,6%) apresentaram percentuais menores e decrescentes nesta ordem, em relação ao medido na Fig. 2A.

A determinação dos percentuais de sobreposição, utilizando software CAD, foi realizada delimitando-se uma dada área retangular (em vermelho) tratada a LASER, e contornando-se as poças de fusão com círculos (em vermelho) dentro da área delimitada pelo retângulo (Figuras 2D, 2E e 2F). Dentro das áreas retangulares foram

Figura 1 – Calotas produzidas nos ensaios de desgaste para o comprimento de 244,49 m. A) Superfície Tratada a LASER. B) Sem tratamento.



identificadas, com as ferramentas do CAD, as regiões das poças de fusão que não sofreram sobreposição (cor preta), as com sobreposição (cor vermelha) e aquelas sem ocorrência de fusão, ou seja, não atingidas pelo LASER (cor azul), conforme Figuras 3A, 3B e 3C. A área tratada a LASER corresponde à soma das regiões com e sem sobreposição. Assim, o percentual de sobreposição foi calculado dividindo-se a área de sobreposição pela área tratada a LASER.

Observou-se que a superfície com menor sobreposição dos pulsos (Fig. 2C) apresentou menor taxa de desgaste para 122,25 m em relação à superfície sem tratamento. Já as maiores taxas de desgastes, em relação às superfícies sem tratamento, observadas nas Fig. 2A e 2B, submetidas aos maiores percursos de desgaste, podem ser atribuídas à maior sobreposição das poças de fusão, o que aumentou a rugosidade e facilitou a remoção de material durante o ensaio de

Figura 2 – A), B) e C): - Diferentes características de sobreposição das poças de fusão. D), E) e F): delimitação da área retangular para determinação dos percentuais de sobreposição das poças vistas em A), B) e C), respectivamente.

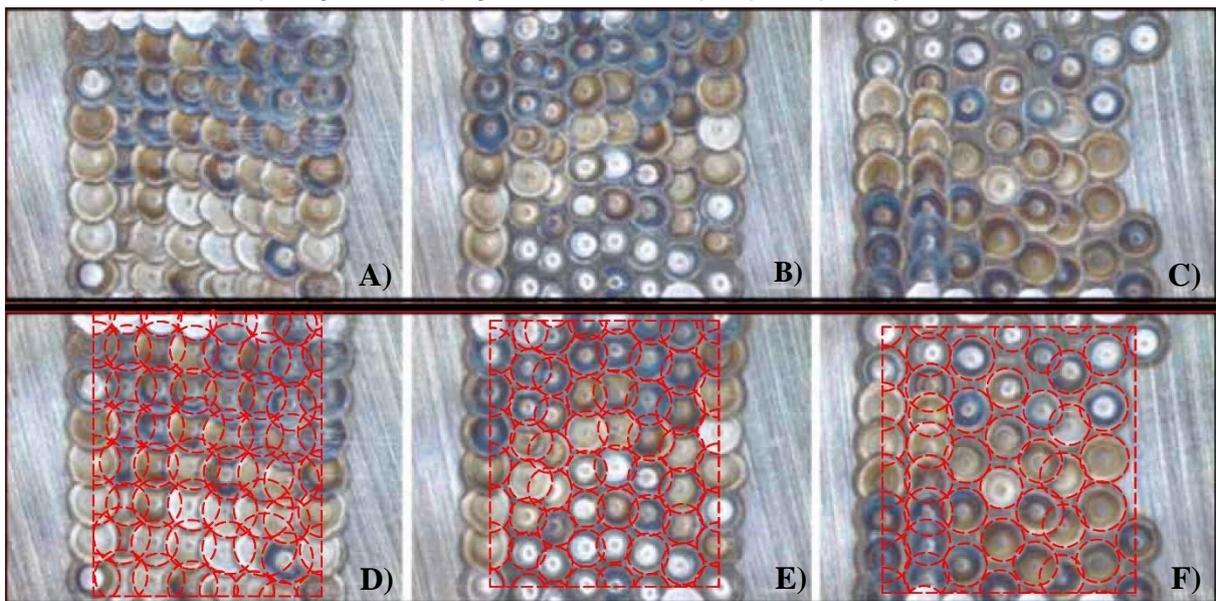
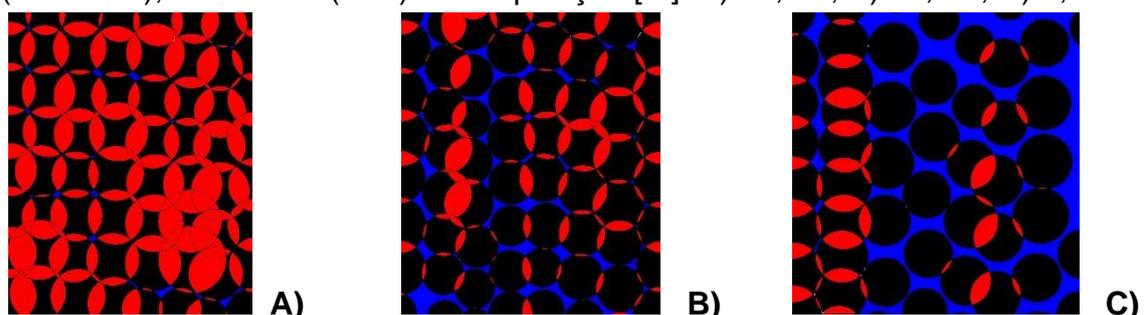


Figura 3 – A), B) e C): - Tratamento, via CAD, das áreas retangulares das Figuras 2D, 2E e 2F, respectivamente. Regiões sem sobreposição (preta); com sobreposição (vermelha); sem fusão (azul). Sobreposição [%]: A) 48,3%; B) 16,6%; C) 5,6%.



desgaste, visto que uma maior rugosidade promove um desgaste adesivo maior ⁽¹⁸⁾. Além disso, existe o desgaste abrasivo gerado pelo Carboneto de boro utilizado nos ensaios de desgaste. A presença do desgaste adesivo, combinada com o desgaste abrasivo, durante os ensaios das superfícies tratadas a LASER, provavelmente causou a maior perda de volume do material (aço rápido) em relação às não tratadas.

Tendo em vista os diferentes níveis de sobreposição das poças de fusão, supõe-se que as regiões mostradas nas Figuras 2A, 2B e 2C foram submetidas a condições de aquecimento e resfriamento diferentes levando a uma heterogeneidade da microestrutura e suas propriedades superficiais e subsuperficiais. As taxas de resfriamento e a profundidade endurecida variam de acordo com os parâmetros operação da fonte LASER no tratamento superficial do aço rápido ⁽¹³⁾.

Como mencionado, uma vez que cada ensaio de desgaste, para determinada distância de deslizamento, foi realizado em regiões diferentes da superfície tratada a LASER, é possível que a microestrutura e sua microdureza decorrentes da menor sobreposição das poças de fusão (Fig. 2C) seja mais resistente ao desgaste que aquela obtida para a superfície sem tratamento LASER, conforme resultado obtido no início do ensaio de desgaste, para uma distância de deslizamento menor (122,25 m). Já as microestruturas das regiões vistas nas Figuras 2A e 2B, provavelmente, foram menos resistentes ao desgaste.

Ressalta-se que a dureza, a qual está associada a uma determinada microestrutura, é um fator importante para o aumento da resistência ao desgaste ⁽¹³⁾, além da rugosidade.

Provavelmente, a rugosidade, qualitativamente maior, observada na superfície tratada a LASER (Figs. 2A e 2B), associada a um nível médio de dureza igual àquele medido na superfície sem tratamento, tenha contribuído para sua maior taxa de desgaste obtida com os maiores comprimento de deslizamento (244,49 e 366,74 m).

Não obstante aos resultados obtidos, não se pode descartar a aplicação do LASER como forma de melhorar a resistência ao desgaste de superfície de ferramentas na usinagem, tendo em vista resultados positivos quanto ao aumento da dureza superficial e profundida da zona endurecida do aço rápido obtidos com outros parâmetros de operação da fonte LASER ⁽¹³⁾.

Finalmente, destaca-se que taxas específicas de desgaste, que variaram entre $1,9 \times 10^{-6}$ a $2,4 \times 10^{-7}$ MPa⁻¹, estão consistentes com a literatura para desgaste de materiais metálicos ⁽¹⁾, evidenciando o potencial uso do LASER no tratamento da

superfície de ferramentas a fim de reduzir o seu desgaste e aumentar a sua vida útil em serviço.

CONCLUSÕES

Os parâmetros de operação adotados no tratamento a LASER não permitiram uma alteração significativa da dureza superficial do aço rápido, obtendo-se um valor médio 65,33 e 64,67 HRc para as condições com e sem tratamento a LASER, respectivamente.

Os diferentes percentuais de sobreposição das poças de fusão (48,3%; 16,6% e 5,6%) observados nas superfícies tratadas promoveram, provavelmente, uma variação das taxas de resfriamento e profundidade da zona endurecida contribuindo para as diferentes taxas de desgaste obtidas nos ensaios.

A sobreposição irregular das poças de fusão altera a rugosidade que, por sua vez, afeta no processo de desgaste adesivo e abrasivo.

Para uma distância de deslizamento de 122,25 m, a superfície tratada a LASER sofreu uma taxa de desgaste ($3,08 \times 10^{-3} \text{ mm}^3/\text{m}$) 8,1% menor em relação àquela sem tratamento ($3,36 \times 10^{-3} \text{ mm}^3/\text{m}$).

Para distâncias de deslizamento de 244,49 e 366,74 m a superfície sem tratamento apresentou taxas de desgaste ($2,51 \times 10^{-3}$ e $18,16 \times 10^{-3} \text{ mm}^3/\text{m}$) 53,2% e 6,9% menores em relação à superfície tratada, respectivamente.

Provavelmente, a rugosidade, qualitativamente maior, observada na superfície tratada a LASER, tenha contribuído, mais efetivamente, para as maiores taxa de desgaste, $5,37 \times 10^{-3}$ e $19,44 \times 10^{-3} \text{ mm}^3/\text{m}$, obtidas com os comprimentos de deslizamento de 244,49 e 366,74 m, respectivamente, uma vez que os níveis de dureza das superfícies tratadas e sem tratamento a LASER foram, estatisticamente, iguais.

REFERÊNCIAS

1. ASHBY, M. F. Materials Selection in Mechanical Design. Elsevier Butterworth-Heinemann. 3rd edition, p.72-74, 624p., 2005.
2. SILVA, R. A. Cromização em pó aumenta a vida útil de ferramentas de aço rápido. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP, Ilha Solteira. 49p., 2017.
3. JESUS, E. R. B. Ferramentas de usinagem em aço rápido AISI M2 obtido por

conformação por “spray”. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear - Materiais) – IPEN. USP, São Paulo. 198p., 2004.

4. MACHADO, A. R.; ABRÃO, A. M.; COELHO, R. T.; SILVA, M. B.; RUFFINO, R. T. Teoria da Usinagem dos Materiais. Edgard Blücher, 1ª ed. São Paulo, p. 179, 2009.

5. MILLER, ROBERT F. Hardness vs Wear. [S. I.], 201-. Disponível em: <https://www.SUPERIORCONSUMABLES.com/hardness-vs-wear/>. Acesso em: 9 nov. 2021.

6. KATO, K.; ADASHI, K. Wear mechanisms. In: BRUSHAN, B. Modern tribology handbook: Principles of tribology. Columbus, CRC Press, v. 1, cap. 7, p.273-300. 2001.

7. DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. Tecnologia da Usinagem dos Materiais. Artliber Editora Ltda, 9ª ed., p. 110-116, 2014.

8. BORELLI, J. E. Diagnóstico do estado de desgaste de ferramentas para o monitoramento de condições de usinagem de alto desempenho. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – EESC. USP, São Carlos. 114 p., 2000.

9. GOLNABI, H. National Laser Research Progress in Context of International Developments. *Journal of Applied Sciences*, 8, p. 2958-2966, 2008.

10. AHMAD, S. N. A. S. Laser surface modification of steel. 2011. 216 p. Tese (Doutorado em filosofia) - School of Mechanical and Manufacturing Engineering, Dublin City University, Dublin.

11. OLIVEIRA, R. J. B. Microestrutura e características tribológicas do aço AISI 4130 tratado com Laser a fibra". 2019. 52 p. Dissertação (Mestrado) - Engenharia de materiais da REDEMAT, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto /MG.

12. SOUZA, N. M. Têmpera superficial a Laser no aço AISI 300M. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Pampa, Bagé/ RS, 38 p., 2018.

13. EL-BATAHGY, A.-M.; RAMADAN, R. A.; MOUSSA, A.-R. Laser Surface Hardening of Tool Steels - Experimental and Numerical Analysis. *Journal of Surface Engineered Materials And Advanced Technology*, Egito, p. 146-153, 2013.

14. GF MACHINE SOLUTIONS. Laser Process: C7 Tecnologia de funcionamento. Manual do utilizador. 2017.

15. SANTOS, R. G. dos. Influência de parâmetros do Laser pulsado de Itérbio na modificação de superfícies da liga Ti6Al4V. Dissertação (Mestrado). Engenharia Mecânica. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 106 p., 2022.

16. MIRHOSSEINI, N.; CROUSE, P. L.; SCHIMIDT, M. J. J.; LI, L.; GARROD, D. Laser surface micro-texturing of Ti-6Al-4V substrates for improved cell integration. *Applied Surface Science*, 253 (19), 7738-7743, 2017.
17. BHADURI, D.; BATAL, A.; DIMOV, S. S.; ZHANG, S.; DONG, H.; FALLQVIST, M.; M'SAOUBI, R. On design and Tribological behavior of Laser textured surfaces. *Procedia CIRP*, 60, 20-25, 2017.
18. TANZI, M. C.; FARÉ, S.; CANDIANI, G. Foundations of Biomaterials Engineering. Londres: Academic Press, 1^a ed., p. 324. 2019.

MICROABRASIVE WEAR ON A HIGH SPEED STEEL TOOL WITH A LASER-TREATED SURFACE

ABSTRACT

The application of LASER to cutting tools can increase their wear resistance. This research evaluated the effect of LASER treatment on M2 High Speed Steel, WKE 42, using a pulsed Nd:YAG LASER source peak power of 1700W, with a temporal width of 16ms, frequency of 5Hz and LASER source table speed of 6mm/s, with an area of 10mm² being treated. The hardness of the parts with and without treatment was measured and the wear resistance was determined by microabrasive wear tests using a rotating ball, with a rotation of 300RPM and a load of 10,25 N. The sliding distances were 122,25 m, 244,49 m and 366,74 m, with the wear caps being measured with a stereomicroscope. The percentage of overlap of the melt pools, obtained from the operating parameters of the LASER source, was 18%. Factors unrelated to the LASER process, not evaluated in this research, caused the regions treated and subjected to wear tests to present different percentages, such as 48,3%, 16,6% and 5,6%, obtained with CAD software. The uneven overlapping of the weld pools alters the roughness, which in turn affects the adhesive and abrasive wear process. Furthermore, it tends to alter the cooling rate of the treated surface and the depth of the hardened zone. Probably, the qualitatively greater roughness observed on the LASER treated surface contributed more effectively to the higher wear rates, 5.37×10^{-3} and 19.44×10^{-3} mm³/m, obtained with the sliding lengths of 244,49 and 366,74 m, respectively, since the hardness levels of the treated and non-LASER treated surfaces were statistically equal.

Keywords: High speed steel, Superficial treatment, LASER, wear