

INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DO CARVÃO VEGETAL NO TRATAMENTO TERMOQUÍMICO DO TIPO CEMENTAÇÃO SÓLIDA EM CAIXA DO AÇO SAE 1020

Antônio Carlos Barbosa Zancanella, antonio.zancanella@ifes.edu.br¹

David Dias de Faria, davfaria@yahoo.com.br¹

Douglas Ruy Soprani da Silveira Araújo, douglassoprani@ifes.edu.br¹

Fernanda Ribeiro Madeira, madeirananda@hotmail.com¹

Luiz Rafael Resende da Silva, luis.silva@ifes.edu.br¹

¹Instituto Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus, Rodovia BR 101 Norte, Km 58, Bairro Litorâneo CEP 29.932-540.

Resumo:

Visando melhorar a eficiência do processo de cementação sólida, este trabalho tem como objetivo principal, analisar a influência da granulometria da matéria prima fornecedora de carbono para o processo. Para cementação sólida utilizou-se apenas carvão vegetal em uma caixa metálica de aço inoxidável, em um tempo de 8 horas na temperatura de 1000°C. O aço cementado foi o SAE 1020. Os resultados mostram que o menor valor de granulometria, da ordem inferior a 0,5 mm, forneceu um valor maior de microdureza (975 HV), no entanto, menor espessura de camada cementada. Já o aço tratado termicamente com o cementante de maior granulometria, faixa entre 4 a 12,5 mm, observou-se um menor valor de microdureza (625 HV), com uma camada cementada de 331,39 µm. Atribuiu-se o baixo valor de camada cementada no aço ao processo de descarbonetação. Recomenda-se em trabalhos futuros utilizar menor tempo no forno.

Palavras-chave: Cementação sólida, Aço 1020, Ensaio mecânicos.

1. INTRODUÇÃO

O aço está presente em inúmeras aplicações em nosso dia-a-dia, tornando-o um material essencial para a vida moderna. Podem-se exemplificar algumas aplicações, como maquinários, construção civil, utilidades domésticas, arte e decoração, transporte e entre outros. Para um determinado segmento de aplicação, é de grande valor estudar as características físico-químicas do aço, para identificar e selecionar o melhor a ser utilizado no processo.

Conforme Mei e Silva (2010), “a seleção de materiais é uma das tarefas mais complexas, na engenharia. Normalmente, para cada aplicação, há um conjunto de requisitos que o material ideal deve satisfazer”. Para tanto, nem sempre é possível conciliar várias características ao mesmo tempo em um só aço. Assim, uma forma para chegar a condição ótima, seria submeter o aço a certos tratamentos, que embora inicialmente não contemplava todas as características de projeto, após o processo, pode apresentar ficando viável a sua utilização.

Para este trabalho, será abordado o tratamento tipo termoquímico de aços. De acordo com Chiaverine (1988), os tratamentos termoquímicos visam “o endurecimento superficial dos aços, pela modificação parcial de sua composição química”, e como mencionado por Takeya (2016), “eles têm a vantagem de manter o interior do aço dúctil, ao mesmo tempo em que melhoram as propriedades superficiais, como a dureza, a resistência ao desgaste e a corrosão”.

Os tratamentos termoquímicos fundamentam-se na adição de elementos químicos, por difusão, como carbono, nitrogênio ou boro, na superfície do aço, onde o calor potencializa a difusão do elemento químico específico, enriquecendo a superfície da metal base, alterando a composição do aço até uma determinada profundidade (Grilo e Peres, 2012).

O tratamento termoquímico abordado neste trabalho é o do tipo cementação, que de acordo com Baumgarten (2003), é definida como sendo “um processo termoquímico, no qual ocorre a difusão de carbono a partir da superfície do componente, sendo que após um resfriamento rápido (têmpera) em meio adequado, o material irá apresentar uma superfície endurecida e um núcleo tenaz”.

Fraga *et al.* (2017) realizaram um estudo sobre a influência do tempo de cementação na dureza superficial do aço SAE 1020. Realizou-se um ensaio de dureza Rockwell na escala C (HRC). Foram utilizados sete corpos de prova ficaram entre 1 e 7 horas no forno, os corpos foram retirados do forno em intervalos de uma hora cada. Observou-se que o maior

valor de dureza foi obtido com 4 horas no forno (66,63 HRC), após este intervalo as amostras remanescentes sofreram descarbonetação superficial, reduzindo assim a dureza das amostras progressivamente até a dureza mínima de 35,73 HRC.

Dos Santos *et al.* (2018) realizaram teste de cementação sólida no aço SAE 8620, no teste utilizou-se uma caixa de aço selada com argila, a mistura utilizada consistiu de 80% de grafite, 15% de carvão ativado e 5 % de carbonato de sódio. A temperatura utilizada foi de 925°C, o corpo permaneceu nesta temperatura durante 5 horas e 30 minutos, após este período deixou-se o recipiente resfriar no forno até 850°C, posteriormente procedeu-se com o tratamento térmico de tempera em óleo (SA14W40) e revenido à 190°C. Os corpos de provas foram testados no ensaio de dureza e posteriormente caracterizado a microestrutura resultante. O aço ensaiado em dureza na escala Rockwell C obteve 54 HRC.

Visando melhorar a eficiência do processo de cementação sólida, este trabalho tem como objetivo principal, analisar a influência da granulometria da matéria prima fornecedora de carbono na cementação sólida.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho consistiu em um tratamento termoquímico de cementação sólida utilizando granulados de carvão vegetal e corpos de prova de aço SAE 1020. O aço foi confinado em uma caixa de aço inoxidável e aquecida até a temperatura de 1000°C em um forno do tipo mufla de modelo Dentsply Vulcan 3-550PD, onde foi mantido por 8 horas e posteriormente temperado em água parada à temperatura ambiente.

O carvão vegetal foi triturado e posteriormente separado em granulometrias de:

- 4 mm < granulometria < 12,5 mm
- 1 mm < granulometria < 4 mm
- 0,5 mm < granulometria < 1 mm
- granulometria < 0,5 mm

O cimento sólido foi pesado e adicionado a caixa com a massa de 447,9±0,1 g para todas as granulometrias. O carvão vegetal cobriu totalmente as amostras metálicas. Para evitar a queima excessiva do cento e a perda de gás cementante (CO). Para vedação da tampa à caixa, utilizou-se rejunte de construção civil (Figura 1).

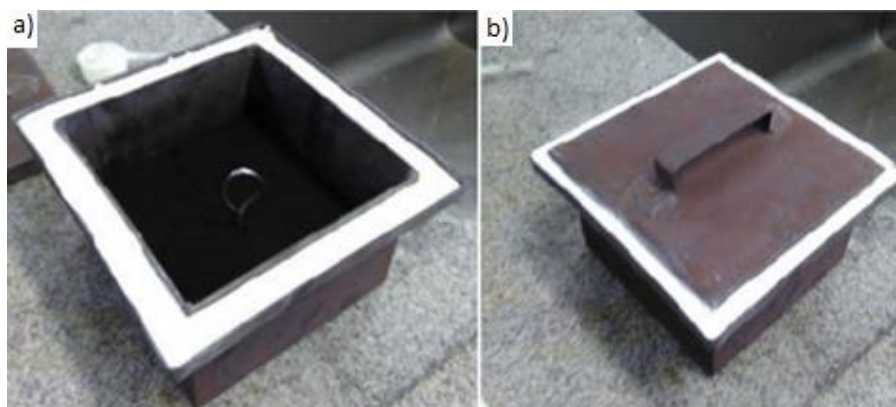


Figura 1: Caixa de cementação. a) Aberta com o cementante e as amostras. b) Fechada e vedada com o rejunte.

A caixa utilizada para o tratamento foi confeccionada em aço inoxidável austenítico 304, com dimensões internas de largura 160 mm, profundidade 160 mm e comprimento 100 mm. O aço inox foi utilizado por ser um material resistente a altas temperaturas e possuir uma boa relação custo/benefício.

Os corpos de prova utilizados foram cilíndricos com 24 mm de diâmetro e 30 mm de altura. Em cada corpo de prova foi feito um rasgo lateral que possibilitou a amarração dos corpos de prova em um arame de aço galvanizado (Figura 2).



Figura 2: Corpos de prova.

Para o ensaio de microdureza e determinação do perfil de cementação, foi realizado no microdurômetro modelo Mitutoyo HM-100, onde realizou-se ensaios de microdureza Vickers. Foram realizadas 24 medições, desde a borda até o centro, dando um maior foco perto da superfície do aço, onde se concentrou mais as medições. A carga utilizada foi de 0,5 kg no teste.

Antes do ensaio de microdureza das amostras dos metais, foi realizado um processo de acabamento da superfície das peças. Elas foram cortadas transversalmente em um ponto distante das bordas, para não ter interferência da camada cementada das arestas. Após corte, foi realizado o lixamento dos corpos, utilizando a politriz da Fortel modelo PLF. Para o lixamento na politriz, foram utilizadas as lixas de numeração 80, 120, 220, 320, 400, 600, 800 e 1200 mesh. No acabamento, foi utilizado alumina (óxido de alumínio, Al_2O_3) de granulometria média de 0,3 μm . Para o ataque químico utilizou-se o reagente Nital na concentração de 5%.

Para verificar a composição química do corpo de prova, realizou-se uma análise um espectrômetro de emissão ótica SPECTROMAXx, seguindo a norma A751, sendo conduzido em um ambiente a 24°C com 51% de umidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste químico revelou que o aço utilizado é realmente o aço SAE 1020, o ensaio foi feito de acordo com a norma SAE J403. A composição química do aço antes do processo de cementação é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1: Composição química do aço.

Elementos	C Carbono	Si Silício	Mn Manganês	P Fósforo	S Enxofre	Cr Cromo	Mo Molibdênio	Ni Níquel	Fe Ferro
% Encontrada	0,18	0,097	0,53	0,023	0,028	0,063	<0,002	0,041	Restante
% Especificada SAE J403 - 1020	0,18-0,23	----	0,30-0,60	0,03 máx	0,05 máx	----	----	----	Restante

A análise metalográfica revelou que o aço antes do processo de cementação possuía matriz ferrítica com grãos de perlita (Figura 3).

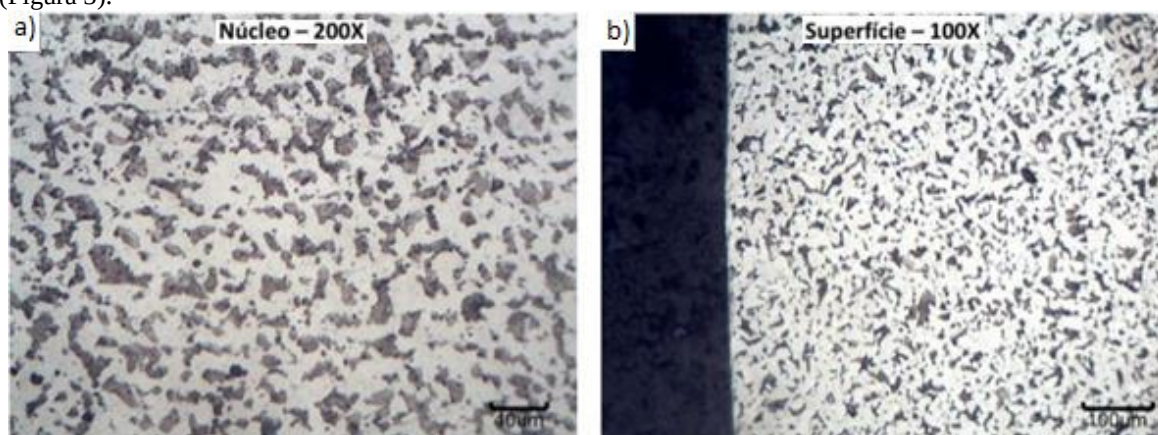


Figura 3: Microestrutura do aço antes do processo de cementação. a) Aproximação do núcleo em 200 X e b) aproximação da superfície em 100 X.

Para o aço cementado utilizando-se a granulometria menor que 0,5 mm obteve-se uma estrutura ferrítica com ripas de martensita, a análise observou-se poucas evidências de camada cementada (Figura 4)

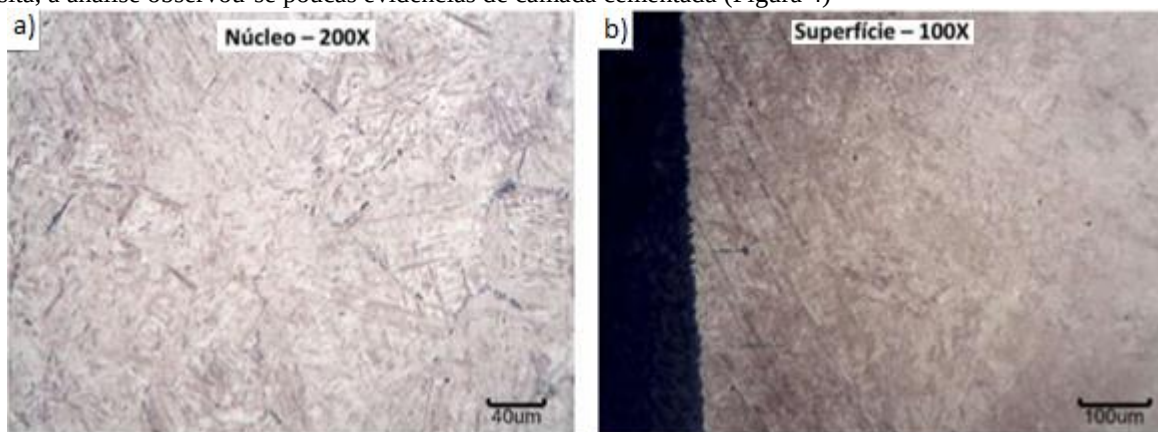


Figura 4: Aço cementado na granulometria menor que 0,5 mm. a) Aproximação do núcleo em 200 X e b) aproximação da superfície em 100 X.

No processo de cementação utilizando a faixa granulométrica de $0,5\text{ mm} < \text{granulometria} < 1\text{ mm}$, observou-se uma matriz ferrítica com ripas de martensita, a camada cementada apresentou dimensão de $203,32\text{ }\mu\text{m}$ (Figura 5).

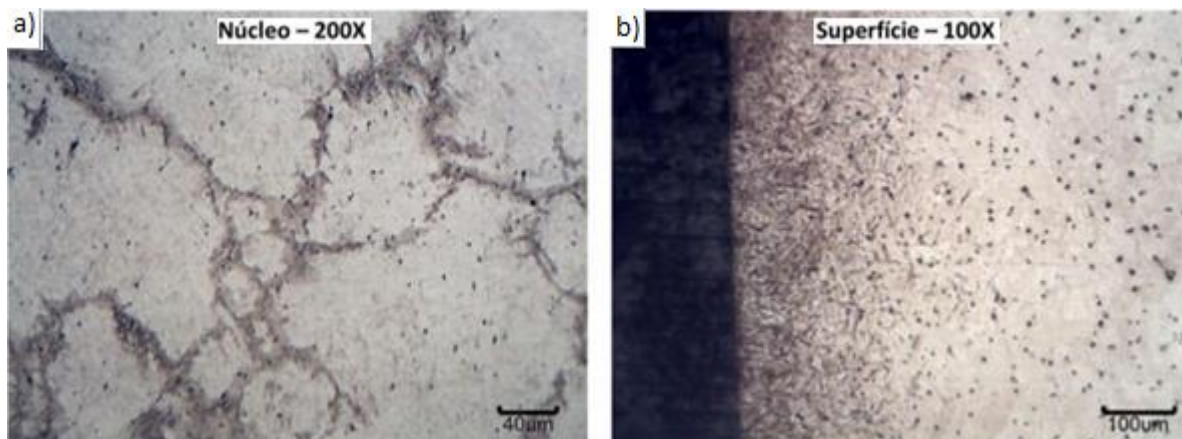


Figura 5: Aço cementado na granulometria de $0,5\text{ mm} < \text{granulometria} < 1\text{ mm}$.

A faixa granulométrica de $1\text{ mm} < \text{granulometria} < 4\text{ mm}$ apresentou uma matriz ferrítica com ripas de martensita, a camada cementada apresentou dimensão de $260,53\text{ }\mu\text{m}$.

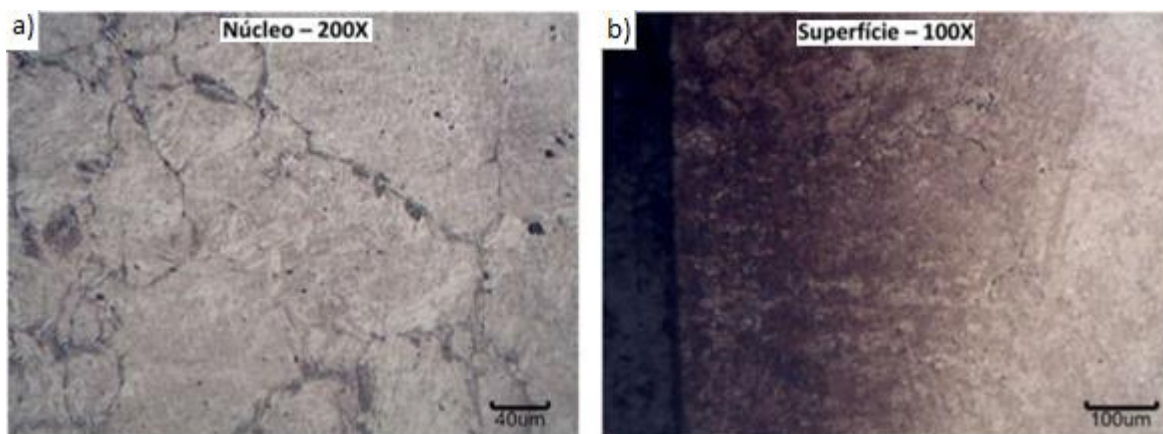


Figura 6: Aço cementado na granulometria de $1\text{ mm} < \text{granulometria} < 4\text{ mm}$.

Por a faixa granulométrica de $4\text{ mm} < \text{granulometria} < 12,5\text{ mm}$ apresentou uma matriz ferrítica com ripas de martensita, a camada cementada apresentou dimensão de $331,39\text{ }\mu\text{m}$ (Figura 7).

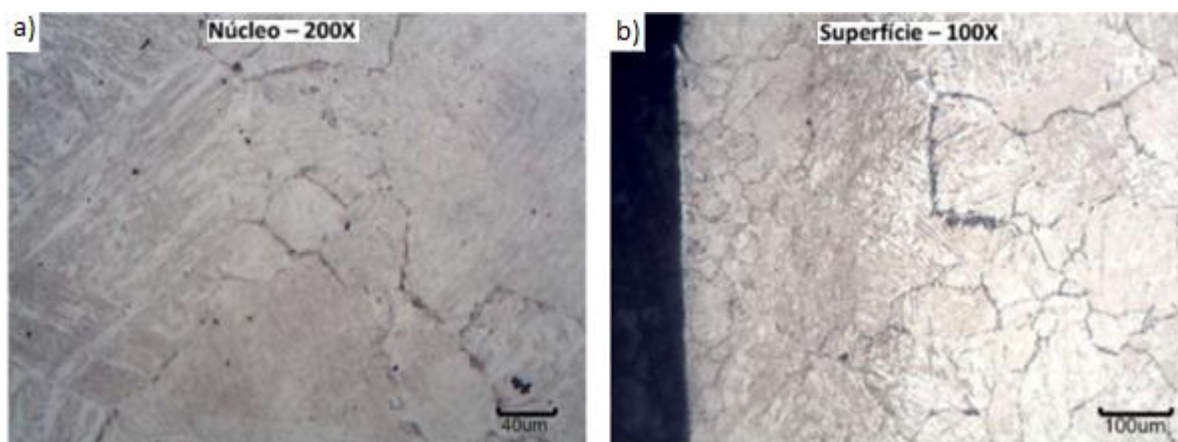


Figura 7: Aço cementado na granulometria de $4\text{ mm} < \text{granulometria} < 12,5\text{ mm}$.

Devido à baixa camada cementada ocorreu descarbonetação nas amostras reduzindo assim a efetividade do processo de cementação. Resultado semelhante ocorreu no trabalho de Fraga *et al.* (2017), onde após 4 horas de cementação observou-se uma redução considerável na dureza superficial, atribuindo-se esse resultado ao fenômeno de descarbonetação superficial do aço.

A análise de microdureza nos corpos antes da cementação forneceu um resultado de 550 HV. Após o tratamento termoquímico, observou-se que os corpos de provas com as menores granulometrias apresentaram uma dureza superficial mais elevada, no entanto, a camada cementada é imperceptível como evidenciado pela análise metalográfica. A explicação do aumento da dureza pode ser pela difusão do carbono necessário para a formação apenas da estrutura metaestável martensita, sem a formação de carboneto de ferro. Já os corpos com granulometrias maiores, revelaram menores valores de dureza e maior espessura na camada (Figura 8). O menor valor de dureza superficial foi obtido com o aço de maior granulometria ($4\text{ mm} < \text{granulometria} < 12,5\text{ mm}$), onde obteve-se 625 HV no ponto 0,2 mm da superfície do corpo de prova ensaiado. O valor de 975 HV foi atingido na superfície do aço cementado com a granulometria menor que 0,5 mm e atingiu-se 950 HV com o corpo cementado na faixa granulométrica de $0,5\text{ mm} < \text{granulometria} < 1\text{ mm}$, logo, observou-se que os valores das durezas superficiais para as duas menores granulometrias foram próximos quando medidos na distância de 0,2 mm da face do corpo de prova.

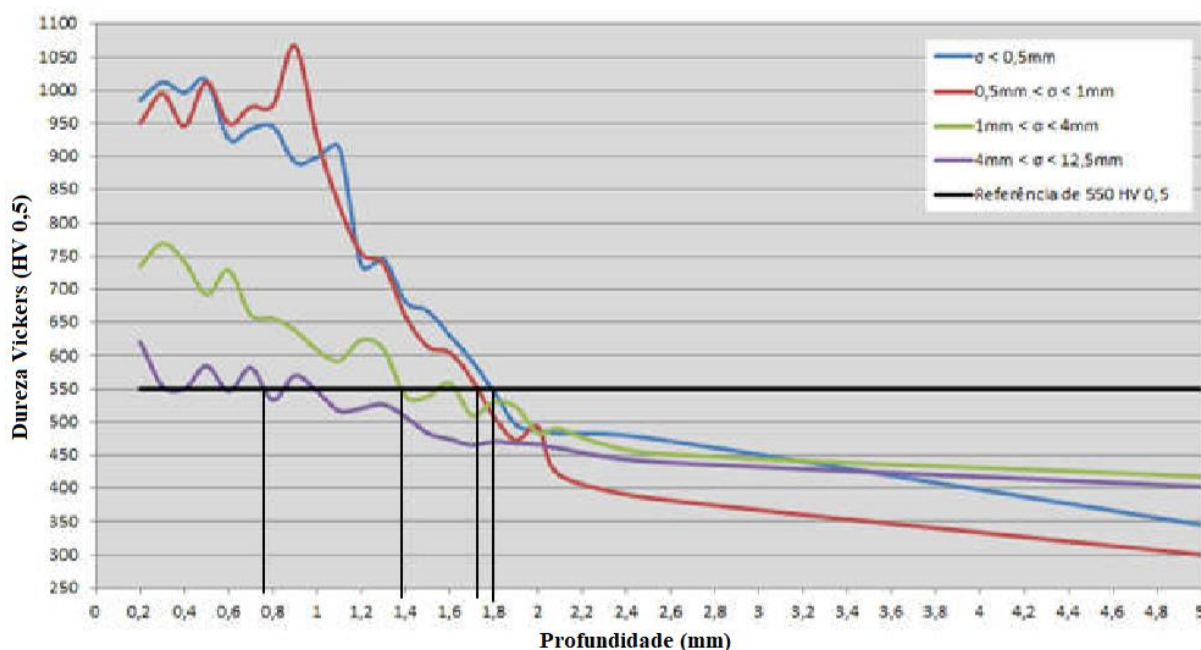


Figura 8: Resultado do ensaio de microdureza Vickers.

4. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Ao analisar os resultados discutidos, verificou-se que os menores valores de granulometria utilizados no processo de cementação forneceram maior valor de dureza, restringindo apenas pela formação de martensita, sem um valor direto de camada cementada. O efeito inverso foi observado com o maior valor de granulometria, onde obteve-se menor valor de microdureza e maior espessura de camada cementada ($331,39\text{ }\mu\text{m}$). O pequeno valor de camada cementada foi atribuído a fenômeno de descarbonetação, cujo motivo foi erro no processo de vedação e valor elevado de tempo no forno. Também é perceptível a diferença da dureza do material referência e o material com maior endurecimento superficial, observando a ordem de aproximadamente duas vezes mais duro o material potencial cementado. Recomenda-se em trabalhos futuros utilizar um menor tempo no forno e utilizar elementos químicos ativadores para o processo de cementação sólida e também uma análise de raio X para verificar quantitativamente os carbonetos na camada cementadas.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Espírito Santo.

6. REFERÊNCIAS

BAUMGARTEN, J. F. Cementação sólida empregando granulado elaborado a partir de carvão vegetal reciclado e ativador de CaCO_3 ecologicamente correto. Dissertação (mestrado) - Curso De Engenharia De Materiais e Processos Avançados, Centro de Ciências Tecnológicas da UDESC, Joinville, 2003.

CHIAVERINI V. Aços E Ferros Fundidos. 6ª Edição, São Paulo. ABM, 1988.

DOS SANTOS, Guilherme Pellat; CAETANO, Vítor Garlet; KIECKOW, Flávio. Cementação sólida no aço sae 8620. **CRICTE**, n. 28, 2018.

FRAGA, F.E.N., LIMA, S.Y.V., SILVA, S.C.G.. Influência do tempo de tratamento sobre a dureza da camada cementada em amostras de aço SAE 1020 tratadas por cementação sólida seguido de têmpera. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, CONTECC 2017. Hangar Convenções e Feiras da Amazônia - Belém - PA 8 a 11 de agosto de 2017.

GRILO, J. P. F., PERES, M. M. Características, Propriedades e Aplicações da Cementação em Aços. Curso de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, 2012.

MEI, P. R., COSTA E SILVA A. L. Aços e Ligas Especiais. 3ª Edição, São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 2010.

TAKEYA, G. S. Tratamentos Termoquímicos De Boretação, Nitrocementação E Cromização No Aço Fe-31,2Mn-7,5Al-1,3Si-0,9C. Dissertação(Mestrado) Programa De Pós-Graduação Em Ciência E Engenharia De Materiais, Escola De Engenharia De São Carlos, Universidade De São Paulo, São Carlos, 2016.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

INFLUENCE OF GRANULOMETRY OF VEGETABLE CHARCOAL IN THE THERMOCHEMICAL TREATMENT OF THE TYPE OF SOLID BOX CEMENTATION OF STEEL SAE 1020

Antônio Carlos Barbosa Zancanella, antonio.zancanella@ifes.edu.br¹

Luiz Rafael Resende da Silva, luis.silva@ifes.edu.br¹

David Dias de Faria, davfaria@yahoo.com.br¹

¹Instituto Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus, Rodovia BR 101 Norte, Km 58, Bairro Litorâneo CEP 29.932-540.

Abstract. Aiming to improve the efficiency of the solid carburizing process, this work has as main objective, to analyze the interference of the granulometry of the raw material supplying carbon in the solid cementation. For solid cementation only charcoal was used in a stainless steel metal casing, the SAE 1020 steel was used. The results show that the lower value of granulometry provided a higher value of surface microhardness (975 HV), however smaller thickness of cemented layer. In the steel of higher particle size, a lower value of microhardness (625 HV) was observed, with a cementitious layer of 331.39 μm . The low value of cemented layer in the steel was attributed to the decarburizing process. It is recommended in future work to use less time in the oven.

Keywords: Solid cements, Steel SAE 1020, Mechanical testing.