

# **ANÁLISE DOS EFEITOS DAS VARIÁVEIS NA PRODUÇÃO DE SUPERFÍCIE POROSA VIA SINTERIZAÇÃO ATRAVÉS DO PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS**

**Oshiro F.A. (1), Nagano I.L. (1) e Costa N.G. (1)**

(1) Departamento de Produção, Instituto de Engenharia Mecânica, Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Av .BPS ,1303, Pinheirinho, Itajubá MG, CEP: 37500-903

**Palavras-chaves: Sinterização, Superfície porosa, Biomaterial.**

## **RESUMO**

A busca por materiais mais eficientes tem feito dos Biomateriais motivo de muitos estudos. No caso específico de próteses para implantes ortopédicos e odontológicos, onde a existência de uma camada porosa é necessária para que haja integração entre a prótese e corpo, o que se buscam são bons recobrimentos e métodos eficientes para a produção desse recobrimento poroso. No qual seja possível o abastecimento da região porosa com células osteoblastas provenientes do fluido fisiológico (plasma sanguíneo).

Um método utilizado para a fabricação de superfícies porosas de próteses ortopédicas é o de plasma spray. Contudo, este método ainda se mostra ineficiente, não apresentando resultados de aderência confiáveis entre a camada depositada e o substrato, o que pode ocasionar a formação de debris que podem vir a fazer parte da circulação sanguínea, além deste método envolver altas temperaturas, que podem alterar a estrutura dos material e causar falhas nos dispositivos implantados.

Buscando solucionar essa falta de confiabilidade no processo de plasma spray surgem estudos sobre outros processos de fabricação para a obtenção de revestimentos porosos, a Metalurgia do Pó. Esta, por permitir um bom controle da porosidade e da fase desejada, através do controle da temperatura de sinterização, tem mostrado um grande potencial para este fim. Existem inúmeras variáveis que podem influenciar na obtenção da camada sinterizada, por isso utiliza-se o planejamento experimental, que faz uso de variáveis que podem ser controladas em seus diversos níveis e seus efeitos sobre os resultados pesquisados.

Neste estudo, fez-se o uso dos seguintes parâmetros: Temperatura, Tempo de Sinterização e Força de Compactação.

Foram utilizados discos de aço inoxidável AISI 304 como substrato, que foram recobertos com pó de aço inoxidável AISI 316L atomizado. Buscando ter uma confiabilidade maior nos resultados, os substratos foram limpos com álcool etílico antes de adicionar a camada de pó que foi misturado com 1% de estearato de lítio, pois se sabe que um dos fatores que contribuem para a aderência do recobrimento ao substrato é a qualidade da limpeza da superfície a ser recoberta e que os lubrificantes tem papel muito importante na metalurgia do pó, pois tem como principais objetivos proteger os pós contra a oxidação e reduzir o atrito entre as partículas e também entre as partículas e o ferramental.

O pó de aço inoxidável foi compactado aos substratos utilizando-se uma prensa hidráulica. Uma camada de parafina foi utilizada para criar uma ligação inicial entre o pó e o substrato. Já para a sinterização, utilizou-se um

forno de resistências controladas por meio de um CLP (Controle Lógico Programável) com atmosfera controlada de hidrogênio. Procura-se manter o fluxo de hidrogênio constante com a finalidade de manter o ponto de orvalho da atmosfera de hidrogênio durante todo o ciclo de sinterização e com isso promover a remoção do lubrificante e parafina durante o processo de pré-sinterização. O fluxo de hidrogênio tem também a finalidade de manter uma atmosfera redutora dentro do tubo de sinterização.

Para se definir a ordem em que seriam realizados os experimentos utilizou-se o planejamento fatorial, que é uma etapa muito importante do estudo, pois é onde se vai definir a seqüência na qual os ensaios irão acontecer, evitando-se que façamos experimentos e que se chegue a resultados e números sem nenhum significado e de onde fica muito difícil tirar conclusões que sejam confiáveis. Para este estudo foi utilizado planejamento fatorial  $2^3$ , pois estamos trabalhando com vários fatores e níveis.

Da análise das imagens de Microscopia Ótica pode-se constatar que houve a sinterização, já que se pode notar a formação de “pescoço” (Figura 1). Podemos afirmar ainda que houve a aderência da camada de pó compactada com o substrato, que foi conseguida em um nível de temperatura e nos níveis de força de compactação, os quais foram: temperatura de 1285 °C e forças de compactação de 60 ton e 10 ton.

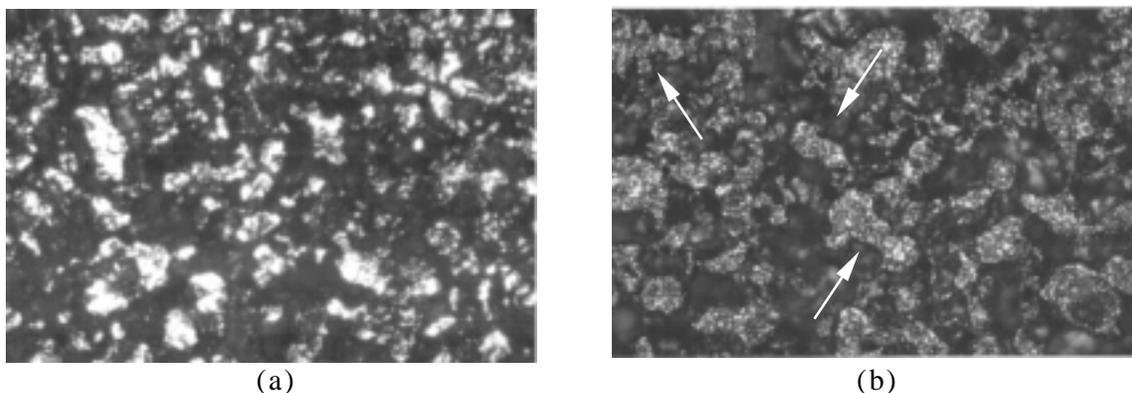


Figura 1: (a) Pó de Aço AISI 316L compactada com força de 60t, Aumento: 200X; (b); Pó de Aço AISI 316L compactada com força de 60 ton, tempo de sinterização de 60min e temperatura de sinterização de 1285 °C, Aumento de 200X, Detalhe: Formação do “Pescoço”.

Ainda foi possível constatar que, a altas temperaturas, quando não há um fluxo ideal da atmosfera de hidrogênio, as amostras ficam susceptíveis à oxidação, mesmo se tratando de aço inoxidável.

Finalmente, podemos afirmar que é possível fazer o recobrimento de placas de discos de aço inoxidável AISI 316L com uma camada de pó de aço inoxidável AISI 316L atomizado através da metalurgia do pó, que tem melhor resultado caso sejam sinterizados com um tempo de 60 minutos a uma temperatura de 1280° C combinados com uma força de compactação de 60 toneladas. A técnica de planejamento experimental para um primeiro levantamento das variáveis que influenciam na obtenção de uma camada porosa confirmou a sua eficiência juntamente com as técnicas de microscopia ótica para análise das amostras.

**Agradecimentos:** os autores agradecem ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de Iniciação Científica, ao Capitão Ricardo e à Imbel, na ajuda com os experimentos e ao Toninho, técnico do Laboratório de Materiais e Metalurgia da EFEI, pelo auxílio na execução deste estudo.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

**GOMES, U.U, Tecnologia dos Pós: Fundamentos e Aplicações. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 1984.**

**MORAIS, C.M., VIEIRA, G.S, BRANCO, J.R., Estudo comparativo da influência de alguns métodos de limpeza química sobre performance de recobrimentos de TiN, Revista da Pesquisa & Pós-Graduação, Ano3, vol.3, n°2, p.23, 2001.**

**NDIAYE, D., Estudo de Aderência de Camadas de Aço Inoxidável AISI 316L Produzidas pela Metalurgia do Pó Aplicada a Biomateriais, Dissertação de Mestrado. Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Minas Gerais, 2001.**

**MACIEL Jr., H, COSTA, N.G, Utilização de um planejamento fatorial de experimentos para escolha de parâmetros na obtenção de superfícies porosas de hidroxiapatita, Revista da Pesquisa & Pós-Graduação, Ano3, vol.3, n°2, p.22, 2001.**