

# CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL E MECÂNICA DE LIGA DE ALUMÍNIO DE PEÇA AUTOMOTIVA

<sup>1</sup>Luiz Gustavo Sousa Vasconcelos, luis\_g\_183@hotmail.com

<sup>1</sup>Rony Lucio de Lima, rony\_ufmt@hotmail.com

<sup>1</sup>Carlos Triveño Rios, triveno@ufmt.br

1-Engenharia Mecânica, ICAT-CUR-Universidade Federal de Mato Grosso, Rod. Guiratinga, km 06, Rondonópolis – MT, Brasil, CEP: 78735-901

**RESUMO:** As ligas de alumínio proporcionam variedade de propriedades para peças fundidas. Devido a isso, as aplicações de algumas ligas de alumínio fundidas envolvem peças automotivas como cabeçotes, blocos de motor e pistões, que necessitam de precisão e resistência em sua fabricação. No presente trabalho, um pistão de composição convencional foi selecionado. Com essa peça em mãos foram feitas a caracterização mecânica (compressão a frio e dureza Vickers) e microestrutural (microscopia ótica). As amostras foram provenientes do anel e da cabeça do pistão, bem como obtidas de lingote em forma de cunha em forno de resistência. Os resultados mostraram que o refinamento dos grãos do pistão de alumínio proporcionou melhores propriedades que amostras de granulação grosseira com presença de fases intermetálicas sendo, então, esse refinamento necessário para que o pistão resista aos ciclos de esforços impostos em trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ligas de alumínio, fases intermetálicas

**ABSTRACT:** The aluminum alloys gives cast mechanical pieces diversity of properties. Because of this, the application of some cast aluminum alloys embraces automobile pieces like engine head, engine block and pistons, which need accuracy and strength. On this present investigation, an conventional chemistry composition piston was selected. With this piece in hands were done the microstructural (by optical microscopy) and mechanical (cold compression and Vickers hardness test) characterization. The samples were drawn from the ring and head of the scrapped piston as well as the ones obtained like cast wedge-shaped ingots in resistance furnace. The results shown that refinement of aluminum piston's grains gave better properties than coarse grained samples with intermetallic phases. So, this refinement is necessary for the piston to resist effort cycles in work.

**KEYWORDS:** aluminum alloys, intermetallic phases

## INTRODUÇÃO

As ligas à base de Al-Si são as mais importantes e amplamente usadas na indústria da fundição. A presença de Si em conteúdos próximos ao ponto eutético fornece fluidez ao metal líquido. A presença de Cu melhora substancialmente a resistência e a dureza dos materiais fundidos e tratados termicamente. Por outro lado, Fe e Mn são adicionados de forma intencional a fim de fornecer propriedades especiais ao material fundido. Dependendo da pureza do material base, parte dos elementos de liga e impurezas serão parte da solução sólida Al- $\alpha$  e o remanescente precipitará em forma de compostos intermetálicos nos contornos de grão e entre os braços dendríticos, tal como plaquetas da fase Al<sub>5</sub>FeSi- $\beta$  prejudiciais para as ligas à base de Al-Si (Cáceres *et al.* 1999).

De acordo com Arias-Paz (2006), o alumínio se comporta muito bem em peças com paredes finas e permite a reprodução de detalhes complexos através da técnica de fundição, tal como as observadas nos pistões automotivos. O objetivo do presente trabalho foi caracterizar a microestrutura e propriedades mecânicas de um pistão automotivo sucateado e um pistão fundido em coquilha de cunha.

## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A composição química, assumida no presente trabalho, do pistão automotivo (tipo sucata) segundo Chastain (2004) corresponde à liga de alumínio SAE 332, cuja composição química é mostrada na tabela 1.

**Tabela 1.** Composição química da liga de alumínio SAE 332

Liga SAE	Composição Química (% em peso)								
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ni	Zn	Ti	Outros
332	8,5-10,5	1,20	2,0-4,0	0,5	0,5-1,5	0,5	1,0	0,25	Al - Bal.

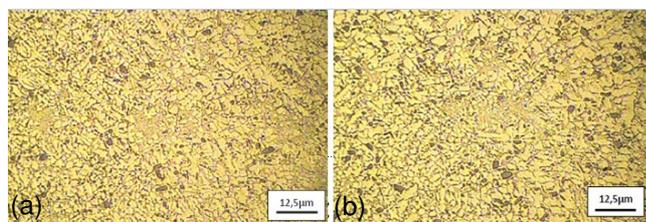
Através de cortes seccionais com meio refrigerante H<sub>2</sub>O, foram retiradas 3 amostras da cabeça (lado grosseiro) e 3 do anel (lado fino) do pistão. Para fundição em molde metálico com forma de cunha (coquilha) pistões do mesmo tipo foram fundidos em forno de resistência e seguidamente vazados no interior do molde. Posteriormente, amostras foram retiradas de 04 pontos do lingote em cunha, como mostrado na parte interna da Fig. (3). Todas essas amostras foram preparadas por metalografia convencional e depois atacadas quimicamente por imersão, durante 30 s, em uma solução aquosa de hidróxido de sódio (10%).

A caracterização microestrutural foi realizada em microscópio ótico KONTROL utilizando ampliações de 100X e 800X. Por outro lado, a caracterização mecânica

foi realizada por ensaios de compressão a frio ( $\sim 25^{\circ}\text{C}$ ) em uma máquina EMIC DL-60000 e velocidade de compressão de 5mm/min. A base dos corpos de prova para ensaio de compressão foi quadrada: 4mmx4mm por 8mm de altura. O ensaio de dureza foi realizado em um microdurômetro (marca DIGIMESS) com uma carga de 200 gf por um tempo de impressão de 20s. O valor médio da dureza apresentada corresponde a 06 impressões Vickers.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

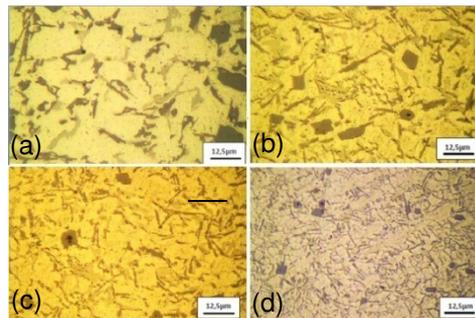
As imagens apresentadas na Fig.(1) correspondem a micrografias óticas típicas do lado do anel e da cabeça do pistão, respectivamente. A Figura 1a, do lado do anel (espessura fina), apresenta uma microestrutura bastante refinada e é parecida com a Fig. (1)b, do lado da cabeça. Em ambos os casos, a matriz é constituída de fase Al- $\alpha$  com morfologia dendrítica equiaxial, com espaçamentos de braços dendríticos que variam de  $\lambda_2 = 1,0$  a  $2,0\mu\text{m}$ .



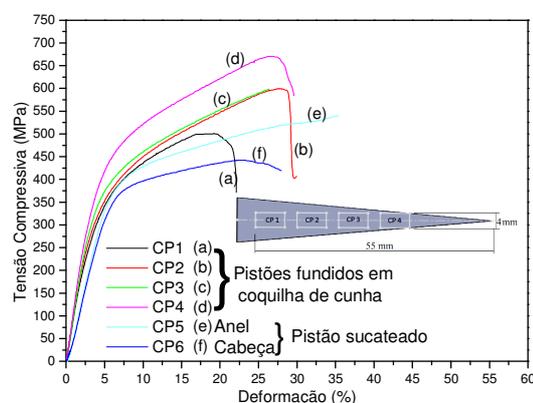
**Figura 1.** Microestruturas óticas de liga de pistão automotivo: (a) lado do anel (espessura fina) e, (b) lado da cabeça (espessura grossa)

Nas micrografias das amostras do pistão fundido em coquilha de cunha observa-se uma evolução microestrutural sendo mais fina na Fig. (2)c e mais grosseira na Fig. (2)a. Nessas figuras é possível observar fases intermetálicas  $\text{Al}_3\text{FeSi-}\beta$  e  $\text{Al}_{15}(\text{Fe,Mn})_3\text{Si}_2$  e espaçamento de braços dendríticos maiores, tal como  $\lambda_2 = 1,6$  a  $3,0\mu\text{m}$  para a amostra mais fina (Fig. 2a), indicativa da baixas taxas de resfriamento no lingote em cunha. Na Figura 3 estão apresentadas curvas de tensão compressiva-deformação de amostras do pistão sucateado e do pistão fundido em coquilha de cunha.

Observa-se que a tensão de escoamento,  $\sigma_{0,2\%}$ , das amostras do lado do anel e da cabeça do pistão são maiores (351 e 348 MPa) que a amostra fundida com microestrutura mais refinada (297MPa) da Fig. (2)c. A microdureza variou de  $110\pm 5\text{HV}$  (região mais grosseira, Fig. 2a) para  $132\pm 8\text{HV}$  (região mais fina, Fig. 2c) nas amostras fundidas em cunha. Porém, não se observou diferenças significativas de microdureza da região fina do pistão fundido em coquilha de cunha com amostras do anel e da cabeça do pistão sucateado que apresentaram uma dureza de  $134\pm 6\text{HV}$ .



**Figura 2.** Microestruturas óticas de liga automotiva fundida em molde de cunha, de diferentes pontos da cunha: (a) CP-1, (b) CP-2, (c) CP-3 e, (d) CP-4



**Figura 3.** Curvas tensão compressiva – deformação das amostras selecionadas

## CONCLUSÃO

Os resultados mostram que estruturas mais grosseiras com precipitação de fases intermetálicas apresentam propriedades mecânicas inferiores às amostras refinadas. Conclui-se que os pistões automotivos a base de alumínio para resistir alta ciclagem de esforços repetitivos, devem possuir uma microestrutura altamente refinada em relação ao espaçamento dendrítico e às fases intermetálicas, os quais conferem resistências adequadas para sua operação.

## REFERÊNCIAS

- Ariaz-Paz, M., 2006, “Manual de Automóviles”, Cie Inversiones Editoriales Dossat, Madrid, Espanha, 1107p.
- Cáceres, H. C., Djurdjevic, M. B., Stockwell, T. J., Sokolowski, J. H., Scripta Mater., 1999, “The Effect of Cu Content on the Level of Microporosity in Al-Si-Cu-Mg Casting Alloys”, Vol. 40, pp. 631.
- Chastain, S. D., 2004, “Making pistons for experimental and restoration engines”, FL: ISBN, Jacksonville.

## DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

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