

## **PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO EQUIPAMENTO PARA EXTRUSÃO DE LIGAS METÁLICAS**

(1)Rodrigo Estevam Coelho  
(2)João Oliveira da Cunha Ornellas  
(3)Vagner da Silva Lisboa

Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia  
Departamento de Tecnologia Mecânica e de Materiais  
Rua Emídio dos Santos, s/n, Barbalho, CEP: 40300-010, Salvador – Bahia

(1) Professor Dr. do DTMM/Cefet roesco@cefetba.br  
(2)Aluno de IC/Eng. Mec. joaoornellas@hotmail.com  
(3)Aluno de IC/Eng. Mec. vagnerlisboa@hotmail.com

### **RESUMO**

Este estudo tem como objetivo o desenvolvimento de um novo equipamento de compactação a quente de ligas metálicas em pó. O novo equipamento neste estudo é uma evolução conceitual do instrumento usado para produção de protótipos prensados a quente ou extrudados de materiais metálicos em pó. O equipamento antigo trabalhava com um sistema de refrigeração a água em câmaras fechadas o que não permitia temperaturas acima de 350°C, devido das pequenas dimensões do forno, o que não era suficiente para elevar a temperatura. A água prejudicava o aumento da temperatura e do tempo de aquecimento. O novo equipamento experimental projetado no CEFET-BA, para laboratório, tem aplicações onde a temperatura medida, apresenta uma escala mais precisa diminuindo o tempo de aquecimento. O instrumento possui uma câmara de vácuo que pode, ao mesmo tempo, ser conectado a um cilindro de gás inerte para garantir uma atmosfera protetora, evitando a oxidação do material que esta sendo conformado. O instrumento permite compactar e extrudar em forma de barras ligas de cobre e ligas de alumínio e outros materiais dúcteis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Novo equipamento, Prensagem a quente sob vácuo, Materiais em pó.

## INTRODUÇÃO

Em 1995, os métodos preferidos de fabricação dos componentes estruturais e carroceria de alumínio dos automóveis e caminhões eram por fusão em matrizes e em molde permanente. Esperava-se que esses processos crescessem em importância e demanda na fabricação de veículos, ambos impuseram custos adicionais no uso do alumínio porque criaram quantidades significativas de poros e de defeitos estruturais. As peças com os poros superficiais e os defeitos típicos detectados na fundição eram rejeitadas antes mesmo de usadas. Entretanto, aquelas peças com poros ou defeitos abaixo da superfície eram detectadas após sua produção e às vezes quando já estavam em uso. O custo de rejeitar uma peça nestas condições inclui também o custo da matriz ou do molde de fundição. Além disso, o custo de rejeitar um conjunto de componentes inteiramente montados é muito mais elevado. Estes custos poderiam ser diminuídos se a quantidade de poros e de defeitos produzidos pelas operações originais da peça fosse reduzida.

O maior desafio seria a produção em larga escala de componentes automotivos em ligas de alumínio usando a metalurgia do pó (MP). O custo seria suficientemente menor e, além disto, proporcionaria ao material as propriedades desejadas.

O desenvolvimento de rotas, as quais as peças saem em forma quase acabada numa única etapa é o ponto chave, pois evita desperdício de material e consegue-se excelentes propriedades [ 1 ].

A metalurgia do pó (MP) de ligas de alumínio tem uso potencial em componentes de automóveis, principalmente para as peças submetidas a movimento e de fricção. A composição da maioria das ligas de alumínio, obtidas por MP, usadas hoje, foi baseada em composição de peças forjadas ou peças feitas por fusão em molde. São baseadas nas séries 2000 e 6000 e contém cobre, magnésio e/ou silício.

Desde a década de 1990 foi realizada uma quantidade considerável de estudos sobre as ligas sinterizadas à base de alumínio utilizando MP [2, 3, 4, 5]. Foram introduzidos vários elementos de liga tais como: pós elementares ou pós de superligas pré-ligados [6]. A MP do alumínio tem aplicações potenciais em polias, bielas, pistões, bombas de óleo e engrenagens de transmissão. Essas peças de diferentes geometrias e diferentes níveis de complexidade são produzidas usando prensagem uniaxial [7.8]. Um componente que tem destacado a posição do alumínio por MP no mercado automotivo é o tampão de rolamento do eixo de cames produzido por prensagem/sinterização convencional. A liga usada para este componente é o equivalente do MP da liga 2014 (AlCuMgSi).

O presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um novo equipamento usado em nível de laboratório, para confecção de protótipos de ligas prensadas ou extrudadas a quente, partindo de materiais em pó. O conceito é baseado em força bi-axial onde a matriz e o forno ficam acoplados dentro de um recipiente a vácuo, onde o tarugo é fabricado.

## 1. MATERIAIS E METODOS

Neste trabalho foi desenvolvido um novo equipamento para consolidar materiais prensados a quente sobre vácuo, baseado num conceito de força bi-axial. O equipamento foi fabricado utilizando aço ferramenta para trabalho a quente e os materiais foram recebidos no estado recozimento. As peças foram trabalhadas usando as seguintes máquinas: torno, furadeira, fresadora e equipamento de soldagem. O conjunto básico do projeto está representado na Fig. 1.

A câmara de vácuo foi fabricada com sucata de aço inox. Esta câmara não necessita ser refrigerada a água porque o forno se aquece sem aquecer as peças em torno dos “oring”. As peças do equipamento estão listadas a seguir:

- a) Pistão Superior
- b) Base de compactação
- c) Cabeça de compactação
- d) Matriz de compactação
- e) Pistão inferior
- f) Mesa de molas
- g) Molas
- h) Bloco de suporte inferior
- i) Bloco de suporte inferior (ajuda na retirada do tarugo)
- j) Bloco de suporte superior
- k) Flange
- l) Câmara de vácuo

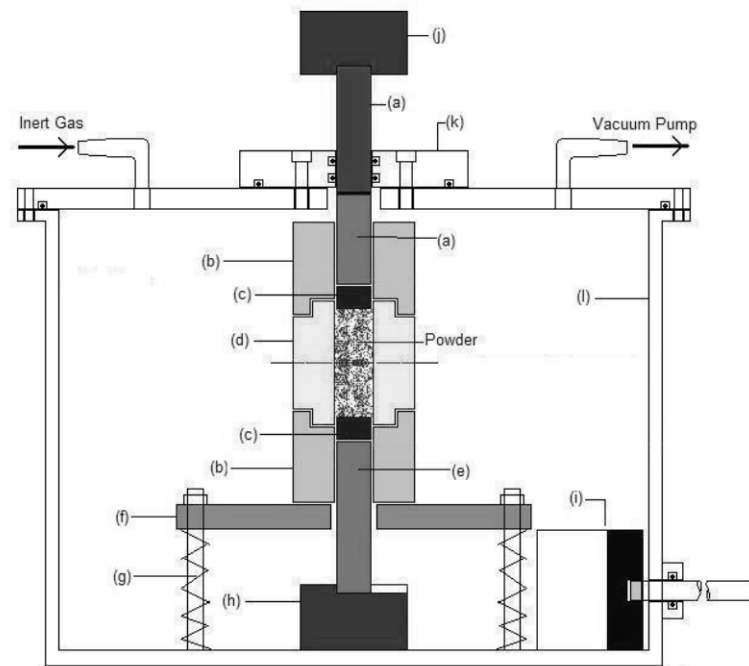


Figura 1. Vista esquemática do equipamento de compactação de materiais em pó.

Embora não esteja representado, há um termopar controlando a temperatura ele fica localizado na parede da câmara de vácuo, onde é conectado ao medidor de temperatura. O equipamento é usado para produção de protótipos prensados a quente sob vácuo e barras de metal extrudadas partindo do compactado do material em pó. Uma ilustração da seção transversal do instrumento de extrusão é mostrada na Fig. 2. A extrusão a quente foi projetada para produzir barras extrudadas pelo método indireto de extrusão em temperaturas de 500°C até 600°C.

As peças do equipamento de extrusão estão listadas a seguir:

- (a) Pistão
- (b) Barras de extrusão
- (c) Recipiente de extrusão
- (d) Forno
- (e) Medidor de temperatura
- (f) Termopar
- (g) Matriz
- (h) Suporte do bloco inferior
- (i) Mesa da prensa

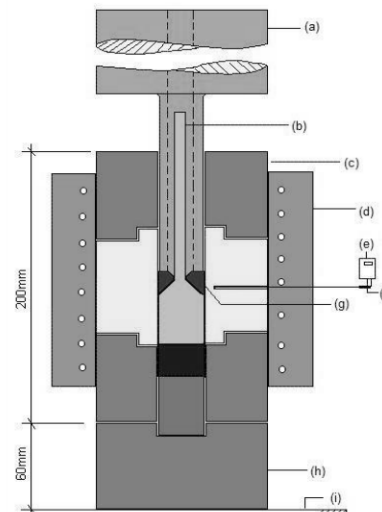


Figura 2. Vista esquemática do equipamento de extrusão.

## 2. PRINCIPAIS RESULTADOS E DISCUSSÃO

O antigo equipamento de compactação [9] com sistema de refrigeração a água em regiões fechadas, não ultrapassava temperaturas acima de 350°C porque a pequena dimensão do forno não permitia que a temperatura se elevasse até 600°C. A refrigeração a água estendia o tempo de aquecimento, e as pequenas dimensões do forno não permitiam temperaturas mais elevadas.

Porém, o novo equipamento de laboratório que foi fabricado no presente trabalho permite aplicações em altas temperaturas. Pode consolidar pós obtendo tarugos ou barras extrudadas e todo processo é realizado a quente. Para a compactação do pó em tarugos ou barras, o equipamento pode operar a temperaturas de 350°C, acima de 450°C ou de acordo com a necessidade de operação.

O equipamento de compactação pode obter tarugos de 30mm de diâmetro por 40mm de comprimento e extrudar barras com 10 a 15mm de diâmetro por 200mm de comprimento. Na Fig. 3 é mostrado o primeiro estágio em que o pó está sendo compactado e o último estágio onde o tarugo é obtido. O estágio intermediário não foi mostrado, contudo, a mesa de molas em conjunto com a matriz e os pistões dispostos duplamente, o efeito bi-axial. A vantagem desse equipamento de compactação é a retirada do tarugo em um estado de vácuo ou de gás inerte, o controle é feito fora da câmara de vácuo este está localizado no lado direito como mostrado na Fig.3.

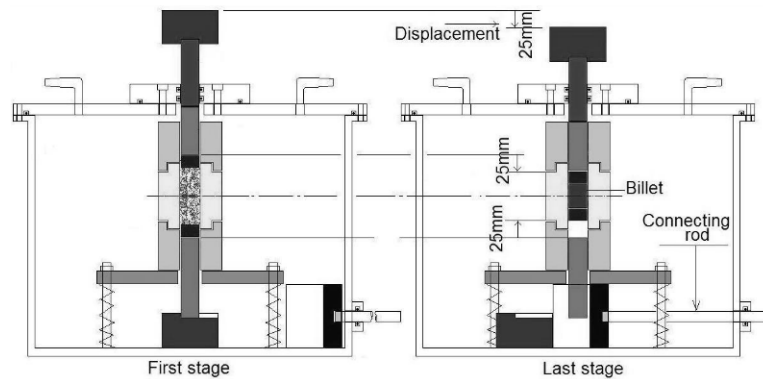


Figura 3. Vista esquemática do equipamento mostrando dois estágios da operação de compactação.

Muitos materiais exibem diferentes tensões e deformações e em baixa temperatura apresentam oxidação. Para a consolidação desses materiais em pó é necessário fazer vácuo e prensar a quente e depois extrudar a elevadas temperaturas.

As fotografias do equipamento de laboratório e do sistema de prensagem são mostradas na Fig. 4. A prensa hidráulica é manual para trabalho em metal em laboratórios, com capacidade de 450kN de pressão uniaxial. A Fig. 4(a) está mostrando algumas peças do instrumento de compactação e a Fig.4(b) mostra a câmara de vácuo. As peças em (a) são mostradas a seguir: forno, termopar, pistões, matriz, mesa de molas e o suporte do bloco. Todas essas peças estão dentro da câmara de vácuo e a temperatura é controlada em um display de medição, o termostato e o termopar estão conectados

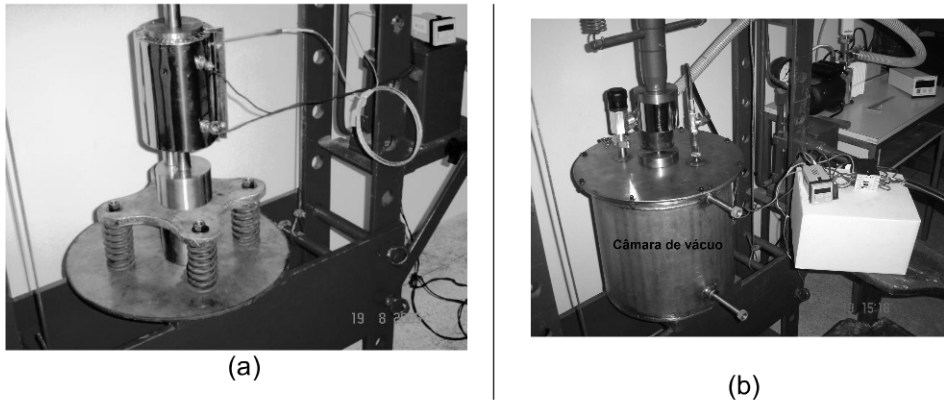


Figure 4. Fotografias do equipamento; (a) peças internas, (b) câmara de vácuo.

A operação de compactação pode ser realizada a temperaturas até 600°C, podendo aplicar pressão de 580MPa, nesta temperatura. A extrusão foi configurada para extrusão indireta, a vantagem desse método é que a pressão pode ser reduzida por volta de 25%. Esta operação também pode ser realizada na câmara de vácuo ou numa atmosfera ao ar a temperatura de até 600°C. Quando o tarugo é compactado por volta de 50 a 60% de densidade, a extrusão tem que ser feita na câmara de vácuo, para prevenir a oxidação da liga. Quando o tarugo é compactado com aproximadamente 95% de densidade, a extrusão não precisa ser feita na câmara de vácuo, em contra partida, será necessário aumentar a pressão na compactação, mas com essa compactação será exigido muito do instrumento. Outras experiências sobre a densidade do tarugo devem ser testadas com mais precisão para que seja usada a máxima eficiência do equipamento.

### 3. CONCLUSÕES

No presente trabalho, um equipamento experimental de compactação e extrusão, foi projetado e fabricado com ênfase na simplicidade estrutural e no baixo custo dos materiais utilizados. Os pós podem ser compactados em uma câmara de vácuo com temperaturas até 600°C, a vantagem é que não necessita de refrigeração na região dos “orings”, porque a câmara de vácuo está isolada do aquecimento do forno. A extrusão pode ser feita na câmara de vácuo ou não dependendo da densidade do tarugo. Para concluir a observação, a fabricação do equipamento de laboratório foi muito importante, porque, alguns materiais, devido a reatividade ao efeito do aumento da temperatura, devem ser impreterivelmente sujeitos compactação sob vácuo seguida de extrusão.

### 4. REFERÊNCIAS

- [1] H Hunt: **Metal Powder Report May** (2000),28.
- [2] FJ Esper, G Leuze: **Proc.4th Europ PM Symp Grenoble 3**(1975),8-2-1.
- [3] M Mühlburger, P Paschen: **Z Metallkunde** **84**(1993),346.
- [4] GB Schaffer, S.Huo: **Adv Powder Metall & Partic Mater.** **4**(1996),14.
- [5] H Danninger, HC Neubing, J Gradl: **Proc.PM'98 Granada, EPMA 5**(1998), 272.
- [6] HC Neubing, H Danninger: in **Pulvermetallurgie in Wissenschaft und Praxis (Proc.PM Symposium Hagen** (1998), VDI (1998),266.
- [7] R Shivanath et al.: **Proc.of the Int Powder Metallurgy Aluminium & Light alloys for Automotive Applications Conference, Michigan, MPIF** (2000),105.
- [8] K Dollmeier, B Hofmann, P Bishop: **Proc of Euro PM2000** (2000),93.
- [9] R.E. Coelho, **Obtenção das ligas Al-Fe-X-Si (X=V ou Nb) por moagem de alta energia e extrusão a quente, 2001. 121 folhas. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear - Materiais)- Ipen- Autarquia Associada à Universidade de São Paulo.**