

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO AQUECIMENTO POR MICRO-ONDAS NA TEMPERATURA DE SINTERIZAÇÃO DE UM AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO

EDERSON BITENCOURT DAS NEVES¹; ALICE GONÇALVES OSORIO²;
MARGARETE R. F. GONÇALVES³

¹Universidade Federal de Pelotas – edersonbn@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – osorio.alice@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – margareterfg@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A Metalurgia do Pó é um processo metalúrgico que abrange uma sequência de operações e processos a partir de pós-metálicos e não metálicos como matérias-primas, e consiste em compactar e/ou modelar a mistura no formato desejado e aquecê-la (etapa chamada de sinterização). Seu objetivo é melhorar a coesão da estrutura interna, com a característica específica de que a temperatura permanece abaixo da temperatura de fusão do elemento constituinte principal. Apresenta algumas vantagens como, por exemplo: controle rigoroso da composição química; perda mínima de matéria prima; bom acabamento superficial; uso mais eficiente de energia e boa tolerância dimensional (ASM, 2004; CHIAVERINI, 1992; THÜMLER E OBERACKER, 1993; GRUPO SETORIAL DE METALURGIA DO PÓ, 2009).

A aplicação de energia de micro-ondas surgiu durante a Segunda Guerra Mundial para ser utilizada como radar, tornando-se versátil em diversos campos, tais como: comunicações, processamento de alimentos, produtos de vulcanização de borracha, têxteis e madeira, medicamentos, reações químicas, secagem e sinterização do pó cerâmico, e assim por diante. O processamento de materiais de micro-ondas oferece muitas vantagens sobre os métodos convencionais de aquecimento; incluindo melhorias em reações e difusão cinéticas, tempos de ciclo relativamente muito mais curtos, microestruturas mais refinadas que conduzem a produtos de melhor qualidade e economia de energia (AGRAWAL, 2013).

Amostras sinterizadas por fornos resistivos são produzidas na geração de energia de “resistores” e apresentam baixas taxas de aquecimento e resfriamento, devido sua “inércia térmica”. Uma enorme vantagem quando se opta pela sinterização com uso de radiação micro-ondas é que se obtém uma alta taxa de aquecimento do material e de maneira mais uniforme. O uso de micro-ondas possibilita uma sinterização em elevadas temperaturas em curtos períodos de tempo desenvolvendo materiais de maior ou igual densidade relativa e menor tamanho de grão comparativamente à sinterização em forno resistivo (técnica mais utilizada em escala industrial).

Foi só em 1998 que experimentos de sinterização de pós metálicos utilizando energia de micro-ondas foram realizados pela Universidade do Estado da Pensilvânia nos Estados Unidos (EUA) e seus resultados publicados na revista *Nature* de 17 de Junho de 1999, abrindo um campo de atuação explorado desde então por outros pesquisadores (NATURE, 1999; AGRAWAL, 2008).

Este trabalho tem como objetivo determinar a temperatura de sinterização por energia de micro-ondas de pós de aço inoxidável austenítico do tipo 316L. Os resultados da pesquisa servirão de parâmetro para posterior reforço da matriz do inox 316L com a inclusão de partículas dispersas de carbeto de boro (B_4C).

2. METODOLOGIA

Foi utilizado pó de aço inoxidável 316L atomizado em água. O material foi adquirido junto à empresa Brats. A Tabela 1 apresenta a composição química típica do 316L.

Tabela 1- Composição química do aço inoxidável 316L

ABNT/SAE/AISI	C máx.	Mn máx	P máx.	S máx.	Si máx.	Ni	Cr	Mo
316 L	0,03	2,00	0,045	0,030	0,75	10-14	16-18	2-3

O trabalho foi dividido nas etapas de preparação e análise. Na primeira etapa foram realizadas as análises do pó de aço inoxidável por microscopia óptica e por difração de raios X. A seguir foram realizados os procedimentos experimentais com a conformação das pastilhas, utilizando uma matriz uniaxial de duplo efeito de diâmetro de 10 mm a uma pressão de compactação de 750 Mpa.

Foram aplicados os patamares de sinterização de 1000°C, 1100°C e 1290°C durante 15 minutos.

Na etapa de análise foi empregada a técnica de microscopia óptica para uma rápida análise de proporção de tamanho de grãos e porosidade da amostra.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta uma imagem do pó de aço inoxidável 316L captada no microscópio óptico com aumento em função das barras de escalas.

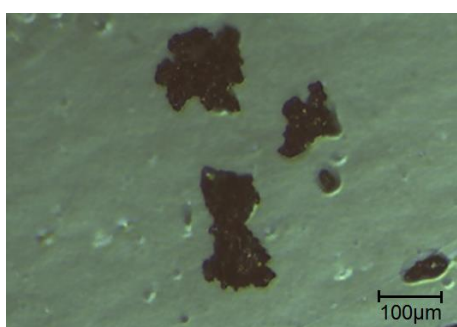


Figura 1: aço inox 316L

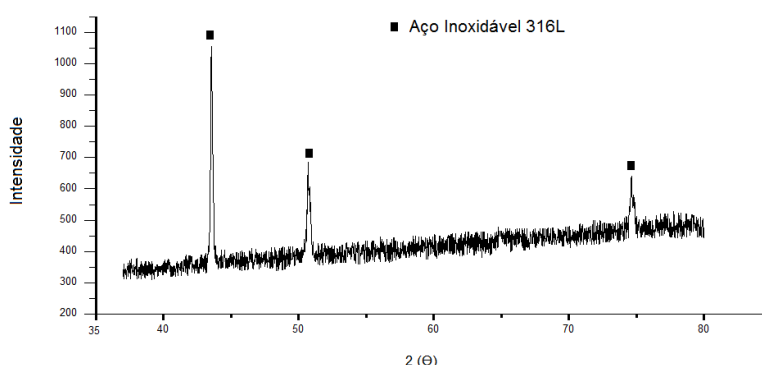


Figura 2: Difratograma do pó de aço inoxidável 316L

Podemos notar na Figura 1 que o pó apresenta uma forma irregular e aglomerada. A Figura 2 representa o difratograma com os picos característicos do aço 316L conforme a ficha cristalográfica JCPDS 33-0397.

Foram captadas imagens das amostras nos patamares de temperatura de 1000°C durante 15 minutos (Figura 3) e 1100°C durante 15 minutos (Figura 4).

A temperatura de 1290°C foi adotada conforme ensaios de análise térmica diferencial-DTA realizados em pó de aço inoxidável 316L por (FURUKAVA, 2007).

O ensaio DTA indica a temperatura de sinterização para processos em fornos resistivos não obtendo os mesmos efeitos em fornos micro-ondas, conforme resultados verificados na presente pesquisa. A amostra sinterizada a 1290°C por energia micro-ondas foi consumida (deteriorada) aproximadamente 50% do seu volume no processo e por essa razão foi rejeitada.

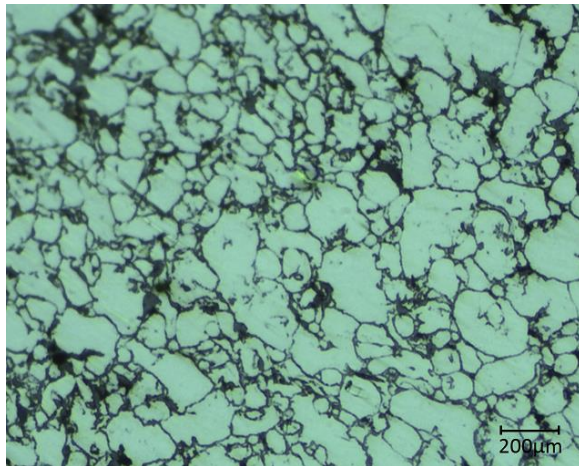


Figura 3: Sinterizado com temperatura 1000°C durante 15 minutos

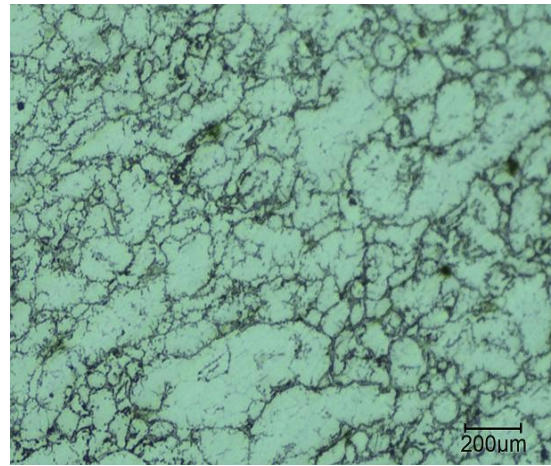


Figura 4: Sinterizado com temperatura 1100°C durante 15 minutos

As microestruturas resultantes ilustram uma similaridade na porosidade e tamanho grão das amostras para as temperaturas adotadas. Não se pode determinar somente por essas imagens o melhor parâmetro de trabalho que deverá ser adotado no reforço da matriz com B₄C. No entanto, há uma indicação que para temperaturas de 1000°C possam surtir efeitos similares a temperaturas mais elevadas, o que implica em uma redução de consumo de energia na produção dos sinterizados.

4. CONCLUSÕES

Essa pesquisa foi delimitada à sinterização por energia de micro-ondas nos pós de aço inoxidável do tipo 316L nas temperaturas de 1000°C e 1100°C durante 15 minutos. A finalidade do trabalho foi de investigar de maneira preliminar os efeitos da temperatura na sinterização dos pós.

Os resultados permitem dar continuidade ao projeto, que posteriormente será o reforço da matriz do aço inox pela inclusão de partículas dispersas de carbeto de boro com a finalidade de aumentar a sua dureza e resistência ao desgaste.

Estes estudos indicam duas faixas de temperaturas que deverão ser adotadas no trabalho. Somente após a realização dos ensaios de tribologia e dureza será determinado o parâmetro ideal de sinterização.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRAWAL, D. Microwave sintering of metal powders. **Woodhead Publishing Limited, Pennsylvania State University, USA**, 362-490, 2013.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM A 240/A 240M-99 . Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications. **Annual Book of ASTM Standards**. V.01. e 02. ASTM International: West Conshohocken, PA, 2004.

CHILLAR. P. AGRAWAL, D. ADAIR, J.H. **Powder Metallurgy**. Sintering of molybdenum metal powder using microwave energy. v.51 n.2, Pag.182-187, 2008.

CHIAVERINI, V. **Metalurgia do Pó-Técnicas e produtos**. 3º Edição. São Paulo. 1992.

FURUKAVA, M. **Sinterização de aço inoxidável reforçado com partículas nanométricas dispersas de carbeto de nióbio – NbC**. Tese de Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. RN. 2007.163p.

GRUPO SETORIAL DE METALURGIA DO PÓ, - **A Metalurgia do Pó, alternativa econômica com menor impacto ambiental**. Editora Metallum Eventos Técnicos, 1ª edição, São Paulo, 2009. ISBN 978-85-62404-00-9

ROY, R. AGRAWAL, D. CHENG, J. GEDEVANISHVILI, S. “Full sintering of powdered metals parts in microwaves”, **Nature**, 399, (June 17, 1999), 664.

THÜMMLER, F. and OBERACKER, R., **Introduction to Powder Metallurgy**. Ed. University Press, Cambridge, London, 1993.