

ESTUDO DO EFEITO DE OVER PEENING NO AÇO SAE H13

Adriano Correa Batista

Tiago Manoel de Oliveira Santos

Centro de Inovação e Tecnologia do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – CIT SENAI / Instituto SENAI de Inovação em Engenharia de Superfície – ISI ES. Rua Sete, 2000, Horto Florestal, Belo Horizonte – MG.

adrianocorrea77@gmail.com e tiagoel@fiemg.com.br

Maicon Rodrigues de Pereira

Universidade de Caxias do Sul – UCS, Campus Sede, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Petrópolis, Caxias do Sul – RS.

mrpereira@ucs.br

Alexandre Fassini Michels

Universidade de Caxias do Sul – UCS, Campus Sede, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Petrópolis, Caxias do Sul – RS.

afmichels@ucs.br

Carlos Maurício Sacchelli

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Rua Engenheiro Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, s/n – Trindade, Florianópolis – SC.

carlos.sacchelli@ufsc.br

Resumo: No campo da engenharia de superfícies, o shot peening é um processo relativamente simples sendo possível obter melhorias significativas em relação a diversas características na superfície do material, desde resistência à fadiga, dureza, resistência ao atrito e resistência à corrosão sob tensão. Do ponto de vista da aplicação, o processo de shot peening pode ser resumido como uma projeção controlada de granalhas sobre a superfície a ser tratada, com o objetivo de promover uma camada deformada plasticamente. A tensão induzida pelo impacto das granalhas projetadas na superfície do material tem como resultado à deformação plástica compressiva perpendicularmente a mesma. Um processo substancialmente simples em seus elementos fundamentais, mas demanda atenção na definição dos parâmetros de processo, com o risco de induzir graves danos à superfície tratada. O mais comum e, ao mesmo tempo mais perigosa dessas formas de dano é o over peening. Para entender como podemos chegar ao fenômeno do over peening e como esse fenômeno pode degradar o desempenho de um material, é oportuno partir dos fundamentos mecânicos do shot peening e dos mecanismos pelos quais as alterações induzidas pelo shot peening passam a aumentar as características de resistência do material. O impacto de granalhas em regiões das superfícies já ora deformadas plasticamente pode levar ao "dobramento" de rebarbas ou de material previamente deslocado e soldado a frio na superfície do material, produzindo e aprisionando perigosas deformidades no interior da camada deformada plasticamente pelo shot peening, bem como "vazios" dentro do material, potencializando a formação de trincas ou restando materiais indesejados. O efeito de promover o excesso de cobertura, corresponde fisicamente a ultrapassar o limite de ruptura, com o aparecimento de trincas na superfície do material, recalcamientos, pites e outras formas de descontinuidade capazes de aumentar o coeficiente de atrito e diminuir resistência à fadiga fazendo com que um componente submetido a um determinado ciclo térmico tenha uma vida em fadiga diminuída na presença de over peening. Sendo assim, este trabalho caracterizou os efeitos do excesso de shot peening sobre a superfície do aço SAE H13, utilizando técnicas de perfilometria, metalografia e microscopia eletrônica de varredura. Foram observadas alterações topográficas onde a rugosidade média Ra ao término do tratamento shot peening foi reduzida. Em todas as mostras utilizadas foram observadas a manifestação do over peening, identificado pelos defeitos de microfissuras, dobramento, deslocamentos e soldas frias na superfície das amostras analisadas.

Palavras-chave: Over Peening; Shot Peening; Aço Ferramenta; SAE H13.

1. INTRODUÇÃO

O processo de *shot peening* é caracterizado pela projeção controlada de granalha esférica, por meio de ar comprimido ou turbina, com o objetivo de induzir deformações superficiais no material tratado. As regiões deformadas elasticamente se expandem comprimindo as regiões deformadas plasticamente gerando tensões residuais (Schiffner, *et al.*, 1999). Essas tensões geradas têm orientação compressiva e qualitativamente são explicadas como sendo o resultado da resistência do material circundante contra a deformação plástica causada pela ação do jato de granalha (Kobayashi, *et al.*, 1998). As tensões compressivas se opõem ao carregamento mecânico de tração e melhoram a vida em serviço de um componente seja em fadiga, corrosão-fadiga ou corrosão sob tensão (Kirk, 2002) (Harada, *et al.*, 2013) (Natori, *et al.*, 2015).

Além da malha de tensões superficiais outros efeitos podem ser observados como, alterações topográficas visíveis principalmente na avaliação da rugosidade superficial e alteração na microestrutura da camada superficial (Shengping, 1998). A profundidade da camada carregada com tensões compressivas pode variar entre 0,03 mm a 2 mm e a rugosidade da superfície jateada são determinadas pelo material da peça, cobertura e a intensidade de jateamento (Rocha, 2010). A cobertura é a proporção da área coberta pelos impactos em toda a superfície da amostra tratada, expressos em porcentagem; a área coberta pelo *shot peening* aumenta com o incremento do tempo de jateamento, ocorrendo a sobreposição dos impactos (Marsh, K. J. 1993). A sobreposição dos impactos causa diversos eventos de deformação, isto, em alguns casos, pode gerar um elevado grau de encruamento e levar o material a fissurar (Kirk, 2012).

A intensidade de jateamento é dependente do conjunto de parâmetros adotados: tamanho, peso e dureza da granalha, velocidade do jato, ângulo de jateamento e tempo de exposição ao processo. Em materiais metálicos de elevada dureza, o recomendado é que a tensão induzida chegue no máximo a pouco mais da metade do valor da tensão de escoamento do material para evitar danos à superfície (ASM, 2007; Stephens, 2001).

Embora o *shot peening* seja uma tecnologia bem conhecida, emprega-lo de forma ideal exige atenção e estudo minucioso, o que nem sempre acontece. A principal razão é a complexidade do processo, onde os diferentes parâmetros devem ser controlados simultaneamente para que ocorra o equilíbrio entre tensões e deformações (Llaneza, 2015). O tratamento por *shot peening* requer um ajuste preciso do conjunto de parâmetros, visto que, este processo é baseado na indução de uma tensão superior ao limite de escoamento, mas inferior ao ponto de ruptura.

A utilização de intensidades e coberturas muito elevadas pode gerar o fenômeno de *over peening*. Embora que no efeito de *over peening* o endurecimento superficial e tensões residuais compressivas sejam muito elevadas, à energia cinética muito alta dos impactos gera múltiplos defeitos de superfície onde uma infinidade de nano/microtrincas e sobreposições de material, recalcamientos, bolsões e outras formas de descontinuidade aparecem na superfície do componente, capazes de aumentar drasticamente o coeficiente de atrito (Gentil 1987).

A compreensão dos efeitos provocados pelo fenômeno de *over peening* é de grande importância para a definição do equilíbrio ideal entre deformação e tensão; neste sentido, no presente estudo foi feita a simulação do *over peening* e foram investigados seus efeitos na topografia e microestrutura da superfície com objetivo de caracterizar os defeitos ocorridos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O material testado foi o aço SAE H13 (Refundido), no estado temperado e revenido apresentando dureza média na faixa de 440 HV. Foram preparadas 10 amostras medindo 40 mm × 30 mm × 5 mm, retificados, apresentando em média, índice Ra de rugosidade superficial de 0,82 µm. Para melhor visualização das diferenças entre a superfície retificada e a tratada pelo *shot peening* foram registradas as imagens iniciais de um corpo de prova observado por meio da perfilometria óptica Fig. 1 (esquerda) e a microscopia eletrônica de varredura Fig. 1 (direita) com detalhes das ranhuras, rebarbas e os efeitos do *shot peening*.

Tabela 1. Parâmetros do processo utilizado.

Dados do Processo		Especificação
Designação da Granalha		S-110H
Material da granalha		Granalha de aço
Diâmetro médio da granalha (mm)		0,3
Velocidade do jato (m/s)		1320
Pressão do ar (bar)		6
Distância do jato (mm)		150
Ângulo do jato (°)		90
Intensidade Almen (mm A)		0,14

Tabela 2. Especificações da granalha.

Granalhas de aço esféricas (“shot”)			
SAE	φ mm	Peneira ASTM	φ Médio mm
S110	0,65 a 0,30	30 a 50	0,3

Como principal variável para avaliação foi considerado o tempo de exposição ao processo e consequentemente o grau de cobertura da superfície tratada, sendo que para uma cobertura de 100% eram necessários 60 s de jateamento.

Na Tabela 3, observa-se os tempos ensaiados e as respectivas coberturas atingidas.

Tabela 3. Variáveis Tempo(s) × Cobertura (%)

Peça	Tempo (s)	Cobertura (%)
01	72	120
02	78	130
03	84	140
04	90	150
05	96	160
06	102	170
07	108	180
08	114	190
09	120	200
10	126	210

As avaliações aqui apresentadas foram feitas de forma qualitativa via técnicas de microscopia eletrônica e de forma quantitativa analisando o perfil de rugosidade apresentado nas amostras antes e pós tratamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Superfície

Após a realização do tratamento superficial, a primeira mudança que pode ser observada é com relação a topografia da superfície, a rugosidade média das amostras com acabamento retificado apresentava em média R_a 0,82 μm , após o jateamento este valor passou para R_a 0,61 μm , conforme perfil visível na Figura 1.

A Figura 1, apresenta uma superfície retificada e jateada onde, pode ser observado a mudança topográfica ocorrida bem como o efeito de suavização na topografia típica de retifica (picos e vales).

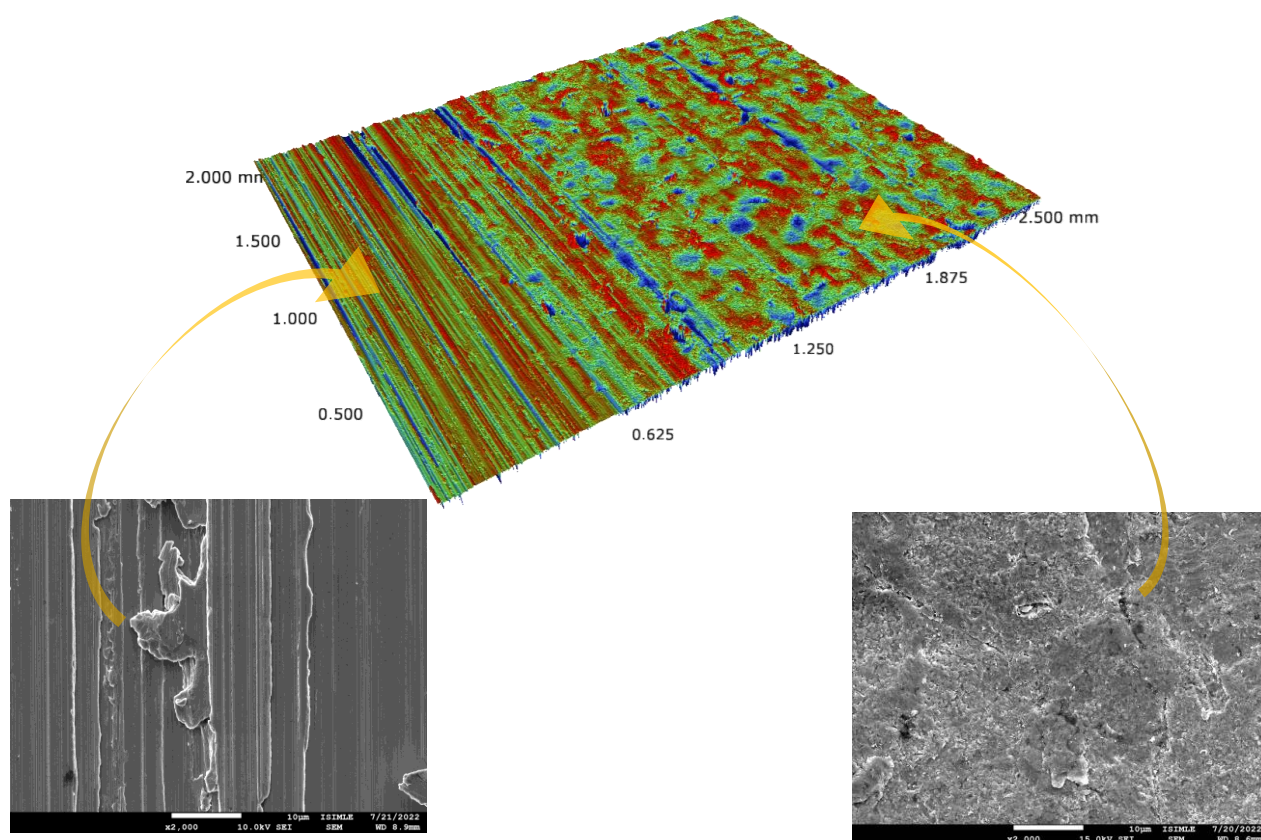


Figura 1. Características da superfície retificada (esquerda) e tratada com *shot peening* (direita).

3.2. *Over peening*

O tempo de exposição ao *shot peening* produziu coberturas no intervalo de 120% a 210% e seus efeitos observados via microscopia eletrônica de varredura com o aumento de 2000 $\times$. No primeiro estágio de cobertura 120% os defeitos superficiais são discretos, a partir de 130% é possível observar a formação das fissuras, deformações e sobreposição de materiais na superfície das amostras até a cobertura de 210%, conforme pode ser observado nas Figuras 2 e 3.

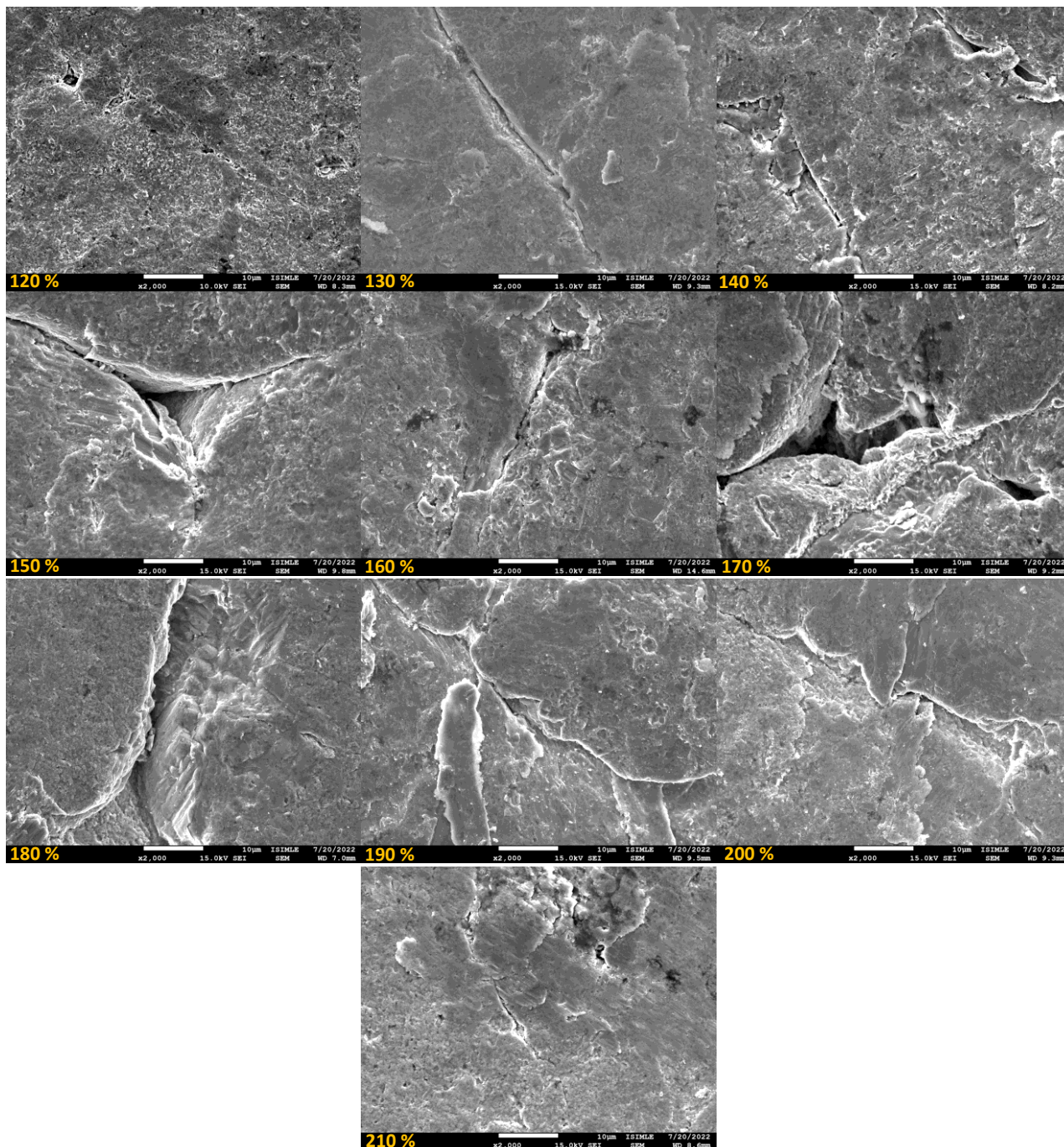


Figura 2. Efeitos do excesso do *shot peening* – *over peening* na superfície do aço SAE H13.

A amostra com cobertura de 140% foi selecionada para uma análise mais detalhada (Fig. 3), é possível observar o efeito das sobreposições dos impactos, onde as fissuras coexistem com os defeitos de deslocamento e a soldagem a frio, defeitos estes que podem prejudicar a durabilidade dos componentes e também a possibilidade da nitretação e da deposição de revestimentos.

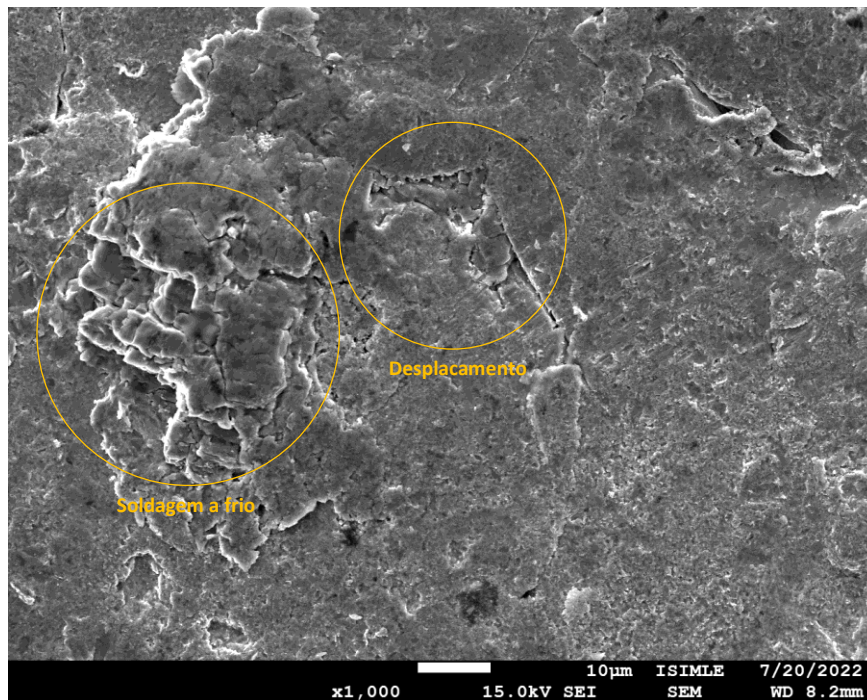


Figura 3. Efeitos do *shot peening* na superfície do aço SAE H13 retificado.

Analisando a seção transversal (Fig. 4) das amostras com menor cobertura 120% e maior cobertura 210% observa-se o defeito de dobra na superfície de ambas, o material sobreposto pode ser visto na Figura 4.

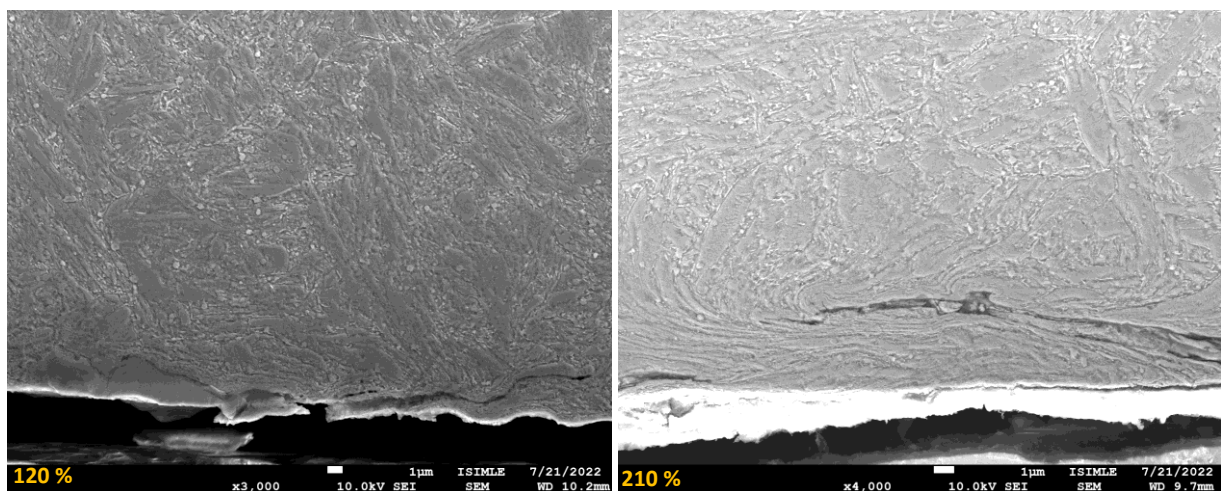


Figura 4. Microscopia SEM coberturas 120% e 210%

A sobreposição do impacto das granalhas em regiões das superfícies já deformadas plasticamente promoveu o "dobramento" de rebarbas ou de material deslocado e soldado a frio na superfície do material, produzindo e aprisionando deformidades no interior da camada deformada plasticamente pelo *shot peening*. Também podem ser observados "vazios" dentro do material, potencializando a formação de trincas, podendo reter materiais indesejados.

3. CONCLUSÕES

Neste estudo foram investigados os efeitos do *over peening* na superfície de um aço SAE H13 (Refundido), que foi tratado de forma excessiva por *shot peening*, avaliando-se a superfície conclui-se que:

- As alterações topográficas severas foram detectadas na superfície;
- A rugosidade média R_a foi reduzida após o tratamento de *shot peening*;

- c) O processo de *over peening* pode ser observado em todas as amostras independente do percentual de cobertura testado;
- d) O *over peening* causou os defeitos de: microfissuras, dobramento, deslocamentos e soldas frias na superfície das amostras analisadas.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa Rota 2030 - Linha IV “Ferramentarias Brasileiras Mais Competitivas” e a Fundep pelo apoio financeiro ao projeto 27194*10 – Melhoria no projeto de ferramentas de injeção de alumínio.

5. REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR METALS, 2007. *Surface Engineering*. In: Metals Handbook, vol. 5.
- Chichi, Di F., 2020. Il pericolo dell'over peening. *Trattamenti meccanici*. Trattamenti e Finiture p.36 - 39.
- Gentil, B., Desvignes, M. & Castex, L, 1987. Analyze des surfaces grenaillées: fissuration, rugosité et contraentes résiduelles. *Matériaux Tech*. <https://doi.org/10.1051/mattech/198775120493>.
- Harada, Yasunori e Kosaka, Hiroki, 2013. Effect of peening time on surface hardness of spring steel. *The Proceedings of Mechanical Engineering Congress*.
- Kirk, D. 2002. Coverage: Development, Measurement, Control and Significance. *The Shot Peener Magazine*. Vol. 16, Issue 3, Spring 2012, p. 33-36.
- Kirk, D. 2012. An Evolutionary Guide to Shot Peening Intensity Measurement. *The Shot Peener Magazine*. Vol. 26, Issue 2, Fall 2002, p. 24-32.
- Kobayashi M., Matsui T., Murakami Y, 1998. *Mechanism of creation of compressive residual stress by shot peening*. *International Journal of Fatigue*, Vol. 20, Issue 5, 1998, p 351-357.
- Llaneza, V.; Belzunce, F. J, 2015. Study of the effects produced by shot peening on the surface of quenched and tempered steels: roughness, residual stresses and work hardening. *Applied Surface Science*, Vol. 356, p 475-485.
- Marsh, K. J, 1993. Shot peening: techniques and applications. *Engineering Materials Advisory Service Ltd.(United Kingdom)*, Vol. 320.
- Mitrovic S., Adamovic D., Zivic F., Dzunic D, 2014. Friction and wear behavior of shot peened surfaces of 36CrNiMo4 and 36NiCrMo16 alloyed steels under dry and lubricated contact conditions. *Applied Surface Science*, Vol 290, p 223 - 232.
- Natori, M., Mizuno, Y., Song S., e Sugimoto K., 2015. Effects of Fine Particle Peening on Fatigue Properties of TRIP-Aided Bainitic Ferrite Steel. *Journal of the Society of Materials Science*. Vol. 64, Issue 8, p 620 - 627.
- Rocha, C.L.F., 2010. *Desempenho em fadiga de arames submetidos ao processo de shot peening*. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia da UFRGS.
- Shengping W., Yongjun L., Mei Y., Renzhi W., 1998. Compressive residual stress introduced by shot peening. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol.73, Issues 1–3, p 64 - 73.
- Schiffner K., Droste C. Helling, 1999. Simulation of residual stresses by shot peening. *Computers & Structures*, Vol. 72, Issues 1–3, p 329 - 340.
- Stephens, R. I., Fatemi A., Stephens R. R., Fuchs H. O., 2000. Metal fatigue in engineering. *John Wiley*, New York, 2ª ed, 318 p.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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

STUDY OF THE EFFECT OF OVER PEENING ON SAE H13 STEEL

Adriano Corrêa Batista

Tiago Manoel de Oliveira Santos

Innovation and Technology Center of the National Service for Industrial Learning – CIT SENAI / SENAI Innovation Institute in Surface Engineering – ISI ES. St. Sete, 2000, Horto Florestal, Belo Horizonte – MG.

adrianocorrea77@gmail.com and tmanoel@fiemg.com.br

Maicon Rodrigues de Pereira

Universidade de Caxias do Sul – UCS, Campus Sede, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Petrópolis, Caxias do Sul – RS.

mrpereira@ucs.br

Alexandre Fassini Michels

Universidade de Caxias do Sul – UCS, Campus Sede, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Petrópolis, Caxias do Sul – RS.

afmichels@ucs.br

Carlos Maurício Sacchelli

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Rua Engenheiro Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, s/n – Trindade, Florianópolis – SC.

carlos.sacchelli@ufsc.br

Abstract. *In the field of surface engineering, shot peening is a relatively simple process and it is possible to obtain significant improvements in relation to several characteristics on the surface of the material, from fatigue resistance, hardness, friction resistance and stress corrosion resistance. From an application point of view, the shot peening process can be summarized as a controlled projection of shot onto the surface to be treated, with the aim of promoting a plastically deformed layer. The stress induced by the impact of the shots on the surface of the material results in plastic compressive deformation perpendicular to the surface. A substantially simple process in its fundamental elements, but it demands attention in the definition of process parameters, with the risk of inducing serious damage to the treated surface. The most common and at the same time the most dangerous of these forms of damage is over peening. To understand how we can arrive at the over peening phenomenon and how this phenomenon can degrade the performance of a material, it is opportune to start with the mechanical foundations of shot peening and the mechanisms by which the changes induced by shot peening begin to increase the resistance characteristics of the material. The impact of shots in regions of the surfaces already plastically deformed can lead to the "bending" of burrs or of material previously stripped and cold welded on the surface of the material, producing and imprisoning dangerous deformities inside the layer plastically deformed by the shot peening, as well as "voids" within the material, enhancing the formation of cracks or retaining unwanted materials. The effect of promoting excess coverage corresponds physically to exceeding the rupture limit, with the appearance on the surface of the material of cracks, settlements, pits and other forms of discontinuity capable of increasing the coefficient of friction and decreasing resistance to fatigue, causing that a component subjected to a certain thermal cycle has a reduced fatigue life in the presence of over peening. Therefore, this work characterized the effects of excessive shot peening on the surface of SAE H13 steel, using profilometry, metallography and scanning electron microscopy techniques. Topographic changes were observed where the average roughness Ra at the end of the shot peening treatment was reduced. In all samples used, the manifestation of over peening was observed, identified by the defects of microcracks, bending, detachment and cold welds on the surface of the analyzed samples.*

Keywords: *Over Peening; Shot Peening; Tool Steel and SAE H13*

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.