

CARBONETAÇÃO DE AÇO AISI 8620 UTILIZANDO BIOMASSA DE CELULOSE E CARBONATO DE CÁLCIO

CARBURIZING AISI 8620 STEEL USING BIOMASS CELLULOSE AND CALCIUM CARBONATE

Marcos Oliveira Gentil¹ Sandro Oliveira dos Santos²
Elaine Pavini Cintra³

Data de entrega dos originais à redação em: 11/09/2016
e recebido para diagramação em: 21/11/2017

A utilização de biomassa nos processos de obtenção e processamento de ferro e aço tem se intensificado nos últimos anos. Como resultado, observa-se um aumento na demanda de carvão vegetal, tornando maior o desafio da produção de eucalipto de forma sustentável. O presente trabalho de pesquisa tem como objetivo o estudo da utilização da biomassa, obtida como resíduo da indústria de papel sanitário, no processo de cementação sólida do aço AISI 8620. Usualmente, essa biomassa de celulose é destinada a aterros sanitários ou incineração. Os testes de cementação em pequena escala, utilizando o carvão proveniente desse resíduo, resultaram no incremento dos valores de dureza do aço AISI 8620, de 207 HV (material como recebido) e 189 HV (material normalizado) para valores na faixa de 440 a 855 HV. O uso do carvão de biomassa de celulose no processo de cementação sólida possibilitou o aproveitamento de um resíduo proveniente da indústria de papel na indústria do aço. Outra estratégia desenvolvida neste trabalho foi a substituição do carbonato de bário, utilizado na cementação como ativador, pelo carbonato de cálcio, evitando assim o uso de uma substância com elevada toxicidade.

Palavras-chave: Biomassa. Cementação. Aço 8620. Carbonato de cálcio

The use of biomass in the production and the processing of iron and steel has been intensified in recent years. As a result, there has been an increase in charcoal demand making greater the challenge of producing eucalyptus as a sustainable resource. This research aims to study the use of biomass, obtained by the residue discarded by paper industry, in the solid carburizing process of the steel AISI 8620. This cellulose biomass is usually sent to a landfill or to be incinerated. Small-scale tests using the charcoal from this residue in carburizing process showed an increase in steel hardness values AISI 8620, 207 HV (material as received) and 189 HV (standard material) to values from 440 to 855 HV. The use of biomass in solid carburizing process allowed to use the residue from the paper industry in the steel industry. Another strategy developed in this work was to replace barium carbonate, used in carburization as an activator, by the calcium carbonate, avoiding the use of a substance with high toxicity.

Keywords: Biomass. Carburizing. Steel AISI 8620. Calcium carbonate.

1 INTRODUÇÃO

Os tratamentos termoquímicos podem alterar a composição química da superfície de um metal. Essa transformação ocorre por meio da difusão de átomos de carbono ou nitrogênio na estrutura do substrato metálico, sob aumento da temperatura. (SILVA, 2010; SANTOS, 2015). Segundo Foreman (1991), o cianeto de sódio e o carbonato de bário são utilizados nos processos de cementação sólida, porém devido à toxicidade apresentada, as regulamentações governamentais recomendam a diminuição ou o não uso em processos industriais. Esses compostos apresentam considerável risco para a saúde humana e o descarte de seus resíduos necessita de cuidados especiais. As restrições impostas diminuem o interesse na utilização desses compostos estimula a procura por substâncias que possam substituí-los. Fontes alternativas contendo carbono e carbonato de cálcio, das quais podemos destacar: carvão ativado, resíduo de filtração de indústria de bebidas (BAUMGARTEN, 2003), ossos triturados (ARAMIDE et al., 2010), cascas de coco e ossos de cabra (YAHYA, 2013) e cascas de frutas e de ovos

são exemplos de materiais que vêm sendo investigados para atuarem como fonte de carbonato de cálcio (IHOM, 2013) no processo de cementação sólida.

A motivação deste estudo está pautada na obtenção de carbono, a partir dos resíduos contendo biomassa da indústria de papel. Nessa indústria, o processo de reciclagem primária classifica e direciona as fibras de celulose mais curtas à fabricação de papéis menos resistentes e mais absorventes (SOUZA, 2008). Apesar dos efluentes gerados nesse processo serem tratados, há ainda produção de um resíduo que é destinado a aterros sanitários na forma de lodo. Esse resíduo possui um percentual de fibras de celulose que, segundo Foelkel (2007), pode chegar a 2%. Diante deste cenário, a carbonização da biomassa de celulose presente no resíduo descartado, produz um material que possui potencial para ser utilizado como fonte de carbono no processo de cementação do aço. Outro interesse é obter resultados positivos substituindo o carbonato de bário, que apresenta toxicidade, pelo carbonato de cálcio no processo de cementação do aço AISI 8620.

1 - Mestrado Acadêmico em Engenharia Mecânica - IFSP.

2 - Mestrado em Engenharia Mecânica - IFSP.

3 - Docente IFSP-SP - Departamento de Ciências e Matemática, atuando na área de Química. < elainecintra@ifsp.edu.br >.

Os pontos positivos desta proposta estão pautados na reinserção de um resíduo na cadeia produtiva, uma vez que o resíduo da indústria de celulose passará a ser utilizado na indústria do aço, como um alternativa ao carvão vegetal; e a substituição do carbonato de bário, por um composto de menor toxicidade, no processo de cementação.

2 OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo analisar as propriedades físicas e químicas do aço AISI 8620 após o processo de cementação com o uso de biomassa de celulose como fonte de carbono.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os compostos de cementação (mistura de carvão e carbonato de cálcio) foram produzidos a partir da biomassa de celulose, descartada no processo de fabricação de papel sanitário, e adição de carbonato de cálcio.

O tratamento da biomassa de celulose foi realizado em três etapas: desidratação, secagem e carbonização. A desidratação das amostras de celulose, oriundas do processo de fabricação de papel, foi realizada à sombra. A secagem foi realizada em estufa elétrica pelo período de 1h a 105°C. A carbonização aconteceu em forno do tipo mufla, por 30 minutos a 700°C.

Os compostos de cementação foram produzidos utilizando material carbonizado de biomassa de celulose com adição de carbonato de cálcio. O teor de carbonato de cálcio variou de 10 a 40%p da massa total do composto, em diferentes proporções: 9010 (90% de biomassa carbonizada e 10% de carbonato de cálcio), 8020 (80% de biomassa carbonizada e 20% de carbonato de cálcio) e 6040 (60% de biomassa carbonizada e 40% de carbonato de cálcio).

O processo de cementação foi realizado em cadinho de porcelana com tampa. As amostras de aço foram amarradas com fios de cobre para facilitar o manuseio no momento da tempera. O posicionamento das amostras dentro do cadinho é apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Cadinho de porcelana com amostras de aço AISI 8620 em meio contendo biomassa carbonizada e carbonato de cálcio



Fonte: Autor

As amostras cilíndricas de aço AISI 8620, com 15 mm de diâmetro e 15 mm de altura, foram submetidas

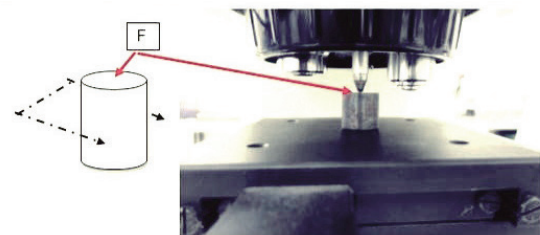
a tratamento termoquímico de cementação, realizado a temperatura de 900°C por 4 horas, seguido de têmpera direta utilizando água a 25°C como meio de resfriamento.

A análise química elementar do aço AISI 8620 foi realizada pela técnica de espectroscopia de emissão óptica, em aparelho do fabricante Spectro modelo Spectromax. A determinação do teor de carbono foi realizada em um espectrofotômetro IR, fabricante Leco modelo Lecocell II HP.

Para a determinação do teor de carbono após cementação, as amostras foram torneadas visando a remoção de cavacos com 0,25 mm de profundidade de corte a cada passe, até atingir a profundidade de 2 mm. O teor de carbono foi analisado em cada uma das camadas.

As medidas de dureza superficial foram realizadas nas faces planas (F) das amostras cilíndricas em microdurômetro Vickers, Digital Micro Hardness Tester, fabricante Time. O perfil de dureza foi realizado na seção transversal dos corpos de prova cilíndricos cortados a metade da altura após processo de cementação. As amostras utilizadas para medição de dureza e para análise metalográfica seguem diretrizes da norma ASTM E3, que orienta a preparação de amostras metalográficas. A medição do perfil de dureza no plano F, corte transversal para amostras extraídas de barras cilíndricas, Figura 2.

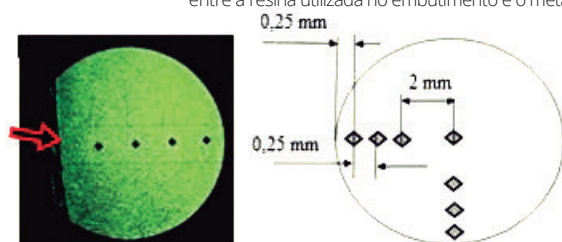
Figura 2- Plano de corte para observação da superfície transversal (F)



Fonte: ASTM E3

A dureza superficial foi determinada pela média de dez medições, cinco em cada face plana, em três amostras. O perfil de dureza das amostras foi obtido com a média de seis medições em três amostras, sendo realizadas duas medidas em cada amostra defasadas de 90° para cada profundidade. As primeiras medidas de dureza estão situadas a 0,25mm de distância da borda. As medidas foram executadas em direção ao centro da amostra até 2mm de profundidade. A partir desta profundidade foram executadas medidas com distância entre centros das impressões de 2mm até a profundidade 8mm. Para facilitar o manuseio as amostras foram embutidas em resina poliéster, a seta na Figura 3 indica a borda da amostra.

Figura 3- Leiaute de endentações do perfil de dureza para corpo de prova em AISI 8620 e micrografia (MO100x). A seta indica a interface entre a resina utilizada no embutimento e o metal



Fonte: Autor

A microestrutura foi analisada por microscopia óptica, com aumento de 400x, utilizando microscópio metalográfico Opton. As microestruturas das amostras de aço foram reveladas utilizando reativo Nital (2%).

Tabela 2 - Perfil dureza do aço AISI 8620 sem tratamento e após processo de cementação com compostos provenientes da biomassa, pelo período de 4 horas à 900°C

Composto	9010	6040	8020	Aço 8620 c/recebido	Aço 8620 Normalizado
Profundidade (mm)	Dureza(HV)				
0 (Superficial)	661	605	572	207	189
0,25	656	553	480	222	184
2,00	455	443	462	204	188
4,00	461	456	459	200	193
8,00	440	428	468	205	204

Fonte: Autor

2 RESULTADOS

Os resultados da análise química elementar do aço AISI 8620 são apresentados na Tabela 1 e podem ser comparados aos valores comerciais e aos recomendados pela Associação Americana de Metais (ASM). Com exceção do elemento silício (que na amostra estudada apresentou valor 10% acima do máximo preconizado), todos os demais elementos possuem porcentagem de ocorrência dentro da faixa prevista pela ASM.

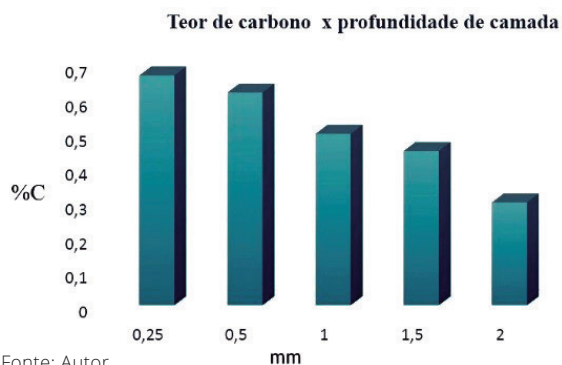
Tabela 1 - Comparação entre composição química do aço AISI 8620 da amostra estudada e valores de referência

Elemento	Comercial (%)	Amostra estudada (%)	ASM handbook (%)
C	0,200	0,180	0,180 – 0,230
Si	0,250	0,340	0,150 – 0,300
Mn	0,800	0,853	0,700 – 0,900
Cr	0,500	0,476	0,400 – 0,600
Ni	0,500	0,440	0,400 – 0,700
Mo	0,200	0,158	0,150 – 0,250

Fonte: Autor

Na Figura 4 são apresentados os valores médios de dureza superficial obtidos para as amostras tratadas com composto de cementação à base de biomassa de celulose, em diferentes proporções.

Figura 4 - Dureza média superficial das amostras de aço AISI 8620 nas condições normalizado (N), como recebido (CR) e cementado e temperado à 900 °C com compostos de biomassa de celulose 8020 (572±19 HV), 6040 (605±10 HV) e 9010 (661±75 HV)



Fonte: Autor

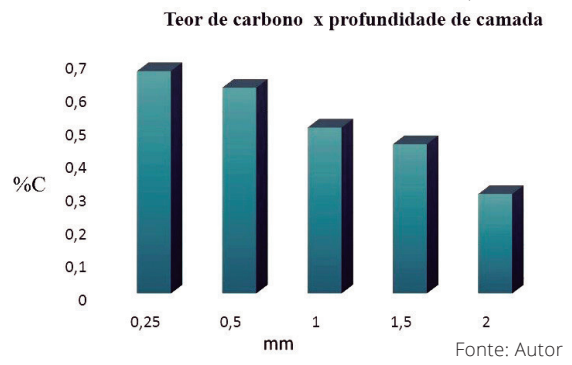
Na Tabela 2 são apresentadas as medidas do perfil de dureza das amostras. Pode-se observar que os maiores valores de dureza são encontrados nas camadas mais externas das amostras e em camadas mais profundas a dureza sofre decréscimo. Pode-se observar também que os maiores valores de dureza foram obtidos realizando a cementação com o composto 9010 (90% de biomassa carbonizada e 10% de carbonato de cálcio).

Na Figura 5 são apresentados os resultados do teor de carbono em função profundidade da amostra cementada com o composto de biomassa de celulose 9010, que apresentou a maior dureza superficial (661±75 HV).

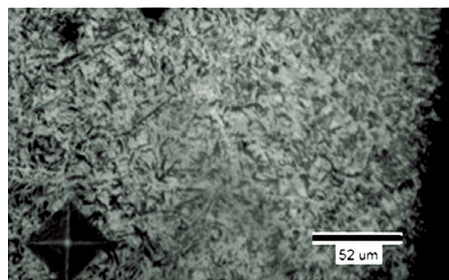
Os resultados apresentados nas Figuras 4 e 5 e na Tabela 2 permitem inferir que os maiores valores de resistência estão associados ao maior teor de carbono difundido na estrutura do aço AISI 8620. Na posição 0,25 mm obtém-se o maior teor de carbono e maior resistência mecânica e dureza. A têmpera consiste na transformação de austenita (CFC) em martensita (TCC) aumentando a dureza e a rigidez do material. Os tratamentos termoquímicos objetivam a modificação da composição química superficial do aço, possibilitando uma superfície dura e núcleo tenaz, (SANTOS, 2015).

A Figura 6 apresenta micrografia de aço AISI 8620 cementado com compostos de cementação 9010. A presença de estrutura acicular indica a formação de martensita que é confirmada pelo aumento da dureza superficial (BOYLE et al. 2008). Os aços são especialmente adequados para tratamentos térmicos e termoquímicos por responderem satisfatoriamente aos tratamentos e características desejadas, (SANTOS, 2015).

Figura 5 - Variação do percentual do teor de carbono em função da distância da borda para o centro das amostras de aço AISI 8620 cementadas com composto 9010



Fonte: Autor



Fonte: Autor

Figura 6 - Micrografia de aço AISI 8620 cementado, 4 horas a 900 °C e Temperado (661 HV ± 75), composto 9010, a seta indica a interface entre a resina e o metal

3 CONCLUSÃO

Após o processo de cementação as amostras apresentaram uma variação do teor de carbono com taxa decrescente em camadas mais internas das amostras. Os teores de carbono encontrados estavam diretamente relacionados com os valores de dureza. As amostras apresentaram maior dureza na superfície. Com aumento do teor de carbono acima de 0,40% torna favorável a formação de martensita na estrutura do aço, correspondendo a microestrutura das amostras estudadas. O tratamento por 4 horas a 900°C utilizando a formulação 9010 (90% de carvão e 10% de carbonato de cálcio) apresentou as maiores durezas médias superficiais. O aço na condição como recebido possui dureza superficial de 207 HV, quando cementado a 900 °C por 4 horas com tempera direta, é obtido um valor de dureza de 661 HV e à profundidade de 2 mm a dureza cai para 455 HV. Os resultados apresentados permitem inferir que o uso de biomassa de celulose no processo de cementação possui viabilidade técnica. Comparado com valores citados por (BAUMGARTEN, 2003), (ARAMIDE et al., 2010) e (YAHYA, 2013), o aumento de dureza é significativo e pode ser controlado pelo tempo de tratamento, pela composição do composto de cementação e pela temperatura de processo para que se atinja a profundidade de camada e dureza desejadas. A não utilização de materiais tóxicos como carbonato de bário e cianeto de sódio coloca a mistura (carvão de biomassa de celulose e carbonato de cálcio) como uma opção ambientalmente correta no processo de cementação. A reutilização de um resíduo da indústria de papel e celulose na indústria do aço também é um aspecto importante sob o ponto de vista da logística reversa de produtos, que pressupõe a reinserção de produtos e /ou resíduos na cadeia produtiva.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY TEST MATERIAL. ASTM E 03: Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens. USA, 2004.

ARAMIDE, F. O, et al. **Pack carburization of mild steel, using pulverized bone as carburizer: optimizing process**

parameters - Electronic Journal of Practices and Technologies ISSN Nigeria, 2010. p.1583-1078.

BAUMGARTEN, J. F. **Cementação empregando granulados elaborados a partir de carvão vegetal reciclado e ativador de carbonato de cálcio (CaCO₃)**, 2003 dissertação de mestrado – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2003.

BOYLE, E. et al. **The effects of initial microstructure and heat treatment on the core mechanical properties of carburized** – Materials Forum v.32 – Edited by J.M. Cairney, S.P. Ringer and R. Wuhrer, Australia, 2008 p.46.

FOELKEL, C. **Ecoeficiência na gestão da perda de fibras de celulose e do refugo e do refugo gerado na fabricação do papel**, 2007. Eucalyptus Online Book & New letter. Disponível em < <http://www.eucalyptus.com.br> >. - Acesso em: 07 ago. 2015.

FOREMAN, R.W. **Pack carburizing of steels**. USA: ASM. Metals handbook, 1991 v.4 p. 749.

GARCIA, A. SPIM, J. A. SANTOS, C. A. **Ensaios dos materiais** 1.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

IHOM, A. P. et al., **Investigation of Egg Shell Waste as an Enhancer in the Carburization of Mild**. American Journal of Materials Science and Engineering, 2013, Vol. 1, Nº. 2, p. 29-33.

SANTOS G.A. Tecnologia dos materiais metálicos propriedades, estruturas e processos de obtenção, São Paulo: Érica, 2015.

SILVA, A.L.V.C; MEI, P. R. **Aços e ligas especiais** 3.ed. São Paulo: Blücher, 2010.

SOUZA, A. Heli C. B. **Guia técnico ambiental da indústria de papel e celulose** -Série P+L CETESB/ EIMP GOV. SP. São Paulo: 2008.

YAHYA, N. CHANDRAB H. **The Carburizing Process of Low Carbon Steel with Charcoal Media** – Journal of mechanical science and engineering v.1 n.1. *Sriwijaya*, 2013 p. 5.