**Engenharia e Ciência dos Materiais II (SMM 0194)**

**Roteiro de aula prática III: Caracterização de corpos cerâmicos sinterizados: retração linear, densidade aparente, porosidade aparente, absorção de água**

**Autora: Vera Lúcia Arantes**

1. Introdução

As propriedades de peças cerâmicas sofrem uma grande influência da porosidade, como, por exemplo, o módulo de elasticidade, tensão de ruptura em ensaios de flexão em 3 pontos e condutividade elétrica.

Considere uma estrutura contendo poros. Ela é constituída por uma fração sólida, composta por uma ou várias fases e por de espaços vazios, os poros. Estes poros podem ou não estar em contato com a superfície do material. Isto é importante, pois poros conectados com a superfície são condutores de material entre o interior e o exterior da estrutura. Por exemplo, umidade pode ser conduzida para o interior da estrutura e dissolver a fase sólida. Poros conectados à superfície (chamados de poros abertos) são mais prejudiciais à resistência mecânica, visto que muitas fraturas têm início em defeitos superficiais, tais como poros. Poros não conectados com a superfície são denominados fechados, mesmo que eles sejam conectados internamente. Poros fechados podem ser causados pelo fechamento de poros abertos, devido à evolução da sinterização, ou podem ser causados pela evolução de gases aprisionados dentro da estrutura da peça cerâmica. Estes últimos tendem a assumir forma esférica.

No decorrer da sinterização, a porosidade diminui gradativamente seeu volume e certas conexões entre poros desaparecem. Os poros sofrem um processo de isolamento e a conexão com o exterior tende a desaparecer. Os últimos poros da estrutura são fechados, ou seja, uma estrutura que não aparenta possuir poros na superfície pode possuir uma quantidade significativa de poros fechados.

O volume total da estrutura é a soma dos volumes do sólido, dos poros abertos e dos poros fechados.

*V*=*VS*+*VPA*+*VPF* (1),

onde VS é o volume da fase sólida, VPA é o volume dos poros abertos e VPF é o volume dos poros fechados. A Figura abaixo ilustra uma estrutura na qual são vistas a fase sólida e as porosidades aberta e fechada.



Figura 1 – Ilustração de poros dentro de peças cerâmicas

Devido a sua importância para alguns produtos cerâmicos, a determinação da porosidade é fundamental, assim como o conhecimento de parâmetros associados: absorção de água e porosidade aparente. Além disso, a evolução da porosidade e densificação, fenômenos que ocorrem durante a sinterização, causam uma variação contínua das dimensões dos corpos cerâmicos e peças metálicas obtidas pela técnica de metalurgia do pó.

As propriedades a serem determinadas nessa prática são empregadas na avaliação e controle de qualidade de diversos produtos cerâmicos, incluindo produtos refratários para uso em altas temperaturas, sendo importantes variáveis de projeto no desenvolvimento de novos produtos e do processo de fabricação.

**Determinação de propriedades físicas de peças cerâmicas:**

1. **Procedimento experimental**

O objetivo dessa prática é verificar a influência da temperatura de sinterização nas propriedades físicas de amostras de Taguá: retração linear, porosidade aparente, absorção de água e densidade aparente. Essas propriedades devem ser relacionadas com os valores de tensão de ruptura determinados para cada conjunto de amostras sinterizadas em diferentes temperaturas de sinterização.

O método a ser utilizado é o método de Arquimedes. Inicialmente, as amostras devem ser pesadas a seco. Após pesagem das amostras secas, o procedimento consiste na fervura das pastilhas em água, por um período de tempo de 1 hora (após a fervura da água), seguida da determinação da massa úmida. A massa úmida consiste em retirar o excesso de água superficial das amostras com o auxílio de uma “flanela” semi-úmida e determinação da massa em balança. A seguir, vêm descritas as propriedades a serem determinadas nessa prática.

* *Absorção de água*

Quando em contato com líquidos, a estrutura tende a absorvê-los devido a forças de capilaridade. A absorção de água é definida como o ganho percentual de massa que tem a amostra, quando absorve o máximo de água. Sua determinação é feita medindo-se o peso da amostra seca e em seguida mergulhando-a em água por certo tempo. Neste período, a água inunda os poros abertos. A amostra é suspensa e a água que escorre em sua superfície é seca por pano úmido. Supõe-se que toda a água nos poros abertos permanece lá.

A absorção de água exprime a relação entre a massa de líquido absorvida pelo corpo-de-prova saturado de líquido e a massa do corpo de prova seco:

% A.A. = [(Mu – Ms)/ Ms]x 100%, onde:

A.A.: absorção de água (%), Mu: peso úmido ou peso final da peça úmida (g), Ms: massa seco ou massa inicial da peça seca (g).

* *Porosidade aparente (PA)*

É a relação entre o volume de poros abertos do corpo-de-prova e o volume aparente do mesmo:

PA = [(Mu-Ms)/(Mu-Mi)](x100%),

onde Pi é o peso imerso.

* Densidade aparente (Dap) [%]:

A densidade aparentes é o quociente do peso seco do material pelo volume aparente e é dada por:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Dap= [Ms/(Mu-Mi)/]x ρ(x100),

Onde ρ é a densidade do líquido onde as amostras foram imersas.

* *Retração de queima (retração linear)*

A retração de queima das peças cerâmicas é calculada pela diferença entre as medidas da peça crua e da peça queimada, como mostra a seguinte expressão:

% R = [(Linicial – Lfinal)/Linicial] x 100, onde:

R: retração de queima (%), Linicial: comprimento inicial ou medida da peça crua (mm), Lfinal: comprimento final ou medida da peça queimada (mm).

No laboratório, cada grupo deverá ser responsável pelas medidas de peso seco, peso imerso e peso úmido de 1 ou 2 amostras de taguá, sinterizadas em 1 determinada temperatura: 800oC, 900oC e 1000oC. Após a determinação do peso seco, as amostras serão imersas em água fervente por de 1 hora, período após o qual, serão realizadas as medidas de peso imerso e peso úmido.

A partir dos resultados obtidos para as amostras de todos os grupos das 9 turmas, deverão ser calculados os valores médios e respectivos valores de desvio-padrão dos parâmetros: retração linear (valores já medidos), absorção de água, porosidade aparente e densidade aparente, para cada temperatura de sinterização. Esses valores deverão ser relacionados com a temperatura de queima e valores de tensão de ruptura previamente determinados, em aula anterior.

Referências:

1. Designation: C20 − 00 (Reapproved 2010), Standard Test Methods for Apparent Porosity, Water Absorption, Apparent Specific Gravity, and Bulk Density of Burned Refractory Brick and Shapes by Boiling Water.