

INFLUÊNCIA DO TEMPO DE TRATAMENTO SOBRE A DUREZA DA CAMADA CEMENTADA EM AMOSTRAS DE AÇO SAE 1020 TRATADAS POR CEMENTAÇÃO SÓLIDA SEGUIDO DE TÊMPERA

FRANCISCO EDSON NOGUEIRA FRAGA^{1*}, SAMANTHA YÁGARA VALADARES LIMA²
SAULO CÂMARA GOMES E SILVA³

¹Dr., Professor de Engenharia Mecânica, UFERSA, Mossoró – RN, nfraga@ufersa.edu.br

²Estudante de Engenharia Mecânica, UFERSA, Mossoró - RN, sammy.yagara@gmail.com

³Estudante de Engenharia Mecânica, UFERSA, Mossoró - RN, saulo.camara@hotmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

RESUMO: Este trabalho contribui para o conhecimento prático sobre a aplicação dos tratamentos de cementação sólida em aços. Os tratamentos superficiais de cementação consistem na difusão de carbono na superfície de uma peça, com o propósito de aumentar a dureza da superfície sem perda de tenacidade da peça, ou ainda, promover incremento de outras propriedades como a resistência à fadiga e ao desgaste, por exemplo. A complexidade destes tratamentos está em obter uma determinada dureza e uma determinada profundidade de camada cementada controlando-se variáveis como o tempo, a temperatura e o tipo de substrato fornecedor de carbono no tratamento. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do tempo de tratamento sobre a dureza da superfície cementada em amostras de aço SAE 1020, utilizando um substrato comercial para cementação sólida. Os tratamentos de cementação foram realizados a uma temperatura constante de 900 ° C. Utilizou-se um produto comercial como o sólido como substrato para fornecer carbono na superfície. As amostras foram tratadas a intervalos de tempo variando de 1 hora à 12 horas, seguido de têmpera em água agitada. Os resultados de dureza foram comparados estatisticamente, por meio de teste hipóteses para uma conbialidade de 95%. Um aumento regular na dureza superficial das amostras foi observada em função do tempo, até certo limite. Para os intervalos de tempo mais longos, foi observada descarbonetação superficial, provavelmente devido ao total consumo do substrato.

PALAVRAS-CHAVE: Cementação, difusão, tempo, dureza, aço SAE 1020.

TIME INFLUENCE ON CEMENTATION TREATMENT ON THE HARDNESS OF THE CEMENTED SURFACE ON STEEL SAE 1020 SAMPLES.

ABSTRACT: This work contributes to the practical knowledge about the of solid cementation treatments in steels. This treatments consist on carbon diffusion on the part surface, in order to increase the surface hardness without loss of tenacity, to promote increase of other properties such as fatigue resistance and abrasion resistance, for example. The complexity of these treatments is to obtain a certain hardness and a certain depth of cemented layer by controlling for variables such as the time, temperature and substrate supplying carbon type in the treatment. The objective of this work was to evaluate the influence of the treatment time on cemented surface hardness in SAE 1020 steel samples, using a commercial substrate for solid cementation. The cementation treatments were performed at a constant temperature of 900 ° C. A commercial solid product was used as the substrate to provide carbon on the surface. Samples were treated at time intervals ranging from 1 hour to 12 hours, followed by quenching in stirred water. The hardness results were compared statistically by hypothesis means testing for a 95% conbiality. A regular increase in the surface hardness of the samples was observed as a function of time, up to a certain time limit. For the longer time intervals, a superficial carbon loss was observed, probably due to the total consumption of the substrate.

KEY WORDS: cementation, diffusion, time, hardness, SAE 1020 steel.

INTRODUÇÃO

O processo difusional é comumente empregado na metalurgia de materiais, já que a mesma pode ser aproveitada para alcançar objetivos específicos, como alterar as propriedades mecânicas de um material apenas em sua superfície. É o caso de ser necessário que o núcleo e superfície de uma certa peça possua propriedades mecânicas antagônicas, como por exemplo maior resistência a fadiga ou elevada dureza superficial, ao mesmo tempo que mantêm características de tenacidade da peça. Isso é bastante comum quando se fala em peças como engrenagens, por exemplo, que precisa ter elevada dureza na superfície de seus dentes para resistir a abrasão, e ao mesmo tempo ser tenaz para resistir aos choques inerentes ao engrenamento.

No tratamento térmico de cementação, ocorre a introdução de átomos de elemento de liga (espécime difusível) em um material metálico sólido (material hospedeiro). O processo de difusão é ativado de forma exponencial pela agitação térmica dos átomos de ambos em função da temperatura. A força motriz para causar a difusão é o gradiente de concentração, onde o transporte de massa se procede da região de alta concentração para outra com baixa concentração (BAUMGARTEN, 2003), (Santos, 2006), (Callister, 20013).

A adição de elementos de liga na superfície promove uma maior dureza superficial aos aços. Quando seguidos de tratamento térmico de têmpera, é possível obter a formação de uma camada superficial martensítica, que é considerada a fase mais dura nos aços (SILVA; MEI, 2010), Chiaverini (2012).

A facilidade de difusão atômica em uma rede cristalina é determinada pelo coeficiente de difusão (D) dado pela Equação (1). Quanto menor o átomo do espécime difusível e maior o espaçamento interatômico da estrutura cristalina do material hospedeiro, mais rápido será o processo de difusão.

$$D = D_0 e^{\left(\frac{-Q}{RT}\right)} \quad (1)$$

Tratamentos de difusão no aço serão significativamente mais rápidos a partir da temperatura austenítica, pois a estrutura CFC (ferro γ) tem maior espaçamento que a estrutura CCC (ferro α).

(Santos, 2006 p. 166-167) Existe a possibilidade de descrever o perfil de distribuição do soluto (carbono) em uma matriz de metal a partir da Equação (2), que é um solução analítica a partir da Segunda Lei de Fick, para um sólido finito. Pode-se, por exemplo, estimar a nova concentração de carbono em uma determinada profundidade da superfície de uma peça de aço após um dado intervalo de tempo em um tratamento à uma temperatura constante.

$$\frac{C_x - C_0}{C_s - C_0} = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) \quad (2)$$

É possível consultar na literatura valores de D, D_0 (coeficiente de difusividade máxima) e Q (energia de ativação) para uma grande materiais e elementos de liga. Entretanto, a aplicação desta equação não é tão simples, pela necessidade de se definir a concentração C_s do elemento de liga (espécime difusível) externa à superfície da peça. Essa informação não é disponibilizada por fabricantes de produto em pó para cementação sólida.

Por mais que a temperabilidade de um aço como o 1020 não seja comparável a de aços ligados, mesmo assim, ele possui um desempenho bastante interessante como será visto na experimentação.

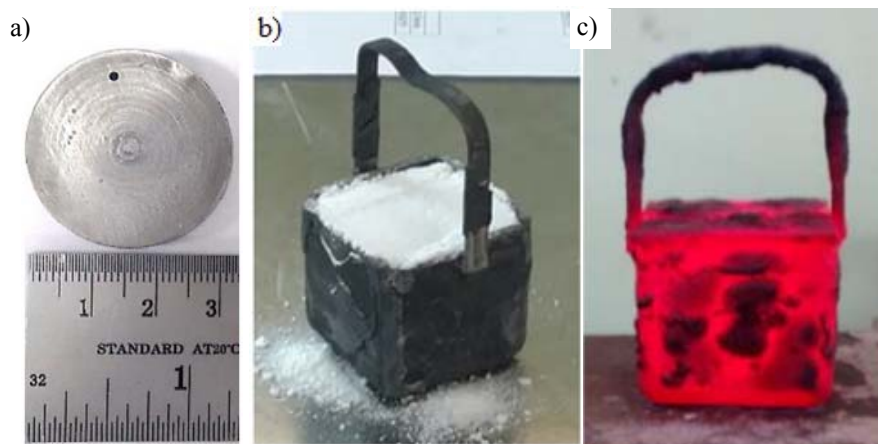
A utilização dos aços carbono também engloba o fato destes terem melhores características em empregos de até 300 HB. O 1020 também é considerado o aço mais comum para carbonetação, também conhecida como cementação. Eles são empregados para pequenas engrenagens, em pinos, em pequenos mecanismos, entre outros. Eles também podem ser utilizados para peças de até 50mm de diâmetro e temperados em água (SILVA; MEI, 2010).

O objetivo deste estudo foi identificar experimentalmente o aumento de dureza superficial que pode ser obtido em função tempo do tratamento de cementação sólida no aço SAE 1020, utilizando um produtor comercial (pó para cementação sólida de Carbografite), em uma temperatura constante de 900 °C.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Foram confeccionados corpos de prova de aço SAE 1020 com diâmetro de 32 mm e 10 mm de espessura, com um furo lateral para que o processo de têmpera após o tratamento difusivo fosse facilitado (Figura 1a). Os tratamentos de todas as amostras foram feitos em uma única corrida de forno com duração de total de 12 horas, além do tempo necessário inicial para aquecer o forno. Todas as amostras foram colocadas no forno no início do aquecimento. O tempo de tratamento térmico só iniciou contagem quando o forno atingiu a temperatura pré-determinada de 900°C. Os tratamentos de cementação sólida que se seguiram foram feitos nos intervalos de tempo de 1h, 2h, 4h, 6h, 8h, 10h e 12 horas. Foi utilizado um forno do tipo mufla. Os tratamentos foram feitos em sete amostras, uma para cada intervalo de tempo citado anteriormente, e foram mergulhadas por completo em um pó comercial (da Carbografite) próprio para cementação, cada uma em uma caixa metálica de forma individual, fechadas com tampa, de dimensões 50x50x50mm.

Figure 1. a) Amostra final; b) Amostra imersa em pó comercial para cementação no interior da caixa metálica; c) Caixa tampada logo após ser retirada do forno.



Após retiradas do forno, cada caixa foi mantida fechada até alcançar a temperatura ambiente, sendo assim resfriadas ao ar calmo.

Estando completo o resfriamento, as amostras foram retiradas das caixas, limpas, e foram presas em um arame onde foram colocadas novamente ao forno na mesma temperatura de 900°C durante um tempo de 30 minutos, e em seguida foram retiradas e imersas em água agitada na temperatura ambiente para o processo de têmpera.

Anteriormente ao ensaio de dureza, cada peça teve sua superfície lixada para que esta fosse adequada ao ensaio, retirando-se assim entre 0,40 a 0,45 mm da camada superficial cementada medido com micrômetro. Para cada amostra foram realizadas 10 medições de dureza na superfície, sendo uma ou outra descartada a partir do critério de Chauvenet, e a escala utilizada foi a Rockwell C (HRC).

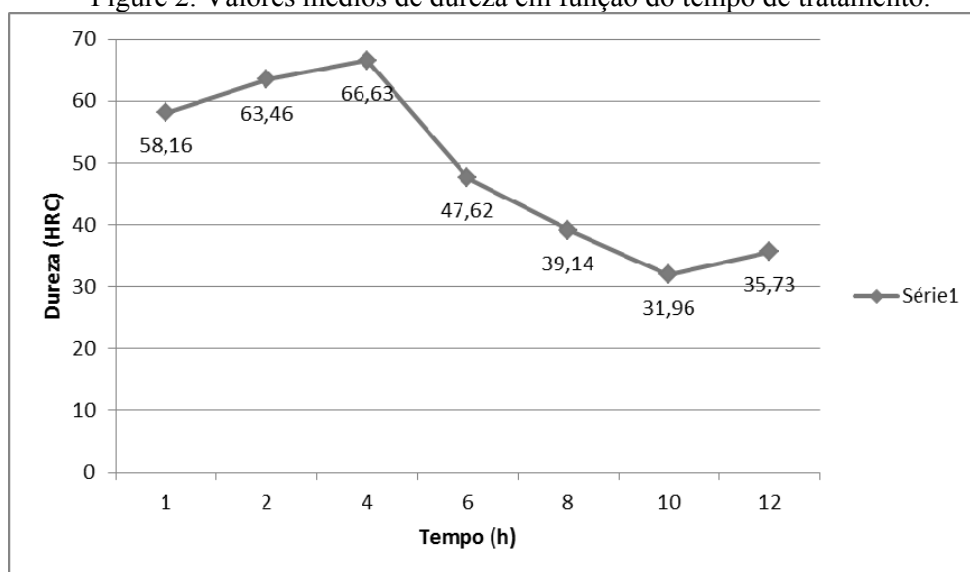
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores das médias de dureza, com seus respectivos desvios padrões, obtidos para cada amostra com seu respectivo tempo de cementação. As médias dos valores de dureza também são apresentados graficamente na Figura 2.

Tabela 1. Média e Desvio Padrão dos resultados dos ensaios de dureza Rockwell (HRC).

	1 hora	2 hora	4 hora	6 hora	8 hora	10 hora	12 hora
Média	58,16	63,46	66,63	47,62	39,14	31,96	35,73
Desvio Padrão	1,84	1,65	0,47	1,20	3,67	2,20	3,01

Figure 2. Valores médios de dureza em função do tempo de tratamento.



Analisando os desvios padrões nas medições de dureza para todas as amostras, pôde-se constatar que o aumento de dureza foi homogêneo em toda a superfície de cada amostra, pois o desvio padrão das medições foi pequeno, mostrando que não houve regiões que tiveram sua dureza obtendo um aumento maior do que em outras.

Comparando-se os intervalos de tempo de tratamento de cementação, foi observado um aumento de dureza significativo nas amostras de 1 até 4 horas de tratamento. As médias de dureza das amostras de 1 hora (58,16HRC), 2 horas (63,46HRC) e 4 horas (HRC) são todas estatisticamente diferentes, considerando-se uma confiabilidade de 95%. Isso mostra que houve um acréscimo realmente significativo da dureza por conta do aumento percentual de carbono na superfície das amostras.

A partir de 6 horas de tratamento observou decréscimo progressivo na dureza. Isso foi consequência de uma perda de carbono na superfície da amostra, que pode ter ocorrido em decorrência do consumo completo do pó de cementação no intervalo entre 4 e 6 horas de tratamento, deixando a peça exposta à uma atmosfera pobre em carbono, causando desta maneira um gradiente inverso de difusão e consequente descarbonetação superficial da amostra. Da mesma forma que anteriormente, as médias de dureza para 6 horas (47,62HRC) e 8 horas (39,14HRC) também foram comparadas estatisticamente e foram consideradas diferentes para uma confiabilidade de 95%, ou seja houve de fato redução na dureza superficial em prosseguimento ao tratamento a partir de 4 horas. Análises de metalográficas por meio de microscopia óptica comprovaram que realmente houve uma descarbonetação, e que essa se evidenciou mais relevante em função do aumento do tempo nos tratamentos.

Os valores médios das medida de dureza para 8 horas (39,14HRC), 10 horas (31,96HRC) e 12 horas (35,73) são consideradas estatisticamente iguais para uma confiabilidade de 95%, e isso mostra que a partir das 8 horas não houve queda significativa da dureza. Pode-se afirmar com base nos valores médios que houve apenas uma tendência a queda, mas não o suficiente para que as médias fossem consideradas estatisticamente diferentes, mas isso não interfere no que se buscou mostrar com o experimento, que foi o crescimento de dureza com o passar do tempo, e isso de fato foi constatado.

Propões aqui, para trabalhos futuros, aumentar a quantidade de substrato (pó) para cementação dentro das caixas, a fim de evitar a descarbonetação e investigar o quanto pode-se conseguir de incremento na profundidade da camada cementada.

CONCLUSÕES

Foi possível concluir que houve um aumento considerável da dureza superficial das amostras de aço SAE 1020 com o tratamento de cementação. E que este aumento de dureza varia em função do tempo de tratamento.

Com o tratamentos de cementação do aço SAE 1020 à 900°C, seguido de têmpera, utilizando imersão da peça no substrato em pó da Carbografite, pôde-se atingir dureza da ordem de 58HRC para tratamentos por uma hora e dureza da ordem de até 66,6HRC para tratamentos de 4 horas de duração.

Concluiu-se também que o aumento de dureza foi regular em toda a superfície de todas as amostras, pois o desvio padrão das medições de cada amostra foi pequeno.

Tempos de tratamento de cementação acima de 4 horas apresentaram decréscimo progressivo da dureza por meio de descarbonetação superficial, devido ao possível empobrecimento de carbono da atmosfera pobre, após o consumo completo do pó de cementação.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Engenharias da UFERSA pelo suporte financeiro para realização dos tratamentos térmicos, ao Laboratório de Engenharia Mecânica da UFERSA pelo suporte técnico e infraestrutura para os ensaios e metalografia, ao Programa de bolsas de estudo de Iniciação Científica (PICI) da UFERSA pelas bolsas dos alunos.

REFERÊNCIAS

BAUMGARTEN, Júlio Frederico. **Cementação sólida empregando granulado elaborado a partir do carvão vegetal reciclado e ativador CaCo₃ ecologicamente correto**. 93f. Tese (Mestre em Engenharia de Materiais e Processos Avançados) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Joinville, 2003.

CALLISTER JR., William D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

CHIAVERINI, V. **Aços e Ferros Fundidos**. 7. ed. São Paulo: ABM, 2012.

SANTOS, Rezende Gomes dos. **Transformações de fase em materiais metálicos**. São Paulo: UNICAMP, 2006, p.149-194.

SILVA, André Luiz V. da Costa e; MEI, Paulo Roberto. **Aços e ligas especiais**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2010.