

AÇOS SINTERIZADOS PARA USO EM INSERTOS DE ASSENTOS DE VÁLVULAS - PROCESSAMENTO E CARACTERIZAÇÃO

I. P. dos Santos, J. L. Rossi
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN, CNEN/SP
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 - Cidade Universitária
05508-00 São Paulo - SP
passos.igor88@usp.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi propor potenciais materiais para utilização na indústria automotiva, mais especificamente ligas metálicas aplicadas na produção de insertos de assentos de válvulas. A pesquisa foi dividida em etapas como segue a produção via metalurgia do pó: seleção dos componentes para as ligas metálicas estudadas, aquisição e preparo de cada um dos pós metálicos, caracterização microscópica dos componentes da liga, definição das proporções a serem usadas, mistura das ligas, compactação a frio em prensa uniaxial, sinterização das peças de acordo com ciclo térmico e atmosfera específicos, realização de ensaios de dureza e resistência à compressão radial. Os insertos produzidos com a liga M3/2 mostraram-se mais vantajosos em relação aos demais tendo apresentado melhor desempenho nos ensaios de dureza e resistência à compressão radial.

Palavras-chave: inserto, assento de válvula, metalurgia do pó, sinterização, aço-ferramenta.

INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos tempos, os processos de produção industrial tornaram possível a criação de produtos cada vez mais otimizados, minimizando o desperdício de matéria prima e custos para a produção. Na busca de atender tais imposições, grandes empresas, centros universitários e pesquisadores têm investido tempo e dinheiro em variados setores do conhecimento humano. Dentre eles há um setor denominado ciência dos materiais, onde destaca-se um ramo chamado metalurgia do pó (M/P). Algumas vantagens dessa técnica são possibilidade de misturas não viáveis por outros meios, redução de massa gerada pela utilização de ligas leves na composição e, em alguns casos, propriedades mecânicas superiores às encontradas em materiais convencionais.

O objeto de estudo deste trabalho são os insertos de assento de válvulas, peças com o formato de um anel que são inseridas no cabeçote dos veículos à

combustão interna, vide Figs. 1 e 2. Sua finalidade é promover um par tribológico mais adequado com o assento das válvulas, permitindo melhores índices de estanqueidade da câmara de combustão e maior longevidade do conjunto. O funcionamento do par válvula-inserto passa por etapas diferentes para o conjunto de exaustão e de admissão. No primeiro deles, existe maior possibilidade de ocorrer oxidação do conjunto, devido às altas temperaturas a que são submetidas as peças (cerca de 350 °C a superfície do inserto e 700 °C no assento da válvula). A resistência à oxidação dos materiais envolvidos é um fator de grande importância. ⁽¹⁾.

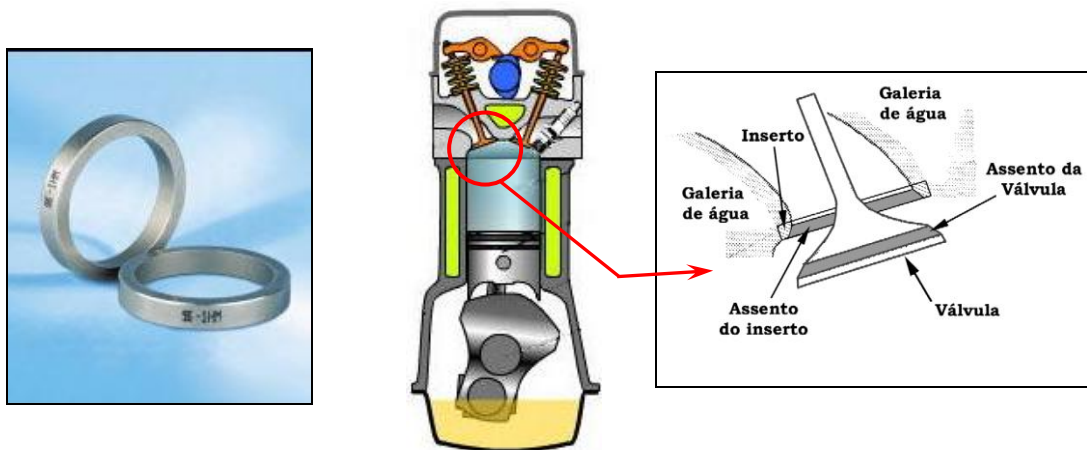


Figura 1. Imagem de **Figura 2.** Desenho esquemático mostrando a inserção dos inserts nos assentos de posição onde o inserto é colocado no motor. válvulas.

A divisão do trabalho em duas etapas foi adotada para simplificar sua realização e descrição. Primeiramente obteve-se os materiais de estudo, depois sinterizou-se os inserts em diferentes misturas de ligas metálicas. A segunda etapa teve como objetivo avaliar esses materiais quanto sua densidade após a sinterização, dureza e resistência à ruptura radial.

MATERIAIS E MÉTODOS

A estruturação da composição química das ligas estudadas foi avaliada levando em consideração vários aspectos e requisitos. Os requisitos de resistência a abrasão, resistência a alta temperatura, resistência mecânica, corrosão e usinabilidade. A escolha de cada um dos componentes de liga justificou-se por:

- **Fe** - Reduz a temperatura de sinterização e no custo da matéria-prima;
- **MnS** - Reduz o atrito durante a operação de usinagem da sede do assento, bem como promove melhorias na usinabilidade das peças;

- **Estearato de zinco** - Cera em pó usada para facilitar a remoção das peças após compactação;
- **Cu** - Aumenta a usinabilidade, a condutibilidade térmica, elimina o efeito de corte intermitente e ativa o processo de sinterização por fase sólida⁽²⁾;
- **NbC** - Aumenta a resistência mecânica da peça;
- **Aço rápido AISI M3/2** - Utilizado na composição da liga desenvolvida e testada no trabalho precursor desta pesquisa⁽³⁾;
- **Aço rápido AISI D2** - Possui grande resistência ao desgaste abrasivo e adesivo;
- **Aço rápido AISI M2** - Apresenta elevada manutenção de dureza a quente;
- **C (grafite)** - Reduz o coeficiente de atrito das ligas.

Tabela 1. Composição da mistura de ligas metálicas propostas (% massa).

Mistura	Liga M3/2	Liga M2	Liga D2
Aço rápido AISI D2	--	--	43,6
Aço rápido AISI M2	--	43,6	--
Aço rápido AISI M3/2	43,6	--	--
Fe - ASC (*)	43,6	43,6	43,6
NbC	2	2	2
C (grafite)	0,3	0,3	0,3
MnS	0,5	0,5	0,5
Cu (infiltrante)	10	10	10
Estearato Zn	0,8	0,8	0,8

(*) Pó de Fe - ASC Höganäs. -- Ausente.

Todos os pós utilizados na composição da mistura de ligas foram passados por peneiras de granulometria 230 Mesh, o que corresponde a uma abertura média de 65 µm. O processo de peneiração foi realizado para remover impurezas dos pós e garantir uniformidade para as ligas.

A morfologia do pó de aço rápido AISI M3/2 mostrou-se diferente da observada nos aços AISI M2 e AISI D2, tendo as partículas do aço AISI M3/2 um aspecto irregular mostrado na Fig. 3a) enquanto os pós dos aços AISI M2 e AISI D2 tem um aspecto esférico - Figs. 3b e 4a, respectivamente. A diferença entre o aspecto microscópico dos pós de aço AISI M2 e AISI D2 em relação ao pó de ferro - Fig. 4b - mostra como este último tem importância na composição das ligas, ajudando no

processo de compactação graças ao formato irregular que apresenta.

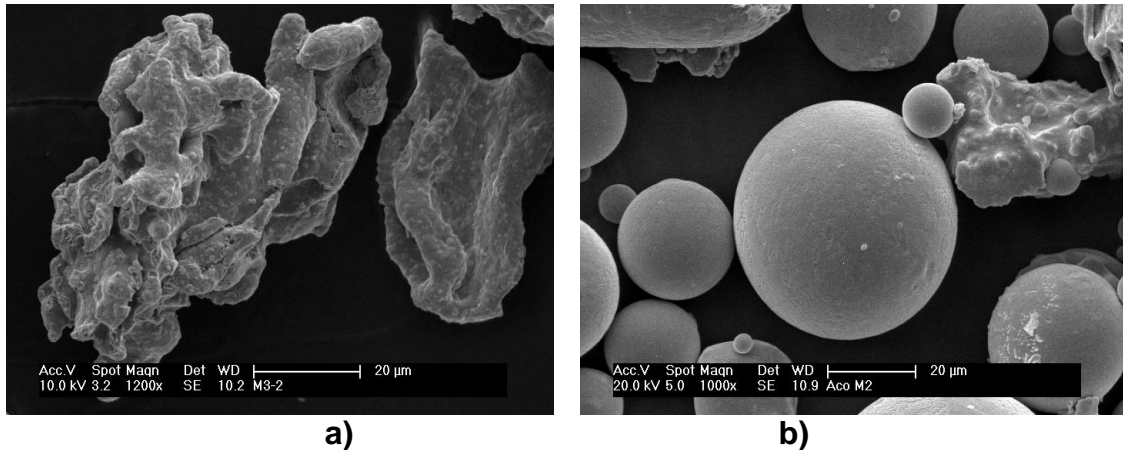


Figura 3. a) Micrografia com elétrons secundários obtida por MEV, mostrando o aspecto irregular do pó de aço rápido AISI M3/2. **b)** Micrografia obtida por MEV, com aspecto esférico do pó de aço rápido AISI M2.

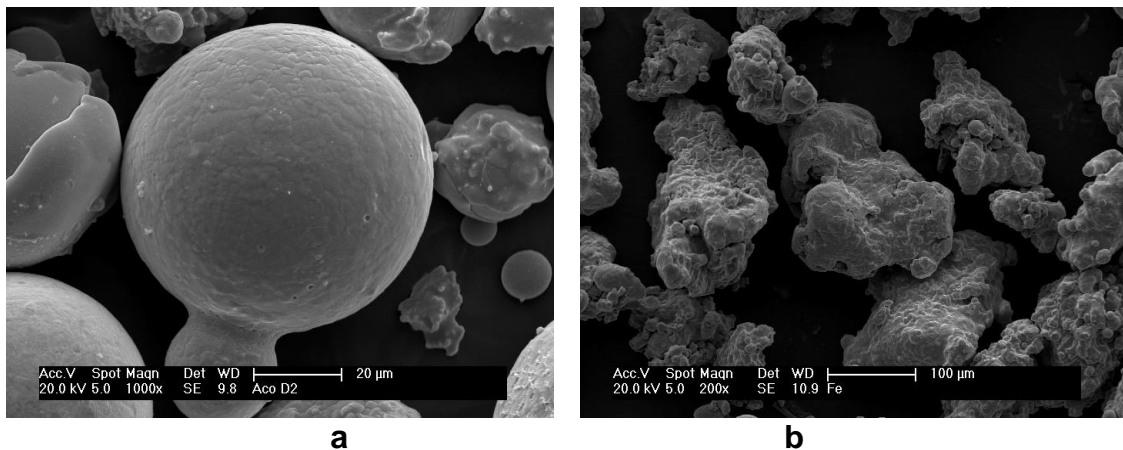


Figura 4. a) Micrografia com elétrons secundários obtida por MEV, com aspecto esférico do pó de aço rápido AISI D2 **b)** Micrografia obtida por MEV, com aspecto irregular do pó de Fe.

Cada uma das misturas de ligas foi processada por 5 minutos a 1715 RPM em um misturador do tipo Lödige, que deve ser usado por curtos intervalos de tempo para não prejudicar a resistência à verde das peças⁽⁴⁾. Todos os componentes listados na Tab.1 foram postos para serem misturados, exceto o cobre, que foi compactado separadamente e adicionado aos inserts por infiltração, durante o processo de sinterização por dois corpos, vide Fig. 5a). As ligas foram compactadas na forma de anéis com pressão de compactação de 700 MPa, utilizando-se uma prensa semi-automática uniaxial com capacidade para 100 toneladas força, vide Fig. 5 b) onde é mostrado o desenho esquemático com dimensões nominais.

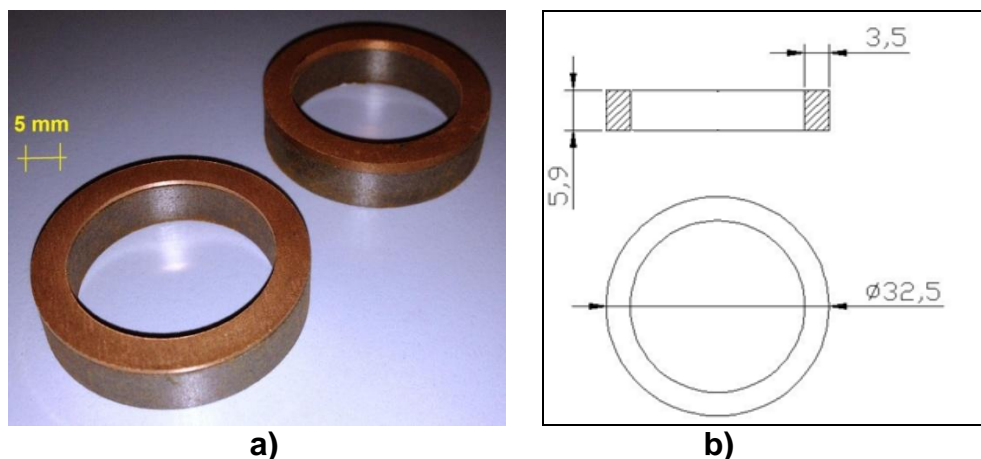


Figura 5. a) Desenho técnico, vista frontal em corte e superior do inserto, dimensões em mm. **b)** Insertos com anéis de cobre por cima, como foram colocados no forno para sinterização em dois corpos.

A sinterização das amostras foi realizada em forno industrial contínuo em atmosfera com 70% de hidrogênio e 30% nitrogênio, à 1150 °C durante 40 minutos. Foi observado um patamar de 35 minutos a 600 °C para que o estearato de zinco fosse eliminado.

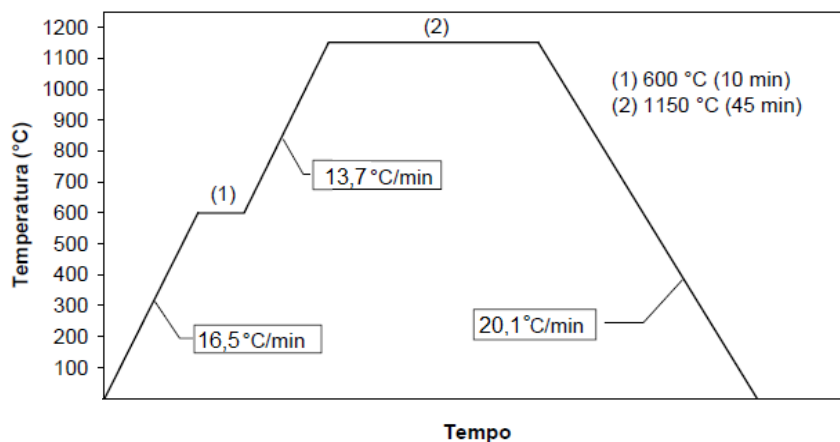


Figura 6. Ciclo térmico de sinterização adotado no tratamento dos insertos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizou-se a norma ASTM C373-88⁽⁵⁾ para medição de densidade hidrostática. Os ensaios de resistência à ruptura radial foram conduzidos de acordo com a norma MPIF 35⁽⁶⁾. Os ensaios para determinação da dureza aparente do material foram feitos na escala Vickers (HV), de acordo com a norma ASTM E-92-82⁽⁷⁾. A Tab. 2 mostra os valores e desvios padrão dos testes realizados.

Tabela 2. Densidade aparente sinterizada, dureza e resistência radial das ligas

Materiais	Hidroestática g/cm ³	Dureza HV ₁₀₀	Resistência radial MPa
Liga M3/2	7,23 ± 0,01	531 ± 56	1024 ± 32
Liga M2	7,39 ± 0,01	456 ± 21	595 ± 48
Liga D2	7,33 ± 0,01	410 ± 22	945 ± 81

A liga feita com aço rápido AISI M3/2 se igualou às demais nas medições de densidade dos insertos obtidos, como mostram a Tab. 2 e a Fig. 7a. Tal efeito ocorre devido às mesmas características na composição das ligas terem sido observadas, bem como a pressão de compactação, temperatura e atmosferas de sinterização.

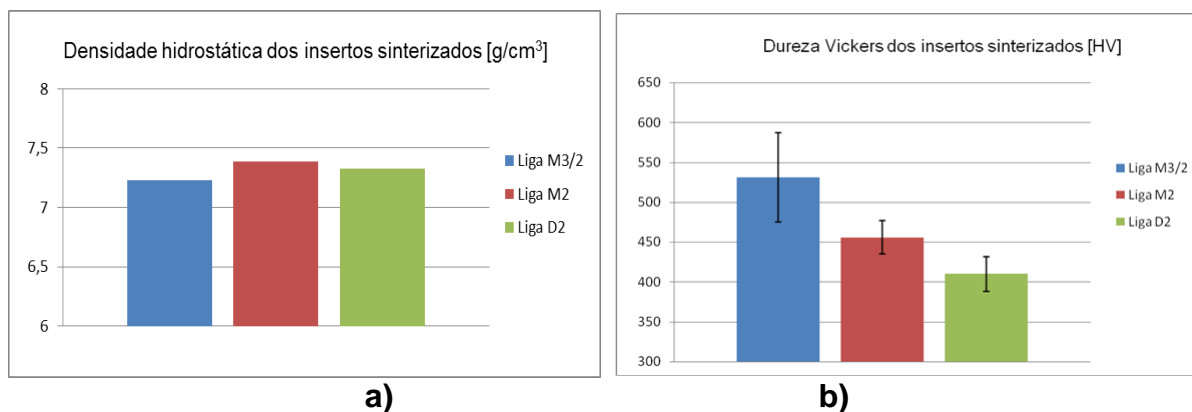


Figura 7. a) Variação da densidade geométrica (g/cm³) para as diversas misturas usadas após sinterização. **b)** Variação da dureza Vickers HV₁₀₀, para as diversas misturas usadas após sinterização.

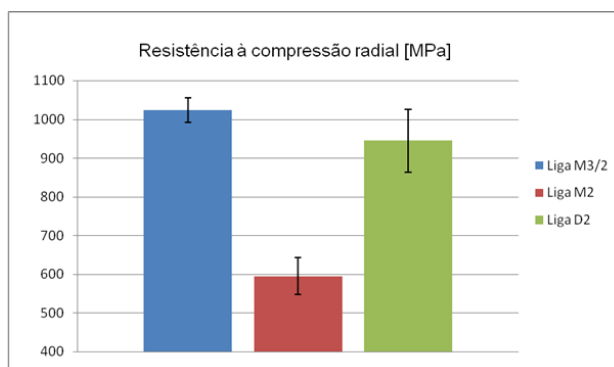


Figura 8. Variação da resistência à compressão radial em (MPa) para as diversas misturas usadas após sinterização.

Os insertos obtidos com a liga AISI D2 tiveram os menores valores nos ensaios de dureza, indicados na Fig. 7b) e na Tab. 2. Já sua resistência à compressão radial - Fig. 8 - mostrou-se maior que a da liga M2 e compatível com as peças obtidas com a liga M3/2 quando se considera o desvio padrão das medidas. Tal ocorrência se

deve à maior quantidade do elemento cromo⁽⁸⁾ na composição do aço rápido AISI D2 quando comparado ao aço rápido AISI M2.

CONCLUSÕES

Os insertos produzidos com a liga metálica denominada AISI M3/2 mostraram-se mais vantajosos em relação aos demais por terem apresentado melhor desempenho nos testes de dureza e resistência à compressão radial. Dessa forma tendem a preservar suas dimensões originais por mais tempo durante o uso, prolongando a vida útil das peças e permitindo estanqueidade regular na câmara de combustão dos motores.

Em contrapartida os insertos obtidos com a liga AISI D2 tiveram medições para valores de dureza menores que as da liga M3/2. Por se tratar de peças que requerem tratamento de usinagem antes do processo de montagem, a liga AISI D2 tende a agredir menos as ferramentas de corte do que a liga AISI M3/2, devido a sua dureza inferior em relação a esta última. Como ambas apresentaram valores semelhantes nos ensaios de resistência à compressão radial – quando se considera o desvio padrão da medida - a liga AISI D2 é uma possível alternativa ao uso de insertos obtidos com a liga M3/2.

REFERÊNCIAS

- [1] JESUS FILHO, E. S. **Processamento, Usinagem e Desgaste de Ligas Sinterizadas para Aplicações Automotivas**. 2006. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear - Materiais) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo. p. 54 a 72.
- [2] NISSAN MOTOR. A. Fujiki; T. Aoki; K. Marumoto; M. Yoshida; H. Tanaka. Mixed powder metallurgy process. **US Pat.** 2001037842. Nov. 8, 2001.
- [3] SALGADO, L.; AMBROZIO FILHO, F.; ROSSI, J. L.; LEAL NETO, R. M.; HERRMANN FILHO, C. R.; COLOSIO, M. A. P/M high-speed steels for valve seat insert application. **SAE Transactions**. V. 110, p. 261 - 264, 2002.
- [4] ORLANDIN, J.; CARVALHO, M.; PEGORER, R. **A Metalurgia do Pó**. Grupo Setorial de Metalurgia do Pó. Metallum Eventos Técnicos, 2009. p. 151 a 154.
- [5] ASTM C 373-88 ASSOCIATION STANDARD TEST METHODS INTERNATIONAL. **Standard test method for: Water absorption, bulk density, apparent porosity and apparent specific gravity of fired whiteware products**. ASTM, 1999. (ASTM C 373-88).
- [6] MPFI Standard 35 METAL POWDER INDUSTRIES FEDERATION. **Method for determination of crunch radial strenght**. 1965. (MPFI Standard 35).

[7] ASTM E 92-82 ASSOCIATION STANDARD TEST METHODS INTERNATIONAL. **Standard test method for: Vickers hardness of metallic materials.** ASTM 1982. (ASTM E 92-82).

[8] GROOVER, M. P. **Fundamentals of Modern Manufacturing. Materials, Processes and Systems.** John Wiley, 2010. p. 344-362.

PROCESSING AND CHARACTERIZATION OF SINTERED STEEL FOR USE IN VALVE SEAT INSERTS

Nuclear and Energy Research Institute, IPEN–CNEN/SP

Abstract

The aim of this study was to propose potential materials for use in the automotive industry, specifically alloys applied in the production of inserts valve seats. The research was divided into steps as follows production by powder metallurgy: selecting components for the studied alloys, acquisition and preparation of each of the metal powders, microscopic characterization of alloy components, defining the proportions to be used, a mixture of alloys in uniaxial cold compaction presses, sintering the parts according to thermal cycle and specific atmosphere, hardness tests, resistance to radial compression and microstructural analysis by scanning electron microscopy.

Keywords: insert, valve-seat, powder metallurgy, sintering, tool steel.

AGRADECIMENTOS

À empresa Höganäs Brasil Ltda .nas pessoas do Eng. Henrique Lopes, Leandro Albuquerque e Márcio Carvalho, pelo fornecimento de amostras. À empresa Metalpó Indústria e Comércio Ltda. nas pessoas do Eng. Marcelo Mantovani Iasi e José Ricardo, pela sinterização dos inserts. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq Brasil pela bolsa de Mestrado para I. P. dos Santos.