MEDIDA DE ENERGIA DE FRATURA DE MATERIAIS CERÂMICOS

ENERGY MEASUREMENT FRACTURE OF CERAMIC MATERIALS

Vanessa de Sousa Ferreira (Apresentador)[1] - Unifesspa
Adriano Alves Rabelo (Coordenador do Projeto)[2] - Unifesspa

Resumo: A energia de fratura é de uma grandeza relacionada à quantidade de energia necessária para a formação de duas superfícies de uma trinca por unidade de área projetada da amostra do material. Amostras espessas são mais indicadas para se obter medidas mais acuradas, devido as interações que ocorrem na frente de propagação da trinca. Este trabalho procurou avaliar a possibilidade de se determinar a energia de fratura a partir de corpos de prova de refratários confeccionados por colagem de barbotina. Foram realizadas diversas tentativas de confeccionar os corpos de prova alterando o contramolde e a geometria do entalhe. O método de colagem de barbotina não foi satisfatório para produzir corpos de prova espessos e livres de defeitos após a sinterização.

Palavras-chave: Energia de fratura, refratários, molde em gesso.

Abstract: The fracture energy is a grandeur related to the amount of energy required for the formation of two crack surfaces per unit of projected area of sample material. Thick samples are more suitable to more accurate measurements, because the interactions that occur in front of crack propagation. This study sought to evaluate the possibility of determining the fracture energy from refractory specimens made by slip casting. Several attempts have been made to fabricate the specimens changing the countermold and notch geometry. The slip casting method was not suitable for producing thick specimens and free of defects after sintering.

Keywords: fracture energy, refractory, plaster mold.

1. INTRODUÇÃO

Nos materiais cerâmicos refratários o aumento da energia de fratura se dá por mecanismos de tenacificação, geralmente através do uso de agregados, de um modo geral a sua microestrutura é constituída por uma parte mais fina, podendo ter tamanhos grãos de alguns nanômetros, chamada de matriz e outra mais grossa formada por agregados com tamanhos de até alguns milímetros [1]. Teoricamente, quanto maior a energia de fratura de um material, maior será sua resistência ao dano por choque térmico [2].

O desenvolvimento e melhorias dos materiais refratários são frutos de um melhor entendimento do dano provocado por choque térmico e sua relação com outros modos de degradação destes materiais, incluindo erosão e ataque por escória [3]. E a partir do entendimento dos diversos mecanismos de desgaste atuando sobre os revestimentos refratários é possível especificar refratários mais adequados para a reforma de fornos. O presente trabalho propôs a determinação da energia de fratura a partir da obtenção dos corpos de prova de refratários obtidos por colagem de barbotina. Os moldes de gesso foram confeccionados fazendo o uso de um contra molde com entalhe em "V" ou Chevron. A energia de fratura quando medida pelo Método da Cunha permite uma determinação mais confiável, uma vez que a propagação da trinca deve apresentar uma condição rigorosamente estável e trabalhar com amostras de volume suficientemente grande, para que a zona de interação na frente de propagação da trinca não extrapole as dimensões da amostra. Além disso, que é condição essencial para este método da medida de energia de fratura [2]. A energia acumulada na amostra e na máquina de ensaios durante a deformação elástica deve ser a menor possível e transformada em energia de superfície de modo controlado [4]. O teste de energia de fratura é um fator de grande importância na aplicação de refratários, pois permite prever a resistência ao dano por choque térmico.

---

[1] Graduanda do curso de Engenharia de Materiais, Instituto de Geociências e Engenharias, bolsista PIBIC vinculada ao projeto Identificação dos Mecanismos de Desgaste de Refratários Siderúrgicos e Caracterização de Refratários do Sistema Alumina-Zircônia-Sílica. E-mail: nessinha.ferreira19@gmail.com.
[2] Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais pela UFSCar. Professor Titular Associado da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (FEMAT/IGE/Unifesspa). E-mail: adriano@unifesspa.edu.br.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram confeccionados moldes em gesso utilizando um contra molde de madeira com entalhe em V, feitos em partes separadas de forma a ser montado como um mosaico. O corpo de prova obtido através desses foram feitos por colagem de barbotina. A partir dos primeiros resultados obtidos tornou-se necessário fazer outros contramoldes com dimensões maiores confeccionado de nylon modificado (NYLON 6.6/6) Technyl®, variando-se a disposição do entalhe e posteriormente em peças bipartidas, e finalmente um contramolde sem o entalhe, o que facilitou a desmoldagem dos corpos de prova. Nesta versão final, fez-se manualmente o entalhe e ranhuras laterais das amostras necessários para a realização do ensaio de energia de fratura.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O corpo de prova obtido por colagem de barbotina no primeiro molde não foi satisfatório, apresentando defeitos como relevos e distorção na geometria desejada, e ao ser sinterizado o mesmo trincou e sofreu uma retração volumétrica bastante considerável, tornando necessária a confecção de outro molde com dimensões maiores para compensar a retração volumétrica da peça. Foi confeccionado o contra molde em Technyl® e a peça foi usinada, usando uma fresa obtendo-se assim a geometria desejada. Devido à complexidade do molde houve dificuldade na desmoldagem do corpo de prova, onde se utilizou talco como desmoldante. Com isso, produziu-se outro molde alterando-se a disposição do entalhe. Esse também apresentou dificuldade para a confecção, devido à profundidade do entalhe e a fina espessura do novo contramolde, inviabilizando sua fabricação. Nos moldes que foram confeccionados com sucesso, ou seja, quando o entalhe não fraturou, durante a desmoldagem dos corpos de prova houve problemas da mesma natureza citada anteriormente. Após essas tentativas foi feito um molde bipartido, e um novo desmoldante (sabão diluído) também foi utilizado, mas como os anteriores este molde se apresentou insatisfatório durante a desmoldagem. Diante de tais problemas, optou-se por fazer um entalhe utilizando um material metálico (alumínio) substituindo o em gesso, a base deste molde foi particionada em três. Durante a desmoldagem observou-se uma menor dificuldade, mas na parte do entalhe não houve o resultado esperado, havendo propagação de trincas e fratura do mesmo. Diminui-se então, a profundidade do entalhe, mantendo-se o modelo tripartido, foram confeccionados 3 moldes, usando desmoldantes diferentes (vasilina, ácido oleico e sabão diluído), e dois moldes sem alterações no entalhe e um com diminuição no tamanho do entalhe. Contudo, durante o desmoldagem os resultados não foram positivos para nenhum dos três, pois todos fraturaram no entalhe. Por último foi feito um molde sem entalhe, mantendo-se o modelo tripartido. A obtenção do corpo de prova a partir desse foi menos complicada e o entalhe e a ranhura foram feitos manualmente após a desmoldagem, sendo o mesmo sinterizado a uma temperatura de 1600 ºC por 1 hora. Depois de sinterizado a amostra apresentou trincas e retração diferencial, defeitos que podem ter sido provocados devido ao fato de não se ter feito uma pré-queima da peça para se retirar a umidade e assim, evitar que problemas desse tipo ocorram durante a sinterização. Assim, outro corpo de prova foi obtido utilizando um entalhe em "U" e pré-queima, entretanto, ao ser sinterizado houve persistência de trincas e em maior quantidade. Inviabilizando assim o ensaio para a determinação da energia de fratura nessas amostras com a resistência mecânica já comprometida.

Tabela 01 - propriedades tecnológicas medidas pelo método de Arquimedes:

Temperatura	**Formulação**	**AA (%)**	**PA (%)**	**DA (g/cm^3)**	**RLq (%)**
1600 °C	Alumina	0,53	1,80	3,33	11,33

Fonte: autor

A absorção de água é um fator importante, quanto menor a absorção de água, maior será a durabilidade e resistência da peça frente ao ataque de escórias, por exemplo, para meteriais refratários. A porosidade aparente é uma medida volumétrica dos poros abertos. Pode-se observar que o corpo de prova possui uma porosidade aparente baixa, numa faixa de 1,80%. A porosidade está relacionada com a densidade do material de modo que, a densidade de refratários com baixa porosidade apresenta maior resistência à corrosão e à erosão, assim como à penetração por líquidos e gases [5]. Quanto às medições realizadas no corpo de prova após a queima, foi observada uma retração maior na parte lateral do mesmo.

4. CONCLUSÃO

Todas as tentativas de fazer os corpos de prova com um bom acabamento, dentro das especificações desejadas e de forma reprodutível a partir dos contramoldes em madeira e em Technyl® foram insatisfatórias, com exceção da amostra sem entalhe. Os corpos de prova sinterizados sempre apresentaram trincas, seja com tratamentos térmicos preliminares ou não, mostrando a inviabilidade de se utilizar o método de colagem de barbotina para a confecção de amostras para os ensaios de energia de fratura.

AGRADECIMENTOS

Ao PIBIC/CNPq, pela oportunidade da bolsa de iniciação cientifica; a Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará e a Faculdade de Engenharia de Materiais pela estrutura disponibilizada para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

[1] M. Yushin. Concretos refratários contendo agregado eutéticos eletrofundidos: energia de fratura e a resistência ao dano por choque térmico. Tese de Doutorado. Universidade federal de São Carlos Escola. São Paulo – SP, 2012.

[2] S. Ribeiro, C.C.D. Exposito, J.A. Rodrigues, Projeto, adaptação, instalação e testes preliminares para um sistema de medida de energia de fratura de materiais cerâmicos pelo método da cunha. Cerâmica, 54, 2008, 418-426.

[3] M. A. Quintela, T. M. F. de Melo, I. J. Lage, V. C. Pandolfelli, J. A. Rodrigues. Análise da resistência ao choque térmico de refratários contendo carbono. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento, Usiminas, Ipatinga-MG. (2001).

[4] S. Ribeiro, J. A. Rodrigues. Influência da forma e do processo de obtenção do entalhe na carga máxima e na energia de fratura de argamassas utilizando o método da cunha para propagação estável de trinca. Cerâmica 55, 2009, 181-189.