

# EFEITO DA ALTA PRESSÃO NA SINTERIZAÇÃO DE METAIS FERROSOS RECICLADOS

Dias, E. K.<sup>1</sup>; Soares, S. R. S.<sup>1</sup>  
[sergeva2004@yahoo.com.br](mailto:sergeva2004@yahoo.com.br)

<sup>1</sup> Engenharia Mecânica – Campus Rondonópolis  
Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT  
Rodovia Rondonópolis-Guiratinga, KM 06 - CEP. 78735-901

## RESUMO:

Não é economicamente vantajoso reciclar produtos de ferro e aço via siderurgia ou fundição para se fabricar peças pequenas. Um processo alternativo para isso é a reciclagem de metais ferrosos através da técnica de Metalurgia do Pó. Dentre as várias etapas do processamento de materiais a partir do pó, a sinterização é de fundamental importância no desenvolvimento tecnológico deste processo de fabricação. No presente trabalho amostras de cavacos de aço provenientes de torneamento a seco e seus pós foram sinterizadas. As amostras de aço foram compactadas sob pressão de até 2700 MPa e simultaneamente sinterizadas num forno elétrico. A taxa de aquecimento, temperatura de sinterização e tempo foram 20°C/min, 1100°C and 90 min respectivamente. Neste caso, a alta pressão reduz significativamente a temperatura e/ou tempo de sinterização necessários para produção de compactos altamente densificados..

**PALAVRAS-CHAVE:** sinterização, alta pressão, metais ferrosos reciclados

## ABSTRACT:

*It is economically advantageous to recycle iron and steel products by melting and recasting them into semifinished forms for use in the manufacture of small parts. One alternative process to recycle ferrous metals is the powder metallurgy technique. Among many production stages involved in powder metallurgy, sintering has an essential importance in the technological development of this fabrication process. In the present work, samples of steel chip derived from lathe dry turning and its powder have been sinterized. The recycled steel samples were compacted under a pressure of 4000MPa and simultaneously sinterized in electric furnace. The heating rate, sintering temperature and time were 20°C/min, 1100°C and 90 min respectively. In this case, the high pressure significantly reduces the temperature and/or time of sintering necessary for production of highly densified compacts.*

**KEYWORDS:** *sintering, high pressure, recycled ferrous metals*

## INTRODUÇÃO

Aço é um material único porque sempre contém aço reciclado. Atualmente a produção mundial do aço e suas ligas depende cada vez mais de seus resíduos reciclados e a cada ano que passa, milhões de toneladas de produtos desse material tais como cavacos resultantes de usinagem, latas, dispositivos eletrônicos e automóveis são reciclados (Fendon, 1998).

A preocupação mundial com a reciclagem de resíduos tem levado indústrias a buscarem alternativas para o destino final dos mesmos. A metalurgia do pó é uma delas, pois pode-se por seu intermédio transformar esses resíduos ou cavacos em pó, e a partir disso fabricar peças de grande interesse para a indústria automotiva, eletrônica e aeroespacial.

Dentro desse contexto, pretende-se nesse trabalho, investigar através da metalurgia do pó o reaproveitamento de cavacos de um aço baixo carbono, obtidos a partir de operações de corte a seco. Peças produzidas a partir do pós de cavacos serão sinterizadas. Especificamente objetiva-se identificar nelas, o efeito da alta pressão na

sinterização do compactos sem a presença de fase líquida. Além disso serão investigados os mecanismos que provavelmente governam a cinética de sinterização das amostras.

## METODOLOGIA

O material de partida usado no presente trabalho foi pós de cavacos de aço baixo carbono obtidos através de moagem em alta energia. Na figura 1 é apresentado qualitativamente o tamanho de partículas do pó de aço e na tabela 1 a sua composição química medida a partir de um espectrômetro de Raios - X por energia dispersiva. Nesse último caso os valores são apenas indicativos, tendo uma grande imprecisão associada principalmente, aos problemas de correção de matriz em medidas de elementos leves tal como o carbono. Apesar disso, são coerentes com a típica composição química para um aço baixo carbono informada na literatura (Huijbregts, 1982). Amostras cilíndricas com 5 mm de diâmetro foram produzidas sob uma pressão uniaxial de até 2700 MPa e sinterizadas em atmosfera carbonetante sob uma taxa de

aquecimento de 20°C/min, temperatura de 1100°C e tempos de 90 minutos. Os compactos sinterizados foram caracterizados por medida de microdureza e microscopia óptica.

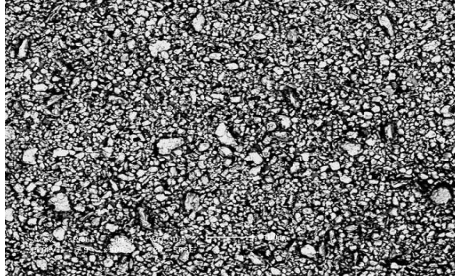


Figura 1. Granulometria do pó fino do aço baixo carbono (tamanho da barra = 100µm).

Tabela 1. Composição química elementar do aço de partida.

MATERIAL	COMPOSIÇÃO QUÍMICA ELEMENTAR (%)						
	Fe	Mn	S	Si	Al	Cr	C
AÇO	98,12	0,57	0,439	0,35	0,185	0,09	0,25

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2 é apresentado o comportamento da compactação das amostras em função da pressão aplicada. Como pode ser visto o aumento da pressão eleva a deformação dos pós e consequentemente a sua compactação. Isso se deve ao uso de alta pressão para compactá-los. O uso de altas pressões ( $P > 1,0$  GPa) é uma rota bastante promissora para melhorar as condições de sinterabilidade de materiais, porque, além de promover uma maior compactação do pó de partida, uma tensão externa aplicada irá somar-se à tensão superficial como força motriz para o processo de sinterização. Adicionalmente, pressões extremamente elevadas, como as usadas no presente trabalho, permitem a deformação plástica de materiais, promovendo um contato íntimo e extenso das partículas e eliminando poros e trincas. Isso tende a diminuir o tempo e/ou a temperatura necessárias para uma boa sinterização, evitando-se o crescimento excessivo de grãos, sem o uso de aditivos. Além disso, as pressões elevadas, provocam fratura nos grãos altamente encruados do aço baixo carbono, o que propicia um pó de partida para a sinterização mais fino, sem os riscos de contaminação presentes, quando são usados métodos de cominuição prévia do pó. No compacto de pó fino a sinterização sem fase líquida é provavelmente governada somente pelo mecanismo de recristalização e/ou crescimento de grão, enquanto naquele de cavaco sinterizado ela é governada pela ação simultânea desse mecanismo com a cominuição do aço (Soares, 2003).



Figura 2. Comportamento das curvas de compactação das amostras em estudo.

Na figura 3 são apresentadas as micrografia das amostras sinterizadas. Nota-se que sinterabilidade das amostras aumenta a medida que se eleva a pressão. Para esse pó compactado a 2,7 GPa e sinterizado a 1100°C, essa pressão é suficiente como força motriz adicional para que ele densifique rapidamente. Nesse caso, a microestrutura da AM03 é praticamente a mesma da original e foi obtida em temperaturas significativamente inferiores aquelas convencionalmente usadas ( $\approx 1300^\circ\text{C}$ ).

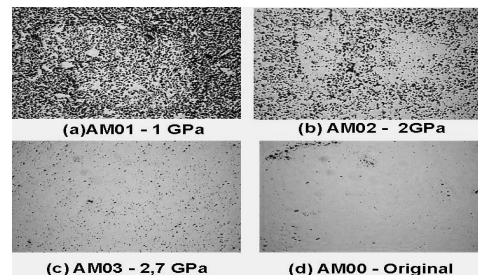


Figura 3. Micrografia das amostras: (a) AM01 (b) AM02 (c) AM03 e (d) AM00 (aumento 125x)

## CONCLUSÃO

A alta pressão reduz significativamente a temperatura de sinterização necessária para produção de compactos altamente densificados.

## REFERÊNCIAS

- Fenton, M. D., "Iron and Steel Recycling in the United States in 1998", <pubs.usgs.gov/of/2001/of01-224/of01-224.pdf >
- Huijbregts, W. M. M., 1982, "The influence of chemical composition of carbon steel on erosion Corrosion in wet steam", Les Renardieres, pp. 1-12.
- Gome, U. U. 1995 "Tecnologia dos Pós-fundamentos e Aplicações", Ed. Univeritária, Natal, Brasil, 160 p.
- Soares, S. R. S., "Sinterização de TiB<sub>2</sub> em Altas Pressões", Porto Alegre, Brasil, 124 p.

## DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso contido neste artigo.