

RESULTADOS PRELIMINARES DO ESTUDO DO TRATAMENTO SUPERFICIAL A LASER DE UMA LIGA DE Al-Si

E. M. R. SILVA, W. A. MONTEIRO e W. ROSSI

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN); Departamento de
Engenharia de Materiais (MMM)

Travessa R, 400 – Cidade Universitária CEP 05508-900 São Paulo/SP

Abstract

A localized source of heat, such as that of laser beam, can provide a convenient means of producing a surface layer of altered microstructure. By using surface hardening treatment, wear resistance can be increased. The aim of the present investigation is to find the optimal process parameters and to evaluate the characteristics of a laser superficial hardened Al-Si piston alloy. Preliminary results of individual laser pulses, under different processing conditions, are presented. A good increase of microhardness in all the tests performed was verified.

Keywords: laser, hardening, Al-Si

Palavras-Chaves: laser, endurecimento, Al-Si

Introdução

A resistência ao desgaste de metais pode ser melhorada através do aumento da dureza da superfície, freqüentemente conseguido introduzindo tensões de compressão na superfície. Diversos tratamentos superficiais têm sido utilizados para elevar o desempenho em serviço de materiais metálicos. Processos de solidificação rápida têm sido aplicados às ligas de Al para se obter um bom refinamento estrutural [1]. Os lasers de alta potência oferecem algumas vantagens em relação a processos convencionais de tratamento térmico de superfícies, oferecendo maiores volumes de produção. São elas: taxas de resfriamento extremamente altas, aquecimento de áreas localizadas sem afetar o volume do metal, versatilidade e maior velocidade de processo [2].

O objetivo deste trabalho é encontrar os ótimos parâmetros de processo e avaliar a características do endurecimento superficial a laser de uma liga de alumínio-silício (Al-Si) utilizada na indústria automobilística para fabricação de pistões de motores a diesel de combustão interna.

Materiais e Métodos

O material de estudo deste trabalho, é uma liga de Al-Si de composição química em peso: Si 12%, Cu 1,5% e o restante de Al, fabricada pela MAHLE METAL LEVE [3]. Amostras de dimensões $\phi 12,7\text{mm} \times 12\text{ mm}$, retiradas do pistão automotivo, foram lixadas com papel Al_2O_3 -1000 mesh, e limpadas com etanol puro sob vibração ultra-sônica. Nenhum tipo de recobrimento para aumento da absortividade superficial foi utilizado.

Para a realização do tratamento superficial, utilizou-se o equipamento laser de Nd:YAG ($\lambda=1,06\mu\text{m}$), operando em modo pulsado e com um feixe de distribuição espacial multimodo. Todos os testes foram realizados sob atmosfera protetora de argônio. A absortividade, A, foi medida calorimetricamente, obtendo-se o valor de $5,2 \pm 1,1\%$ [4].

Pulsos individuais sob diferentes condições de processamento (Tabela I) foram incididos sobre a superfície da amostra. Através da variação da distância entre o plano focal e a superfície da amostra (ΔH), conseguiu-se diferentes dimensões do feixe laser.

Tab. I – Condições de processamento para tratamento térmico a laser da liga Al-Si.

Condição de Processamento	Densidade de Potência (W_p) [kW/cm^2]	Largura Temporal (τ) [ms]	ΔH [mm]	Diâmetro do feixe (ϕ) [μm]
I	236	12,3	4,8	958
II	139	10	4,8	715
III	164	12,3	3,8	594

A superfície tratada foi atacada com uma solução de HF-5% e analisada macroscopicamente por meio de um estereoscópio, no intuito de se verificar o grau de oxidação e alterações de rugosidade superficial. A seguir, fez-se o exame microscópico da área transversal de cada pulso incidente, com o auxílio de um microscópio eletrônico de varredura. Foram observadas as modificações ocorridas na superfície do material em função das diferentes condições de processamento. Utilizou-se um programa analisador de imagens (QUANTIMET) para as medidas de diâmetro de profundidade.

Testes de microdureza Vickers foram feitos para investigar as relações entre os vários parâmetros de feixe e o endurecimento resultante no material tratado. Fizeram-se medidas ao longo de uma linha que passa pelo centro do ponto onde incidiu o pulso laser, da superfície até uma profundidade onde se encontra o valor da microdureza do substrato (122-128HV). Utilizou-se uma carga aplicada de 20g e impressão de 15s.

Resultados

Através da análise macroscópica das amostras da liga de Al-Si, verificou-se a ocorrência mínima de oxidação e uma pequena modificação na rugosidade da superfície, proveniente da fusão local. Como o endurecimento por transformação não ocorre para as ligas de Al, utilizou-se o laser para refundir a liga de Al-Si. Em alguns casos, observaram-se trincas, decorrentes das tensões internas de compressão e do processo de solidificação. Na Figura 1, obtida por MEV, têm-se uma melhor visualização das trincas.

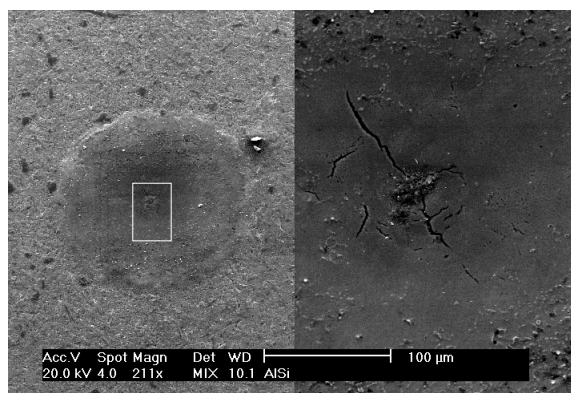
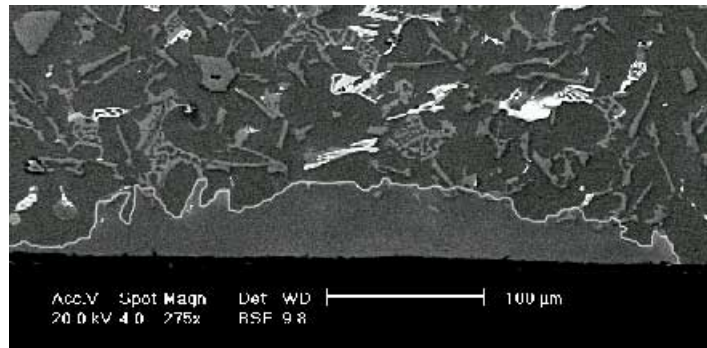


Fig. 1 - Micrografia da amostra de Al-Si após incidência de pulsos individuais, obtida por MEV (mix de elétrons secundários e retroespalhados)

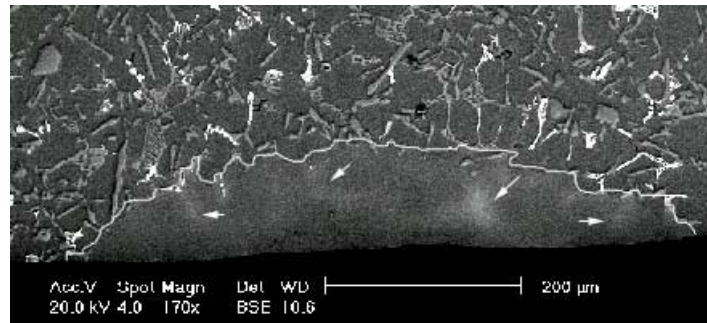
Para a liga de Al-Si, várias condições de processamento foram testadas, pois se trata de um material de baixa absorvidade e sem transformação alotrópica. Devido a essas características, a literatura sobre a refusão a laser de ligas de Al é muito restrita, o que intensifica o ineditismo deste trabalho.

Na Figura 2, apresentam-se micrografias eletrônicas das seções transversais dos pulsos laser individuais sob diferentes condições de processamento, onde é possível observar o contorno da área afetada. Conseguiu-se uma profundidade máxima de 143 μm e um diâmetro máximo de 715 μm , na condição II (ver Tabela I). Verifica-se que, em alguns casos, a área afetada apresenta um aspecto uniforme (Figura 2a), e em outros, apresentam regiões um pouco mais claras do que outras, apontando a não homogeneidade da área afetada (Figura 2b). Provavelmente o aparecimento dessas áreas mais claras e escuras está relacionado ao aumento de solubilidade do silício primário e do silício eutético, respectivamente.

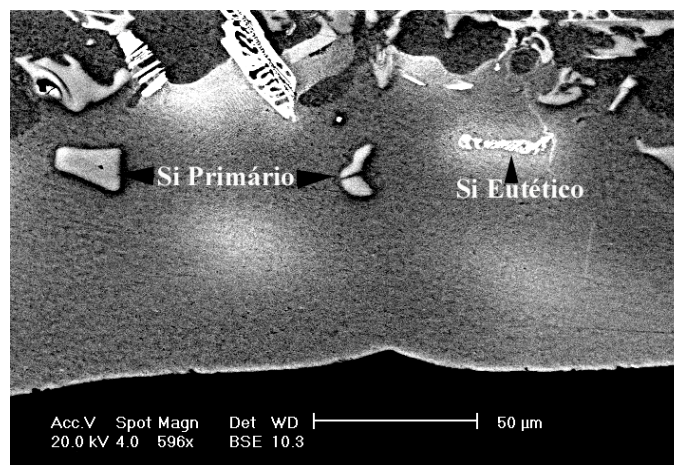
Obteve-se a diminuição e a maior dispersão das partículas de Si. Com a solidificação rápida, o Si, seja ele primário ou eutético, apresenta a tendência de esferoidização, isto é, as partículas tendem a se arredondar, (Figura 2c) e, desta forma, há o refinamento da microestrutura.



(a)



(b)

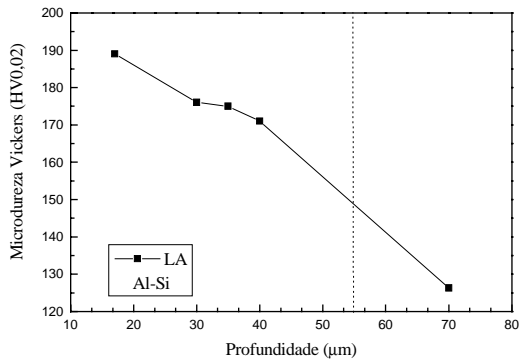


(c)

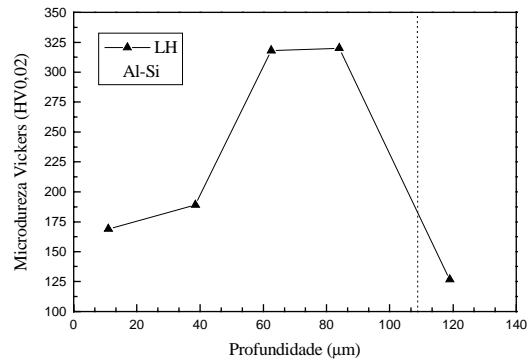
Fig. 2 - Micrografias das seções transversais das áreas de Al-Si sob diferentes condições de processamento a laser obtidas por MEV (elétron retroespalhados). Ataque: HF5%. (a) Condição I - Contorno da área afetada com aspecto uniforme; (b) Condição II - presença de regiões mais claras do que outras; (c) Condição III - presença de partículas de silício primário e eutético na área afetada.

A variação dos valores de microdureza nas amostras de Al-Si está apresentada nos gráficos da Figura 3. Em todos os casos, tem-se um aumento de dureza, chegando a atingir o valor de 260HV na condição III. Esse aumento é decorrente do refinamento das partículas de

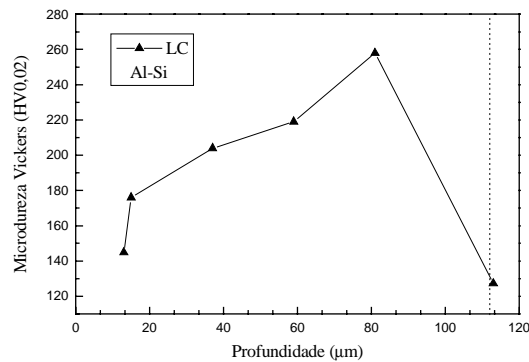
Si. Todavia, constatou-se um comportamento diferente na condição III, que apresenta um aumento de microdureza com o aumento de profundidade, considerando-se a linha central do pulso, ao contrário das outras condições de processamento. A pressuposição da não homogeneidade da área afetada foi então confirmada após a medição da microdureza em pontos aleatórios da área afetada. Constatou-se que a diferença de valores é devido à eventualidade das áreas mais claras, onde foram encontrados os maiores valores de microdureza.



(a) Condição I



(b) Condição II



(c) Condição II

Fig. 3 - Medidas de microdureza Vickers nas amostras de Al-Si realizadas em seções transversais de áreas com incidência de pulso laser individual sob diferentes condições de processamento a laser.

Conclusão

De maneira geral, a alta taxa de resfriamento causou o refinamento da estrutura da liga de Al-Si, resultando em aumento de dureza. Devido à formação de solução sólida das

partículas de silício eutético e primário, a área afetada não apresentou homogeneidade sob algumas condições de processamento.

Agradecimentos:

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro, à Mahle Metal Leve pelo fornecimento do material de estudo e à CPML (Central de Processamento de Materiais a Laser) do IPEN pela realização dos testes.

Referências Bibliográficas:

- [1] BIROL, Y. Microstructural Characterization of a rapidly-solidified Al-12wt%Si alloy. *J. Mater. Sci.*, v.31, p.2139-2143, 1996.
- [2] MAZUNDER, J. Laser Heat Treatment: The State of the Art. *J. Met.*, v.35, p.18, May, 1983.
- [3] SILVA, E.M.R.; MONTEIRO, W.A. Microstructural Characterization of Al-Si alloy used in automobile industry. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MICROANÁLISE, Santos/SP, Outubro, 1999, p.343-344.
- [4] SILVA, E.M.R.; MONTEIRO, W.A.; ROSSI, W.; LIMA, M.S.F. Absorption of Nd:YAG laser beam by metallic alloys. *J. Mater. Sci. Lett.*, (aceito para publicação).