

# Estudo e Determinação de Propriedades de uma Liga Fe-Ni-C utilizada como Sede de Válvula de Admissão de Automóvel

Arão de Matos Dias, Dr Eng

## Resumo

Este trabalho envolve a análise de uma liga Fe-Ni-C utilizada como sede de válvula de admissão de motor de automóvel. Basicamente, são analisadas as propriedades de densidade, dureza e resistência à ruptura radial dos anéis sinterizados em três ligas diferentes; Fe-2.5C-2.5Ni, Fe-1.5C-2.5Ni e Fe-1.5C-3.5Ni. Uma análise metalográfica foi realizada para verificação da microestrutura resultante. As exigências foram atendidas para a utilização da peça, tanto no aspecto de dureza, como no de resistência a ruptura radial.

## Abstract

This work involves the analysis of a Fe-Ni-C alloy used as admission valve seat for automobile engine. Basically, density, hardness and radial rupture strength are analysed considering sintered rings with 3 different alloys: Fe-2.5C-2.5Ni, Fe-1.5C-2.5Ni and Fe-1.5C-3.5Ni. Metallographic analysis was carried out to verify the material microstructure.

## Introdução

A fabricação de peças sinterizadas para automóveis vem, cada vez mais, ganhando mercado pela sua competitividade e facilidades que oferece em relação a custos, alta produtividade, qualidade dos produtos, etc. Pequenas e grandes empresas, que fornecem componentes para montadoras, na luta para manter-se no mercado, estão procurando processos alternativos e competitivos com o objetivo, principalmente, de reduzir custos do produto final. A metalurgia do pó (MP), em relação aos aços estruturais, tem como características principais, além da alta produtividade, o baixíssimo custo e a reprodutibilidade das propriedades mecânicas e dimensionais. E na maioria dos casos, proporciona produtos com tolerâncias estreitas, que não necessitam de acabamento posterior.

Produtos da metalurgia do pó são escolhidos de acordo com aplicações específicas por uma (ou uma combinação) de duas razões principais<sup>1</sup>:

- Porque a M/P oferece redução de custo em termos de componentes acabados (*finished*), quando comparado com processos alternativos.

- Porque um processo que parte de um pó permite a obtenção de um produto característico, o qual seria impossível (ou, no mínimo, difícil) de obter-se por um método convencional.

Em relação ao custo do produto final, a economia de energia e a utilização da matéria-prima tem grande influência sobre o custo do produto fabricado pelo processo de metalurgia do pó. A tabela 1<sup>1</sup> traz uma comparação da M/P com outros processos metalúrgicos de fabricação mais convencionais.

Tabela 1 - Utilização de matéria-prima e energia de vários processos de fabricação.<sup>1</sup>

Processo de fabricação	Utilização de matéria-prima, %	Energia necessária, MJ (por Kg de peça acabada)
Fundição	90	30 - 38
Sinterização	95	29
Extrusão a frio ou a morno	85	41
Forjamento a quente em matriz fechada	75 - 80	46 - 49
Processos de usinagem	40 - 50	66 - 82

O objetivo deste trabalho foi analisar as propriedades de um anel sinterizado (sede de válvula) fabricado pelo processo convencional de metalurgia do pó: compactação em matriz metálica e sinterização. Neste trabalho estudou-se o comportamento de uma liga Fe-Ni-C, variando-se o teor de níquel e o teor de grafite com o objetivo de melhorar as propriedades, principalmente quanto à resistência à compressão radial do anel.

## Procedimento Experimental

A liga em estudo, utilizada no componente sede de válvula de admissão, atende os motores Ford Engine HCS-SOHC-1.0 / e Engine HCS-SOHC-1.6 l. A Figura 1 mostra um desenho esquemático onde o componente é inserido. E a Figura 2 apresenta uma foto das peças.

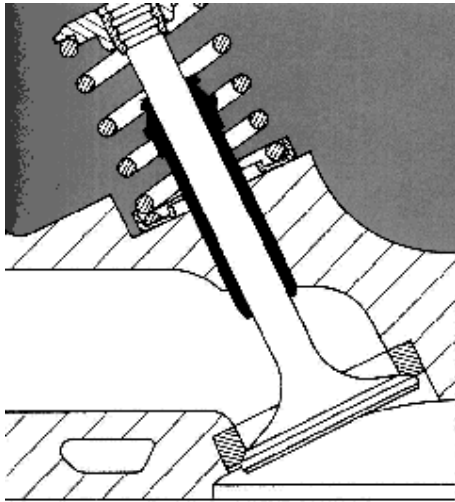


Figura 1 – Desenho esquemático mostrando a peça insertada

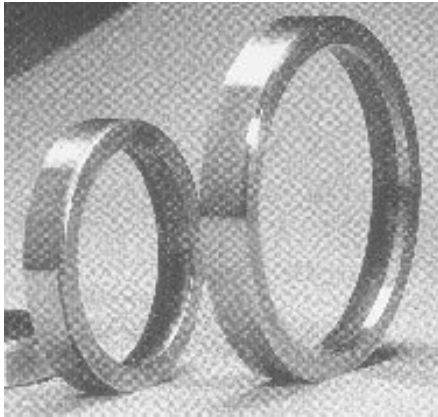


Figura 2 – Foto das peças em estudo.

O pó de ferro utilizado foi o Trifer DS 205 (empresa Belgo Brasileira), atomizado a água.

Para o carbono da liga, foi utilizado o pó de grafite da empresa TIMCAL.

Para a confecção da liga, foram ainda adicionados pó de níquel -325 mesh de acordo com a tabela 2.

Tabela 2 - Ligas Fe-Ni-C em estudo.

Liga	Composição (% em peso)
A	Fe-2.5C-2.5Ni
B	Fe-1.5C-2.5Ni
C	Fe-1.5C-3.5Ni

Na fabricação do componente, sede de válvula, os pós, depois de misturados, foram compactados para atingir uma densidade média de 7.5 g/cm<sup>3</sup>. A sinterização foi realizada em forno contínuo a 1120<sup>o</sup>C, por 1 h, e em atmosfera N<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>.

## Resultados e Discussão

Utilizando-se o método de Arquimedes, as densidades medidas nas três diferentes ligas são apresentadas na tabela 3. As durezas medidas, em HR<sub>B</sub>, também são mostradas nesta tabela.

Tabela 3- Densidade e dureza das ligas.

Liga	Densidade g/cm <sup>3</sup>	Dureza HR <sub>B</sub>
A	7.45 - 7.46	94 - 96
B	7.52 - 7.56	96 - 97
C	7.56	95 - 97

As propriedades dimensionais foram controladas de acordo com a norma ASME Y14,5M-1994.

No teste de compressão radial do anel, foi utilizada a norma DIN 30911 (parte 2), 1990. De acordo com a norma, a resistência à compressão (ou ao esmagamento), K, é dada pela fórmula<sup>2</sup>:

$$K = [6F(d_2+d_1)]/[\pi b_1(d_2-d_1)]$$

onde tem-se:

K - resistência ao esmagamento (N/mm<sup>2</sup>)

F - força em que o anel rompe (N)

d<sub>2</sub> - diâmetro externo do anel (mm)

d<sub>1</sub> - diâmetro interno do anel (mm)

b<sub>1</sub> - espessura do anel (mm).

Os testes de compressão foram realizados em uma máquina universal de ensaios mecânicos modelo Wolpert 12ton. Os resultados mínimos, máximos e médios são apresentados na tabela 4. A Figura 3 apresenta os valores de resistência à compressão

para todos os corpos de prova ensaiados. A velocidade de deformação foi muito pequena, e o tempo de aplicação de carga até o rompimento ficou em torno de 20 segundos.

Tabela 4 - Resistência à compressão das ligas estudadas.

Liga	Resistência à compressão radial, MPa	Resistência à compressão radial média, MPa
A	510 - 639	579
B	663 - 790	728
C	654 - 817	737

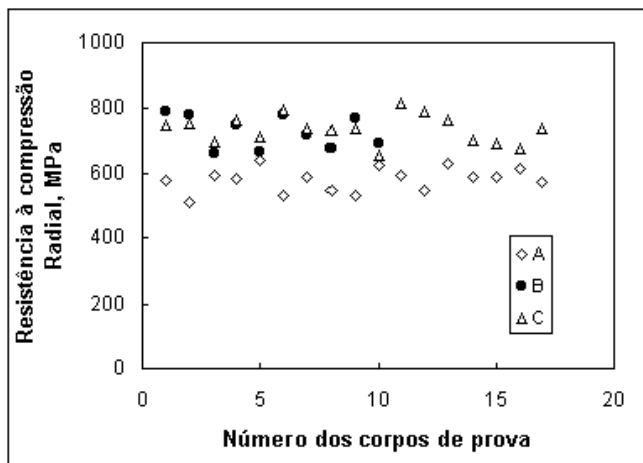


Figura 3 - Resistência à compressão radial para os corpos de prova ensaiados.

A figura 4 mostra uma metalografia da liga Fe-Ni-C, onde percebe-se uma textura perlítica praticamente homogênea, indicando uma boa difusão de grafita no ferro metálico. Pequenas evidências de porosidade remanente, comprovadas pela análise de densidade, e presença de inclusões não-metálicas/intermetálicos, também podem ser observados na foto.

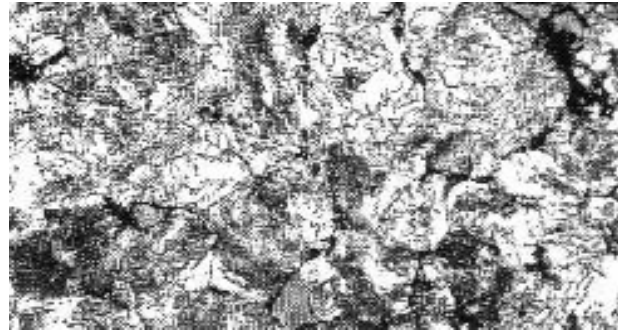


Figura 4 - Microestrutura da liga Fe-Ni-C. Cortesia: Lunko Metalurgia.

## Conclusões

O teor de grafite adicionado foi reduzido com o objetivo de aumentar a resistência à compressão do anel. O nível de grafite livre é muito elevado para estes teores de adição. Posteriormente, o níquel foi elevado para 3.5%, procurando aumentar a sinterabilidade da liga. Só desta forma foi atingida a resistência mínima exigida para o componente.

## Referências Bibliográficas

1. David Whittaker. Process economics and technological advances in P/M automotive parts. Int. Journal of Powder Metall. Vol.3, n.3, May-Jun 1988. P. 53-62.
2. Norma DIN 30911, parte 2: Sintermetalle Sint-Prüfnormen (SPN). Prüfung der radialen Bruchfestigkeit. Oktober 1990.