

AVALIAÇÃO DE DISPOSITIVO PARA PRODUÇÃO DE PÓS METÁLICOS POR ATOMIZAÇÃO A GÁS INERTE

Lucio Salgado* , Francisco Ambrozio Filho* e Daniel Rodrigues**

* Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares,
Comissão Nacional de Energia Nuclear,
C.P. 11049 - Pinheiros - CEP 05422-970 - São Paulo - Brasil

** Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
C.P. 7141 - Pinheiros - CEP 05508-900 - São Paulo, Brasil

RESUMO

Foi projetado e construído um equipamento para produção de pós metálicos por atomização a gás inerte, com fusão da liga sob atmosfera controlada ou vácuo. Neste trabalho são apresentados alguns resultados obtidos, em ensaios preliminares, na fabricação de pós de bronze, níquel e aço inoxidável, atomizados por argônio. A caracterização foi feita através de análise granulométrica, densidade aparente e morfologia das partículas obtidas.

Palavras-chaves: Atomização a gás; Produção de pós.

ABSTRACT

An inert gas atomisation equipment for producing metal powders, with alloys melting under vacuum or controlled atmosphere, has been projected and built. In this paper some results achieved in preliminary tests in production of bronze, nickel and stainless steel powders, atomized by argon, are presented. Powder characterization have included sieve analysis, apparent density, flowability and morphology of the particles.

Key words: Gas atomisation, Powder production

INTRODUÇÃO

A produção de pós metálicos e o controle de suas características é uma das principais etapas na fabricação de componentes através da Metalurgia do Pó (1,2).

A atomização a gás inerte constitui-se em uma das principais rotas de obtenção de pós metálicos, sendo utilizada principalmente na fabricação de ligas metálicas reativas e partículas de formato mais arredondado (1,3), que encontram aplicações em técnicas especiais de conformação de pós metálicos tais como a moldagem por injeção e a compactação isostática a quente.

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar o comportamento do equipamento de atomização a gás construído e sua capacidade em fabricar pós metálicos com características adequadas para uso em Metalurgia do Pó.

MATERIAIS E MÉTODOS

Uma vista do equipamento de atomização construído é mostrada na Figura 1. O sistema é

composto por um forno a indução e uma câmara de fusão a vácuo, um tanque para coleta de pó e um dispositivo para atomização que inclui um reservatório de argônio e um bocal de atomização.

Foi realizada uma série de ensaios de atomização com argônio visando basicamente se avaliar o funcionamento do equipamento construído. Foram fabricados 3 tipos diferentes de pós metálicos: bronze, níquel e aço inoxidável 316L. Cada ensaio foi executado com uma carga inicial de 3 kg.

As condições dos ensaios, assim como os resultados obtidos na caracterização dos pós, estão descritos na Tabela 1.

Os gráficos de distribuição granulométrica, plotados em papel lognormal, foram construídos a partir dos resultados contidos na Tabela 1, estando mostrados nas Figuras 2 e 3. A partir destas curvas foram obtidos os valores do tamanho médio de partículas (d_m) e do desvio padrão geométrico (σ_g).

Tabela 1 Resultados experimentais

| Faixa (μm) | ENSAIO | | | | | |
|---|-----------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | 1276 | 1277 | 1279 | 1280 | 1300 | 1359 |
| - 44 | 0.19 | 7.70 | 3.00 | 8.63 | 3.50 | 6.68 |
| + 44 - 62 | 0.37 | 8.97 | 2.58 | 8.37 | 2.70 | 5.42 |
| + 62 - 105 | 2.66 | 25.85 | 14.17 | 30.95 | 11.81 | 15.04 |
| +105 - 149 | 6.24 | 24.87 | 21.18 | 27.41 | 13.21 | 16.40 |
| +149 - 250 | 17.74 | 26.40 | 40.20 | 18.80 | 26.19 | 27.66 |
| +250 - 420 | 22.80 | 4.40 | 12.30 | 3.19 | 27.68 | 15.28 |
| +420 | 50.00 | 1.81 | 6.58 | 2.65 | 14.92 | 13.24 |
| d_m (μm) | 420 | 110 | 160 | 105 | 200 | 170 |
| σ_g | 2.1 | 2.0 | 2.1 | 1.9 | 2.1 | 2.35 |
| D_A (g/cm^3) | 4.25 | 3.90 | 3.22 | 3.74 | 4.22 | 2.93 |
| Esc (s/50g) | Não cscoa | 23.9 | 38.9 | 23.4 | 22.4 | 39.9 |
| T ($^{\circ}\text{C}$) | 1030 | 1050 | 1050 | 1050 | 1600 | 1600 |
| P_{Tanque} (kg/cm^2) | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Material | Bronze | Bronze | Bronze | Bronze | Níquel | Inox |

- d_m Diâmetro médio das partículas
 σ_g Desvio padrão geométrico
 D_A Densidade aparente dos pós (fração - 420 μm)
 Esc Escoabilidade (fração - 420 μm)
 T Temperatura do metal líquido
 P Pressão no reservatório de gás

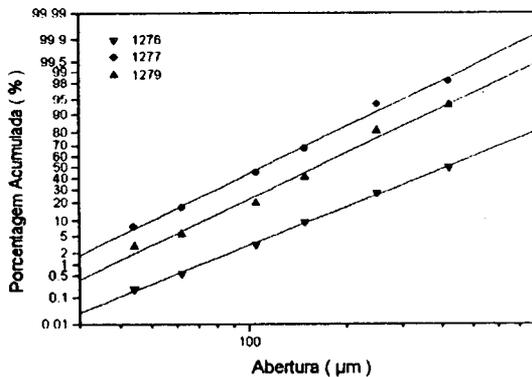


Figura 2 Curvas de distribuição granulométrica - Pós de bronze

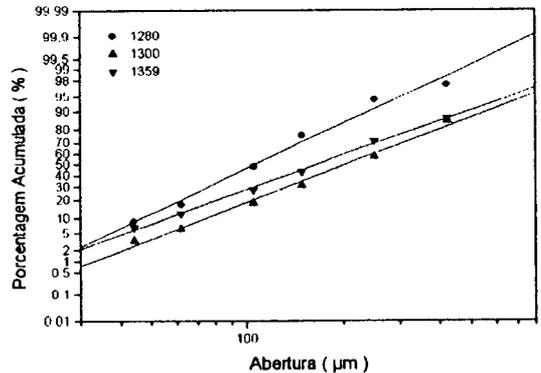


Figura 3 Curvas de distribuição granulométrica - Pós de bronze, níquel e aço inox 316L

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na primeira série de experimentos, foi realizada uma avaliação da atomização de uma liga de bronze 90%Cu-10%Sn, muito utilizada em Metalurgia do Pó na fabricação de filtros sinterizados e mancais auto-lubrificantes.

O primeiro ensaio, corrida N.º 1276, resultou

em um tamanho médio de partículas muito grosseiro. Este fato se deveu principalmente ao bocal de atomização, que apresentou uma eficiência muito baixa. Outra razão para este comportamento foi a temperatura do tundish, que neste ensaio foi pré-aquecido a 200 °C, o que causou um resfriamento acentuado do metal líquido durante o vazamento,

chegando inclusive a causar seu entupimento.

Desta forma, foi necessária uma alteração no bocal de atomização para a realização do ensaio N.º 1277. Nesta corrida o tundish foi pré-aquecido a 700 °C. Houve uma redução significativa no tamanho médio do pó produzido. O menor tamanho médio de partículas também está relacionado à redução observada na densidade aparente da massa de pó. A Figura 4 mostra o aspecto das partículas obtidas, com formato predominantemente arredondado, característico de pós atomizados a gás inerte.

Nas duas primeiras corridas, o tanque de atomização continha água para o resfriamento das partículas atomizadas. Na corrida N.º 1279, a água do tanque foi retirada para se avaliar sua influência sobre a morfologia das partículas. Não houve uma alteração muito significativa do tamanho médio de partículas em relação à corrida N.º 1277. Constatou-se um efeito contrário ao esperado com relação à morfologia do pó, que deveria ter um formato mais esférico em função da diminuição da velocidade de resfriamento causada pela ausência de água no tanque de atomização. Entretanto como se observa na Figura 5, ocorreu a presença de partículas achatadas, indicando que parte do pó produzido atingiu as paredes do tanque antes de estar completamente solidificado. Com isto, houve uma queda na densidade aparente e na escoabilidade do pó obtido.

A corrida N.º 1280 foi realizada nas mesmas condições do ensaio 1277, tendo sido desta feita utilizado o sistema de vácuo. Observou-se uma ligeira redução no tamanho médio de partículas e na densidade aparente do pó obtido. Neste ponto o sistema apresentou falhas na manutenção de um nível de vácuo constante, indicando que existem pontos de vazamento, os quais estão sendo localizados e corrigidos.

Nos 2 últimos ensaios realizados, procurou-se produzir pós de materiais de maior temperatura de fusão. Isto gerou a necessidade de troca do revestimento do forno e do tundish, que eram de grafite para a fusão de bronze, e que passaram a ser de alumina para a elaboração destes materiais.

Na corrida N.º 1300 produziu-se pó de níquel. O pó obtido apresentou um tamanho médio de partículas muito elevado, da ordem de 200 µm. Esta distribuição granulométrica mais grosseira do pó pode ser explicada basicamente por 2 fatores: em primeiro lugar, a carga metálica fundida de 3 kg foi muito baixa, tendo havido um resfriamento muito rápido do metal líquido no tundish; em segundo lugar, não houve condições de se adicionar um desoxidante ao metal líquido (Ca-Si), tendo desta forma o banho líquido uma viscosidade muito elevada. Ambos os fatores contribuíram para o entupimento do tundish, e uma conseqüente queda no rendimento da atomização. A morfologia do pó obtido, predominantemente esférica, gerou um pó com elevada

densidade aparente.

Finalmente, no último ensaio realizado nesta fase produziu-se um pó de aço inoxidável tipo 316L que encontra aplicações na Metalurgia do Pó na fabricação de filtros e peças estruturais sinterizadas. Observou-se também neste caso um tamanho médio de partículas muito grosseiro, especialmente quando comparado a trabalhos anteriores do IPT em atomização a água (4), que resultaram em tamanhos médios na faixa de 60 µm, indicando que o bocal de atomização necessita alguns ajustes. A Figura 6 mostra o formato arredondado das partículas obtidas.

CONCLUSÕES

* O sistema de atomização a gás construído mostrou-se capaz de produzir diferentes tipos de pós metálicos;

* O processo permite a fabricação de pós com formato de partículas predominantemente arredondado, em complemento ao sistema de atomização a água instalado no IPT que produz partículas mais irregulares;

* O bocal de atomização a gás deverá ser alterado, visando se obter partículas mais finas;

* O sistema de vácuo será aperfeiçoado, devendo-se corrigir especialmente os problemas de vazamento observados;

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP pelo suporte financeiro dado ao projeto.

REFERÊNCIAS

- (1) KLAR, E.; FESKO, J.W. Gas and water atomization. In: **Metals Handbook**, ASM, Ohio, v.7, 9ª Ed., 1990, p.26-51.
- (2) SHINDE, S.L.; TENDOLKAR, G.S. Analyses of atomisation - A review. **Powder Metallurgy International**, v.9, n.4, p.180-84, 1977.
- (3) BURGER, M. et al. Fragmentation process in gas and water atomization plants for process optimization purposes. **Powder Metallurgy International**, v.21, n.6, p.10-15, 1989.
- (4) SALGADO, L. et al. Preparação de pós de aço inoxidável 316L e liga Fe-Si por atomização a água. In: **11º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**, CBECIMAT, Águas de São Pedro - SP, 1994, p.87-90.

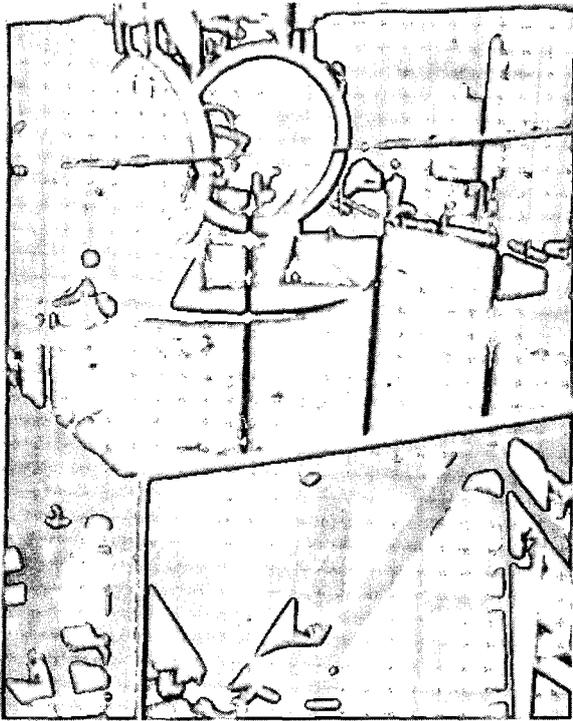


Figura 1. Vista do Sistema de atomização

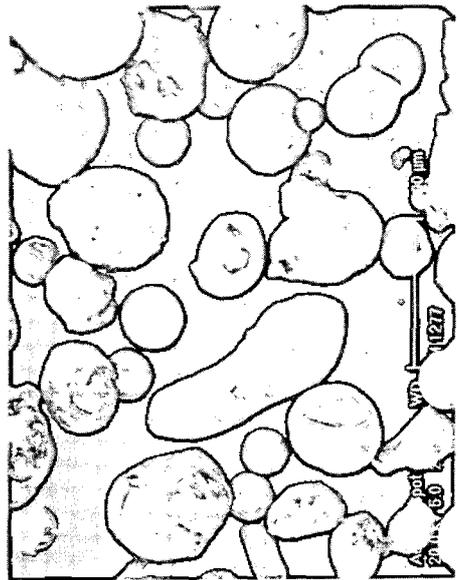


Figura 4 Imagem de elétrons secundários do pó de bronze, ensaio1277. Aumento 231X

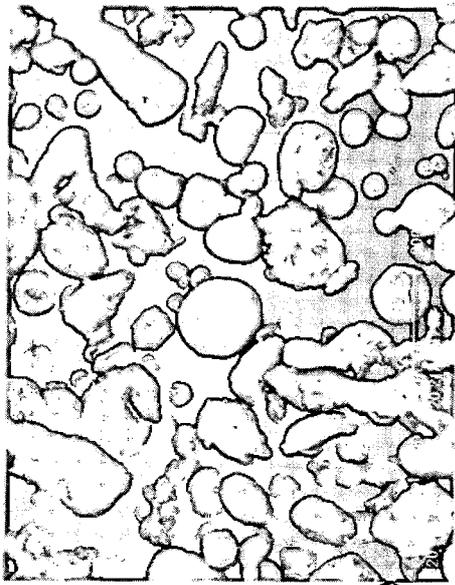


Figura 5 Imagem de elétrons secundários do pó de bronze, ensaio1279. Aumento 77X

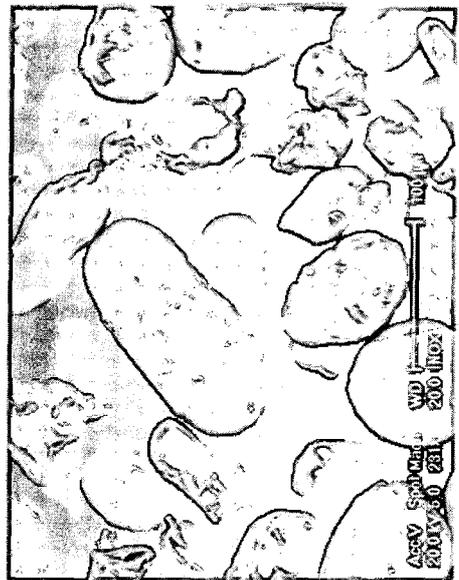


Figura 6 Imagem de elétrons secundários do pó de aço inoxidável 316L, ensaio1359. Aumento 231X