

Deposição a laser de carbeto de tungstênio em partes de máquinas para aumento de resistência ao desgaste

Laser deposition of tungsten carbide on machine parts to increase wear resistance

RESUMO

Gilmar Ariel Lejambre Junior
gilmarlejambre@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, Paraná, Brasil

Viviane Teleginski Mazur
vivianemazur@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, Paraná, Brasil

Martelos de moinho são utilizados na indústria de fabricação de ração animal e são constantemente submetidos ao atrito com a matéria prima, sendo frequente a necessidade de substituição. Neste trabalho foram analisados os efeitos da aplicação de carbeto de tungstênio, via deposição a laser, sob a hipótese de melhorar a resistência ao desgaste destas partes de máquina. Foram obtidas amostras do martelo de aço Hardox 500 temperado e revenido. Caracterizou-se o material, sendo que sua microestrutura é martensítica de elevada dureza. Após a deposição à laser do carbeto de tungstênio, foram realizados ensaios de desgaste com o método Calowear e análises de dureza. Verificou-se que houve redução de dureza devido a ação do laser e baixa aderência entre o revestimento e a superfície do aço. A combinação desses fatores causou aumento da taxa de desgaste, pois nos primeiros minutos de ensaio, o carbeto de tungstênio foi arrancado, passando a atuar como um abrasivo. Trabalhos futuros visam melhorar a aderência do revestimento.

PALAVRAS-CHAVE: Dureza. Zona termicamente afetada. Microscopia.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

Mill hammers are used in the animal feed manufacturing industry and are constantly subjected to friction with the raw material, often requiring replacement. In this work we analyzed the effects of tungsten carbide application by laser deposition, under the hypothesis of improving the wear resistance of these machine parts. Samples of tempered and tempered Hardox 500 steel hammer were obtained. The material was characterized and its microstructure is high hardness martensitic. After laser deposition of tungsten carbide, wear tests were performed with the Calowear method and hardness analyzes. Hardness reduction was verified due to laser action and low adhesion between the coating and the steel surface. The combination of these factors caused an increase in the wear rate, because in the first minutes of the test the tungsten carbide was torn off and started to act as an abrasive. Future work aims to improve the adhesion of the coating.

KEYWORDS: Hardness. Heat affected zone. Microscopy.

INTRODUÇÃO

O Hardox-500 é um aço de alta resistência à abrasão que pode ser dobrado e soldado somente no estado como recebido, cuja dureza é de 52 HRC. Estruturas e partes de máquinas fabricadas com este aço permitem aumentar a carga suportada em trabalho e a vida útil dos componentes mecânicos, ao mesmo tempo em que se mantém um certo grau de tenacidade [1].

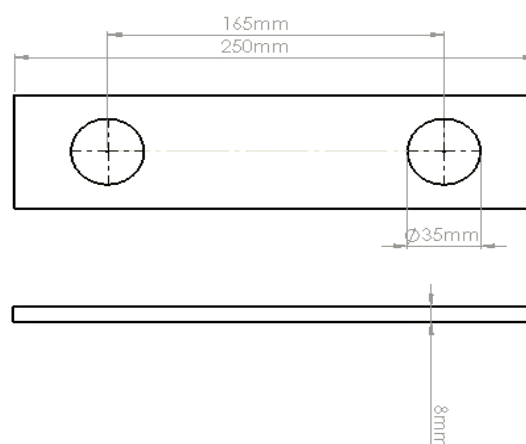
A liga pode ser aplicada em inúmeras situações dentro da indústria, como por exemplo, nos martelos de moinho para fabricação de rações. Os martelos são componentes que estão constantemente submetidos ao atrito com a matéria prima da ração, tais como milho ou soja, sendo frequente a necessidade de sua substituição, pois quando o desgaste excede as condições normais de operação do equipamento ocorrem desbalanceamentos, gerado ruídos e aumentando os níveis de vibração. Para evitar comprometer a integridade do moinho, dada uma periodicidade, que é dependente do produto que se mói, ocorre a substituição do jogo completo dos martelos, que são ao todo cento e trinta e seis.

Devido ao elevado nível de desgaste desses componentes e ao elevado custo de sua substituição para a empresa, este trabalho popôs a realização de um estudo buscando aumentar sua vida útil. Partiu-se da hipótese de que a aplicação de um revestimento com elevada dureza, tal como o carbeto de tungstênio - WC, poderia melhorar a resistência ao desgaste ao mesmo tempo que se mantém o núcleo tenaz, capaz de acomodar as tensões de serviço.

MATERIAIS E MÉTODOS

Martelos de aço HARDOX 500, temperados e revenidos, com dimensões e geometria mostradas na Figura 1, foram doados pela Cooperativa Agrária Agroindustrial, Guarapuava, PR.

Figura 1 - Desenho técnico do martelo.



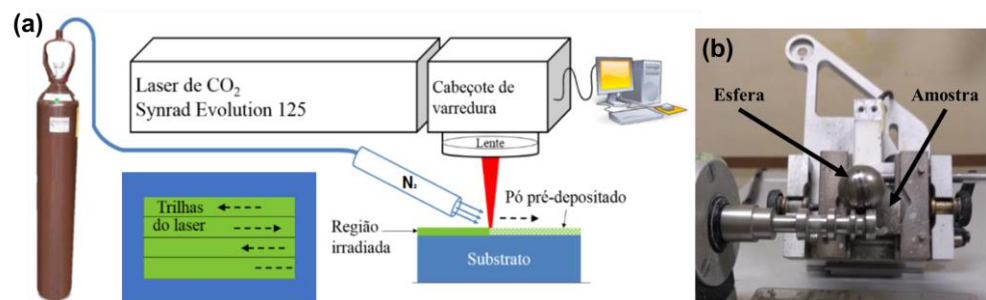
Fonte: Autoria própria, 2019.

Amostras de 25x25 mm² foram cortadas com cortadora metalográfica CM 40 e disco de corte 230 x 1,5 x 19 mm, Liso – HRC 35 a 60, com fluxo constante de fluido de corte. A superfície foi mantida no estado de recebimento, limpa com água

corrente e detergente, seca com soprador térmico e finalizada com banho de acetona.

O material particulado de WC misturado com álcool etílico foi pré-depositado na superfície das amostras por borrfamento. Após a evaporação do álcool, as amostras foram irradiadas por um laser de CO₂ (Synrad Evolution 125) do Laboratório DEDALO, do Instituto de Estudos Avançados - IEAv, São José dos Campos, SP. O laser operou em modo contínuo, com potência máxima de 125 W, focalizado na superfície irradiada com diâmetro de 180 µm através de uma lente de 125 mm, com velocidade de varredura de 200 mm/s. O laser de CO₂ possui comprimento de onda de 10,6 µm, distribuição de energia Gaussiana e fator de qualidade de feixe M² de 1,2. Nitrogênio industrial (99% de pureza) com vazão de 5 L/min foi utilizado como gás de proteção. Um cabeçote de varredura comandado pelo software WinMark realizou varreduras do feixe laser, gerando trilhas adjacentes e sucessivas que formaram retângulos de 6 x 10 mm², como mostra a Figura 2.

Figura 2 - (a) Desenho esquemático da deposição de WC a laser e (b) Calowear test.



Fonte: Autoria própria, 2019.

A preparação metalográfica para análise microestrutural consistiu de embutimento (TECLAGO, modelo EM30D) com baquelite em pó, com uma pressão de 100 bar, à 170°C, lixamento com lixas de granulometria 220, 400, 600, 1200, nesta ordem, polimento em politriz metalográfica com alumina em suspensão 2, 1 e 0,5 µm, finalizando com pasta de diamante de 1 µm. Foi feito o ataque químico com Nital 3% aplicado por imersão durante 15 a 22 segundos, e em seguida as amostras foram lavadas com detergente e água corrente e posteriormente secas com soprador térmico.

As micrografias foram obtidas utilizando-se um microscópio óptico (MO), marca OLYMPUS BX51, com câmera digital OLYMPUS UC30 para a captura de imagens e microscópio de eletrônico de varredura (MEV) TESCAN VEGA 3 (Laboratório de Preparação Metalográfica, UTFPR-PG), com Espectroscopia por Dispersão de Elétrons (EDS), para análise de elementos químicos.

Os ensaios de resistência ao desgaste foram realizados com equipamento Calowear (IEAv), com esfera de carbeto de tungstênio de diâmetro 20 mm, mostrado na Figura 2 (b).

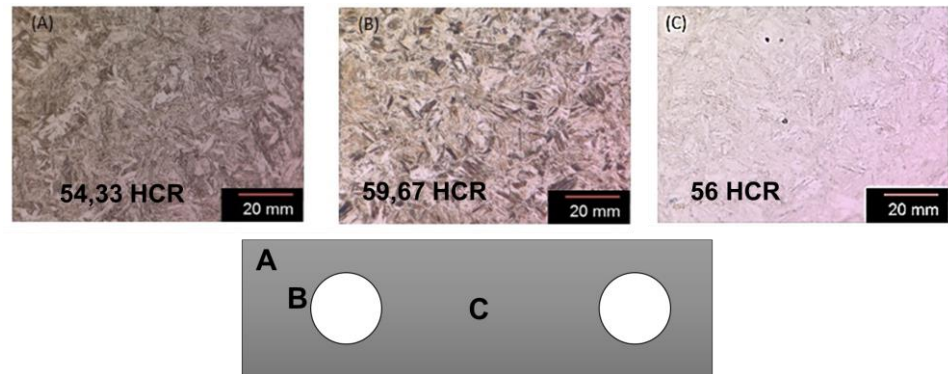
Para as medidas de dureza Rockwell C utilizou-se durômetro de Bancada Rockwell Normal (HRA - HRB - HRC), marca DIGIMESS. Foi utilizada uma carga de 1,5 kg até a estabilização do indicador de dureza.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL BASE

A Figura 3 mostra um desenho esquemático indicações das regiões onde a dureza e metalografia foram realizadas por MO.

Figura 3 - Regiões do martelo analisadas por MO e dureza Rockwell C.



Fonte: autoria própria.

A martensita é uma microestrutura que apresenta elevada dureza e resistência ao desgaste. Este é o principal motivo da seleção do aço Hardox 500 para a aplicação nos moinhos de martelo.

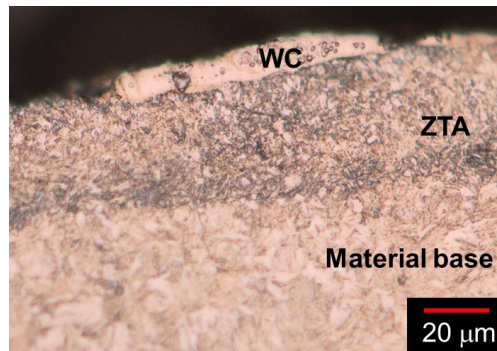
Adicionalmente a metalografia das diferentes regiões do martelo indicou modificações causadas devido ao processo de fabricação, pois o corte da chapa e furação promovem o encruamento e, conseqüentemente alteram a microestrutura e a dureza do metal. Observa-se na Figura 3 que houve mudanças na microestrutura e alteração na dureza. A região A apresenta 54,33 HRC, enquanto que a região B apresenta 59,67 e a região C que não é afetada pelo processamento 56 HRC. Isso indica que a região A foi aquecida durante o corte e a região B encruada durante a furação.

MICROESTRUTURA DO REVESTIMENTO DE CARBETO DE TUNGSTÊNIO

A secção transversal da amostra com deposição de WC foi analisada por MO, conforme mostra a Figura 4. Observa-se que há formação de uma região de coloração mais clara na superfície, o que corresponde ao revestimento de WC. A camada de revestimento não recobre a superfície de forma homogênea, apresentando falhas.

Observa-se severa alteração microestrutural abaixo da camada de revestimento e em seu entorno em relação ao material base. Esta alteração é chamada de zona termicamente afetada ou ZTA. A ZTA se formou durante a irradiação a laser, devido às elevadas temperaturas atingidas no processo de deposição.

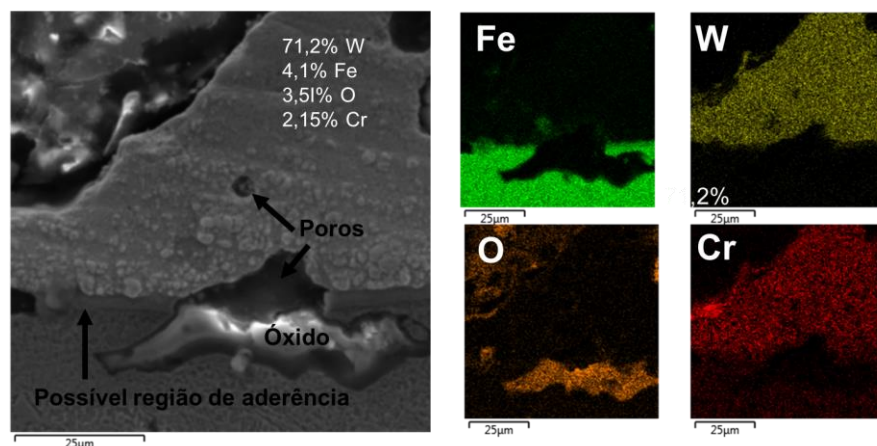
Figura 4 - Micrografia obtida utilizando-se MO da amostra com revestimento de WC.



Fonte: Autoria própria, 2019.

As amostras foram analisadas por MEV, incluindo o mapeamento de elementos químicos presentes. A Figura 5 mostra a micrografia obtida, o mapeamento e análise quantitativa para o tungstênio, ferro, cromo e oxigênio.

Figura 5 – Micrografia e mapeamento de elementos químicos por MEV/EDS da amostra com revestimento de WC.



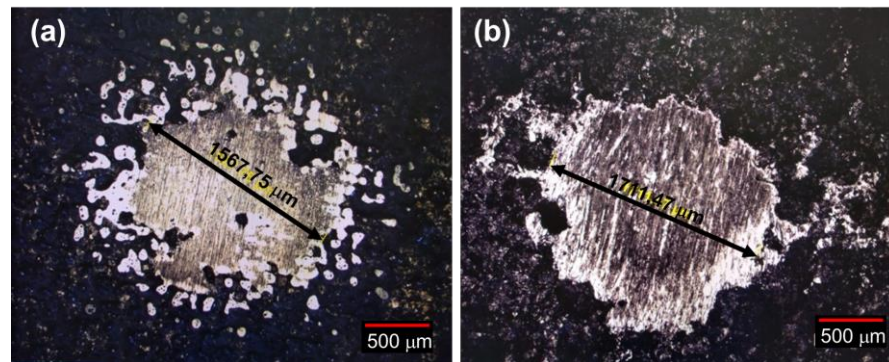
Fonte: Autoria própria, 2019.

O mapeamento indica que o revestimento consiste de uma mistura entre o W e os elementos químicos do metal base, como Fe, Cr e outros. Isso ocorreu devido a fusão de uma fina camada do material base no processo de deposição. Nota-se também uma camada de óxidos formada logo abaixo do revestimento, onde um grande poro é visível. A existência da camada oxidada possivelmente comprometeu a aderência da camada de WC, pois na região destacada na Figura 5 como possível região de aderência, observa-se um tipo de microestrutura diferente, onde a composição de Cr gradualmente aumenta em direção ao revestimento. Isso pode ser o indicativo de que dependendo da condição da superfície há possibilidades de se melhorar a qualidade do revestimento formado.

RESISTÊNCIA AO DESGASTE

A Figura 6 mostra uma micrografia por MO das calotas formadas no ensaio no Calowear. O metal base permaneceu em ensaio por 4 horas e a calota apresenta diâmetro de 1,56 mm. A amostra com o revestimento foi ensaiada por duas horas e ao final deste período apresentou calota de diâmetro 1,71 mm.

Figura 6 - Micrografia da região ensaiada no Calowear para (a) amostra sem revestimento e (b) para a amostras com revestimento de WC.



Fonte: Autoria própria, 2019.

A deposição de WC para o parâmetro estudado não melhorou as propriedades de desgaste do aço. Como o WC possui elevada dureza e não estava com boa aderência, nos primeiros minutos de ensaio o WC foi arrancado, expondo o substrato com a ZTA, que possui propriedades mecânicas inferiores ao material base, causando mais desgaste quando comparado ao desempenho do metal base.

CONCLUSÃO

Devido a sua microestrutura martensítica, o aço Hardox 500 é susceptível a alterações microestruturais em processos de fabricação e deposição a laser de revestimentos devido à exposição ao calor, gerando ZTA com propriedades mecânicas inferiores ao metal base. Por outro lado, trabalho mecânico e encruamento aumentam a sua dureza. Houve a formação de uma camada irregular de revestimento WC, com baixa aderência e que se soltou durante os ensaios de desgaste, passando a atuar como elemento abrasivo, deteriorando rapidamente a superfície da ZTA. A baixa aderência possivelmente se relaciona à presença camadas de óxidos próximas à superfície. Serão necessários estudos complementares em relação a interação do revestimento com o metal base para melhorar sua aderência.

AGRADECIMENTOS

À UTFPR Ponta Grossa e ao Laboratório DEDALO do Instituto de Estudos Avançados - IEAv, São José dos Campos, SP.

REFERÊNCIAS

- [1] SSAB SPECIAL STEELS. **Hardox 500**. Disponível em: <https://www.ssab.com.br>. Acesso em: 14 jul. 2018.
- [2] PONTEL, H. F. **Estudo do desgaste abrasivo e propriedades mecânicas de um aço Hardox 500 soldado por MAG convencional**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Florianópolis, 2016.