ANÁLISE DO IMPACTO DE MATERIAIS FRÁGEIS

Mônica Codognoto Bérgamo (PROVIC), Débora Cristiane Sampaio De Oliveira (coautora), Lucas Máximo Alves (Orientador), e-mail: lucasmaximoalves@gmail.com

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Engenharia de Materiais

Engenharia de Materiais e Metalurgia – Materiais Não-Metálicos

Palavras-chave: Porcelana, Impacto, Alumina.

Resumo

As porcelanas são cerâmicas produzidas a partir de matérias primas naturais como sílica, feldspato e caulim. Porém há também as porcelanas aluminosas, as quais são compostas por feldspato, caulim, argila e alumina substituindo o quartzo. Para melhorar a resistência mecânica e dielétrica das porcelanas podem ser adicionadas outras matérias primas, como a alumina, aumentando a gama de aplicações. No seguinte trabalho, foram caracterizadas porcelanas com diferentes composições e analisou-se a ruptura mecânica destes materiais durante um ensaio de impacto. Essa ruptura produz uma dissipação de energia que gera trincas na superfície do material, levando a fratura. O principal objetivo deste trabalho foi realizar a análise de impacto nos corpos cerâmicos e no acrílico, de modo a compara-los e realizar o gráfico de probabilidade de falha por probabilidade de fratura. Desta forma, foi possível obter uma correlação entre as condições de ensaio e a composição do material com o padrão de ruptura fractal.

Introdução

Materiais cerâmicos avançados estão cada vez mais ganhando destaque no cenário atual, principalmente devido as suas vantajosas propriedades. Eles se caracterizam por compreender materiais processados por tratamentos térmicos em altas temperaturas, com ligações químicas tipicamente iônicas e covalentes, podendo variar suas propriedades dependendo do tipo de ligação.

As cerâmicas possuem um comportamento frágil, quando submetidos a uma força de impacto, este comportamento faz com que o padrão de dissipação de energia formado por trincas siga uma geometria irregular. A geometria irregular gerada pelo ensaio, faz com que as trincas possam ser caracterizadas pela sua geometria fractal.

As porcelanas são cerâmicas policristalinas com uma textura fina, que podem conter 50 a 90% de volume contínuo na sua fase vítrea, sendo este responsável pela unificação de suas partículas cristalinas durante a queima (1). Algumas porcelanas contêm alumina, um dos materiais cerâmicos mais importantes e utilizados atualmente, devido ao aumento das propriedades mecânicas dos materiais, como resistência ao aquecimento e ao desgaste, por exemplo. A alumina pode modificar algumas propriedades do material, melhorando a resistência elétrica, estabilidade térmica e química, por exemplo.

O acrílico tem menor resistência à tração e menor rigidez que o vidro e o Policarbonato. A resistência à tração diminui gradualmente com o aumento da temperatura. Possui boa resistência ao impacto, na quebra, e a chapa acrílica não estilhaça como o vidro. O acrílico quebra em pedaços não cortantes e é um material sensível ao entalhe (2).

ISSN 1676-0093

Pela análise de impacto é possível obter-se parâmetros importantes na caracterização da resistência mecânica de corpos sólidos cerâmicos, dada pela composição do material, tensão de ruptura e dimensões da amostra, as quais vão se refletir sobre o padrão de trincas. O intuito deste trabalho é realizar os ensaios já estudados com a máquina de impacto balístico e comparar com os resultados obtidos através do impacto dinâmico de flexão de 3 pontos (3).
Os corpos de prova no ensaio de impacto foram utilizados no formato de disco, devido a melhora da visualização das trincas, em todas as direções. O disco durante o ensaio de impacto se comporta como se diversas barras estivessem sendo ensaiadas num giro de 360°.

Material e Métodos

Utilizou-se para a produção da porcelana: Feldspato, Argila Castro, Caulim Incepa, Quartzo e Alumina. Os corpos de prova de acrílico foram adquiridos já prontos, sendo solicitado a espessura, largura e comprimento desejados. Para a produção dos corpos de prova de alumina, utilizou-se uma alumina A3000 fornecida pela Almatis.
O método experimental consistia, inicialmente, na moagem das matérias-primas no moinho de bolas durante 8 horas, utilizando bolas de porcelana na proporção 2:1. Após a moagem, cada matéria prima é secada em estufa com circulação de ar a 105°C, por 24 horas. Em seguida com um auxílio de um almofariz e um pistilo as matérias primas são desaglomeradas e as mesmas são passadas em peneira de malha 0,177 mm (Mesh 80). A alumina teve uma preparação diferente, pois necessitou-se de álcool isopropílico e 1% de PVB (poli(vinil butiral)), a proporção de bolas: material é de 3:1. Após a homogeneização, coloca-se as bolas dentro do jarro e adiciona-se o álcool isopropílico, deixando por 4 horas no moinho. A secagem é feita com jato de ar quente.
A caracterização consistiu na preparação das 3 composições, onde a composição 1 possuía 10% de argila, 25% de caulim, 35% de feldspato e 30% de quartzo. Já a composição 2 tem valores iguais ao da composição 1, porém ao invés de quartzo adicionou-se 30% de alumina. Já a composição 3 possuía 100% de alumina. Os corpos de prova foram prensados em formato de disco e em formato de barras retangulares. Realizou-se a difração de Raio-X nas amostras e a fluorescência de Raio-X. Utilizou-se o estudo do módulo de ruptura à flexão em três pontos nas amostras em formato de barras retangulares e a análise de impacto nas amostras de formato de disco.

Resultados e Discussão

Analisando os dados de porosidade aparente, absorção de água e densidade aparente, observou-se que a porcelana base apresentou menores valores de absorção de água quando comparado as composições com alumina.
O caulim apresentou um comportamento de difração de Raio-X com picos no difratograma que correspondem a fase haloísita. Já o feldspato apresentou picos que se assemelham aos picos da fase albita e quartzo, enquanto o quartzito apresentou fases de quartzo em sua maior parte. Para determinar a composição química das matérias primas utilizou a técnica de fluorescência de raio-x. Todas as matérias-primas, excetuando-se a alumina, apresentam como um dos principais constituintes o SiO_2. Como fundentes pode-se observar a presença de óxido de sódio, ferro, potássio e cálcio, com percentagens consideráveis.

ISSN 1676-0093

O quartzo é a matéria prima que possui o maior teor de sílica, com 93,32% e o feldspato apresenta teores altos de óxido de sódio, 7,62%, que auxilia no controle de vitrificação do corpo cerâmico. A alumina, que foi usada para substituição parcial e total do quartzo, apresenta a composição mais pura com (99,72%) de Al_2O_3. O caulim, além da presença da SiO2 e Al2O3, apresenta óxido de potássio equivalente a 0,179%, e óxidos de titânio, ferro, equivalentes a 0,7% aproximadamente.

Na análise do módulo de ruptura á flexão em três pontos, a alumina pura apresenta maiores valores de módulo de ruptura que o restante das composições, sendo maior que o acrílico, 210,267 e 120,285 N/mm², respectivamente. Comparando as porcelanas, a que não apresenta alumina possui uma queda no módulo, enquanto que, quando se adiciona alumina, este valor aumenta, 70,3826 e 87,6727, respectivamente. O fator que pode ter influenciado a resistência mecânica dessas composições é a presença das partículas dispersas de alumina e quartzo na matriz vítrea das porcelanas. A presença de alumina aumenta a resistência mecânica devido ao seu elevado módulo elástico e à sua dispersão na fase vítrea.

A análise fractal da fratura por impacto mecânico das porcelanas silicosas e aluminosas foram obtidas por meio da análise estatística da fração de massa dos fragmentos e da probabilidade de sobrevivência dada pela fração de fragmentos menores para uma mesma energia aplicada sobre o corpo de prova, onde pode-se observar o comportamento do material, para comparação da resistência mecânica. O acrílico comercial comum foi utilizado para comparação, com tamanho e espessura semelhantes às amostras da porcelana. A análise fractal da fratura por impacto mecânico das porcelanas silicosas e aluminosas foram obtidas por meio da análise estatística da fração de massa dos fragmentos e da probabilidade de sobrevivência dada pela fração de fragmentos menores para uma mesma energia aplicada sobre o corpo de prova, onde pode-se observar o comportamento do material, para comparação da resistência mecânica. Os quatro gráficos referentes às 3 composições e ao acrílico, estão representados na Figura 1.

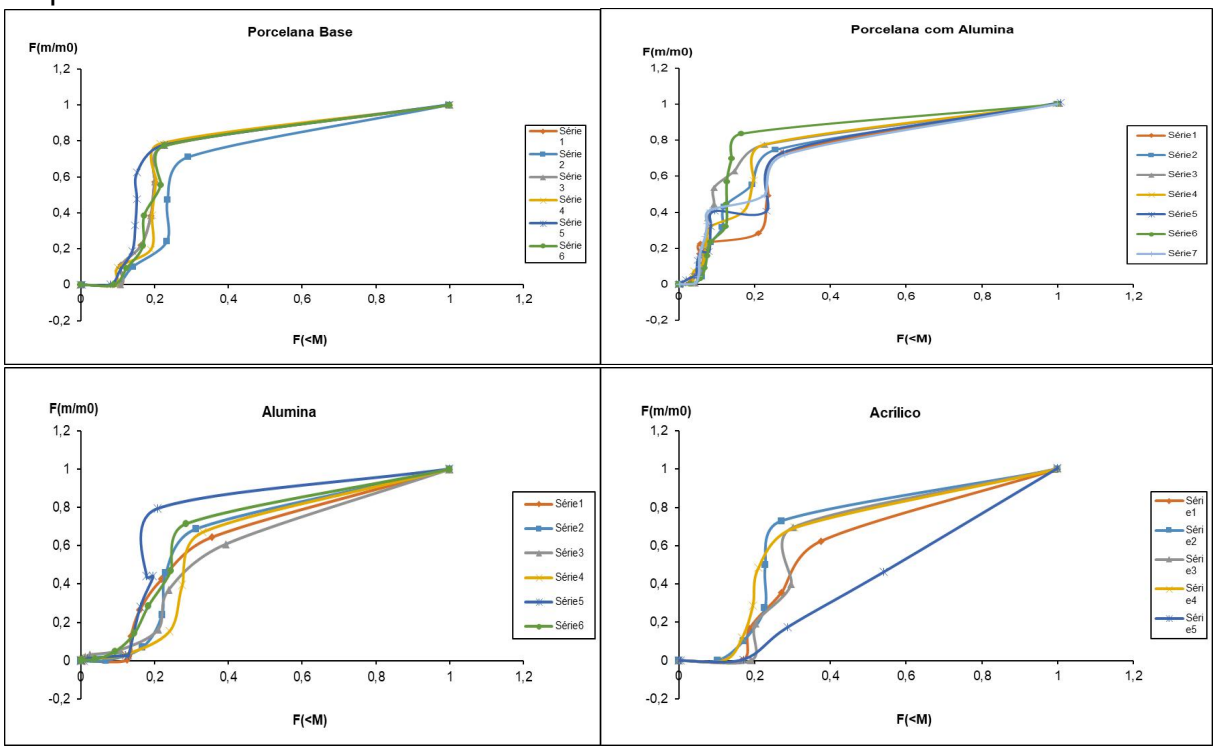
Dentre as três composições de porcelanas estudadas, a alumina pura mostrou maior desempenho, estando mais próximo ao acrílico, isto dá-se devido a rigidez da estrutura da porcelana. A presença de alumina aumenta a resistência mecânica devido ao seu elevado módulo elástico e à sua dispersão na fase vítrea, como da mesma forma que a presença de partículas dispersas de quartzo na matriz vítrea atua no sentido de barrar a propagação de trincas de Griffith, o que aumenta a resistência mecânica.

A fragilidade das porcelanas depende da microestrutura que elas apresentam. Vários fatores podem afetar a resistências destes materiais, como trincas e poros, sendo que a fratura começa com a sua dissipação através destas falhas. O mecanismo usado na análise fractal por impacto mecânico demonstra a real geometria da trinca e da fragmentação, diferente da medida de resistência a flexão em três pontos que é apenas um processo secundário (4).

O acrílico é o material que absorveu mais o impacto, sendo que dissipou a energia de cima para baixo da amostra, posteriormente transmitida nas bordas. Este material apresentou poucas fragmentações, quando comparada com as outras composições, devido principalmente a sua maior tenacidade.

ISSN 1676-0093

Figura 1 - Frequência (<M) do tamanho dos fragmentos em função da massa relativa (m/m0) para a porcelana base, porcelana com alumina, alumina e acrílico, respectivamente.



Conclusão

A inclusão de alumina na porcelana acarretou num aumento da resistência mecânica do material, quando comparado ao da porcelana base. Além disso, a alumina pura apresentou maiores valores de módulo de ruptura, devido principalmente ao seu elevado módulo elástico e à sua dispersão na fase vítrea. Analisando o ensaio de impacto, verificou-se que a porcelana nas composições estudadas possui valores de tenacidade muito próximas da do acrílico. Foi possível concluir também que a quantidade de fragmentos obtidos após fratura depende da quantia de energia de impacto fornecida, e cada composição apresenta seu próprio padrão de fragmentos.

Agradecimentos

Agradecimento ao professor Dr. Lucas Máximo Alves pela oportunidade de realizar o projeto, orientação e ensinamentos durante todo processo de pesquisa.

Referências

1 J. J. Restrepo and D. D. R, "Controle da Deformação Piroplástica em Massas de Porcelanas Triaxiais usando a Análise Dilatométrica," *Cerâmica Industrial,* julho/Agosto 2003.

2 Características do Acrílico. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/belmetal/chapas-acrilico.pdf> Acesso em 25 de agosto de 2019.

3 MVUMBI.C B.M, Análise Fractal da Ruptura Mecânica de Porcelanas, fl 78. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.

4 A. Celli, A. Tucci, L. Esposito, and C. Palmonari, "Fractal analysis of cracks in alumina–zirconia composites," *Journal of the European Ceramic Society,* vol. 23, pp. 469-479, 3// 2003.