MEDIDAS DE TENACIDADE A FRATURA EM AMOSTRAS DE VIDRO

Gabriela de Oliveira Dogado (PIBIC/PROVIC/UEPG), Prof. Dr. Francisco Carlos Serbena (Orientador), e-mail: fserbena@uepg.br, Iolanda Cristina Justus Dechandt (Coautora), e-mail: iolandafisica@gmail.com.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Física.

Engenharia de Materiais e Metalúrgica, Materiais não-metálicos, Cerâmicos.

Palavras-chave: Tenacidade a fratura, propriedades mecânicas, vidros.

Resumo

Para uma melhor caracterização da tenacidade a fratura, destacam-se métodos onde a amostra possui um entalhe Chevron. Uma configuração simples da amostra e de fácil preparo é o método short-rod. Esse trabalho tem como objetivo desenvolver e aplicar o método short-rod para a medida de tenacidade a fratura em materiais vítreos. O método mostrou-se difícil de ser aplicado em vidros pela dificuldade em fabricar o ponto de apoio onde a força é aplicada na amostra, ocorrendo frequentemente a fratura frágil no ponto de aplicação da força, mas foi aplicado com sucesso em amostras vítreas poliméricas.

Introdução

Em 1997, Shelby definiu: “Vidro é um solido amorfo, com ausência completa de ordem a longo alcance e periodicidade, exibindo uma região de transição vítrea.”[1]. Já quando tratados termicamente, os materiais vítreos são transformados em vitrocerâmicas com diferentes frações volumétricas, sendo estas frações controladas pelos parâmetros de tratamento térmico. Para uma melhor caracterização da tenacidade a fratura, destaca-se o método de entalhe Chevron em amostras short-rod proposto por Barker [2]. Essa propriedade, por definição, é a medida da resistência de um material à fratura frágil quando uma trinca estiver presente.

Materiais e Métodos

Com o intuito de desenvolver uma metodologia adequada para o preparo das amostras com entalhe Chevron do tipo short-rod, duas amostras de dissilicato de lítio - vidro e vitrocerâmica - e também amostras de resina vítrea polimérica foram preparadas. As amostras de dissilicato de lítio foram fundidas em nosso laboratório utilizando moldes apropriados e na geometria exigida pelo teste.

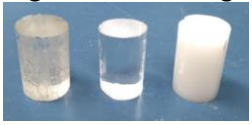
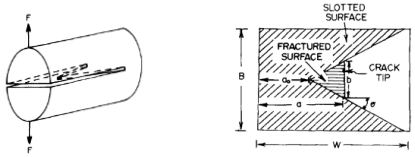


Figura 1: Amostra preparada com resina vítrea polimérica (esquerda), amostra de vidro de dissilicato de lítio (centro) e amostra de vitrocerâmico de dissilicato de lítio (direita).

As amostras de vidro de dissilicato de lítio foram caracterizadas por calorimetria exploratória diferencial (DSC) e espectros de difração de raios X foram realizadas nas amostras de resina vítrea polimérica para comprovar a sua natureza amorfa.

Na figura 2 são mostrados os detalhes das características geométricas dos corpos de prova cilíndricos conforme proposto por Barker [1].



(a) (b)

Figura 2: Características geométricas para (a) a aplicação da carga e (b) o entalhe Chevron [1].

De acordo com esse método, as dimensões das amostras estão especificadas na tabela 1.

Tabela 1: Padrões e proporções de medidas para o entalhe Short-Rod.

B (mm)	W (mm)	a_0 (mm)	θ (º)
13,0	13,0	6,4	58

W (mm) equivale a altura da amostra, B (mm) equivale ao diâmetro da amostra, a_0 (mm) equivale à distância entre a ponta do entalhe e a frente da amostra e θ (º) equivale ao ângulo do entalhe.

A máquina para a introdução do entalhe Chevron é constituído de uma máquina de corte e um dispositivo de posicionamento X-Y-Z-θ. Esse dispositivo foi planejado, construído e desenvolvido por nós como mostrado na Figura 3.



Figura 3: Dispositivo de posicionamento X-Y para variação do ângulo de corte.

Foram realizadas tentativas de um método para a fixação do corpo de prova na máquina de ensaio. Dois furos centrados foram feitos com a ajuda de uma broca diamantada onde foram colados dois fios metálicos em 90º como mostra a figura 4:



Figura 4: Corpo de prova de resina vítrea polimérica com aparato de fixação.

Após colocado o aparato no corpo de prova, esse foi fixado na máquina de ensaio da marca Shimadzu como mostra a figura 5.



Figura 5: Corpo de prova de vidro polimérico fixado pelo aparato de arame na posição de 90º na máquina de ensaio de tração.

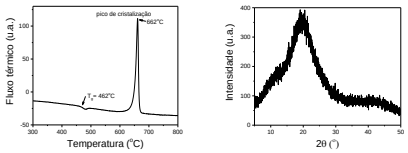
Os parâmetros de velocidade utilizados no ensaio da caracterização mecânica por tração foi de 2 $mm.min^{-1}$. A tenacidade e a fratura pelo método short rod (K_{ISR}) é fornecida pela seguinte equação.

$$K_{IC} = \frac{AF_c}{\left[B^{3/2}\left(1-\nu^2\right)^{1/2}\right]} \quad (1)$$

sendo F_c a carga de ruptura, A uma constante igual a 21±1, B o diâmetro da amostra e ν o coeficiente de Poisson.

Resultados e Discussão

A figura 6(a) mostra a curva de DSC do vidro dissilicato de lítio com a temperatura de transição vítrea de 462ºC e a temperatura do pico de cristalização igual a 662ºC. A figura 6(b) mostra o espectro de difração de raios X da resina vítrea polimérica revelando uma estrutura amorfa, assimilando-se a amostra vítrea de dissilicato de lítio.



(a) (b)

Figura 6: (a) Curva de DSC do vidro de dissilicato de lítio mostrando a temperatura de transição vítrea e o pico de cristalização e (b) curva de difração de raios X da amostra vítrea de resina polimérica.

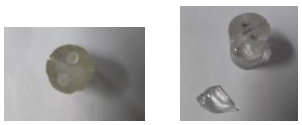
Após o procedimento na máquina de corte, os corpos de prova ficaram com a geometria exigida para os testes como mostra a figura 7.



(a) (b) (c)

Figura 7: (a) Corpo de prova após metodologia de entalhe em amostra de resina. (b) Corpo de prova após metodologia de entalhe em amostra vítrea de dissilicado de lítio. (c) Corpo de prova após metodologia de entalhe em amostra de vitrocerâmica de dissilicado de lítio.

O corpo de prova mais visível para avaliar as dimensões do entalhe é da amostra vítrea de dissilicato de lítio devido a sua transparência. Os furos confeccionados só obtiveram a profundidade desejada na amostra de resina, como mostra a figura 8 (a), já para a amostra vítrea, a broca diamantada não perfurou totalmente o corpo de prova devido à alta dureza do material, chegando a se fraturar, como mostra a figura 8 (b).



(a) (b)

Figura 8: (a) Corpo de prova de resina com furos centrais de profundidade de 5mm. (b): Corpo de prova vítreo de dissilicato de lítio fraturado após perfuração com broca diamantada.

Devido aos desvios no procedimento de fixação, prosseguiu a caracterização mecânica com a amostra de resina vítrea polimérica. Após o ensaio de caracterização mecânica pelo teste de tração plotou-se um gráfico de Força (N) x Deslocamento (mm) como mostra a figura 10.

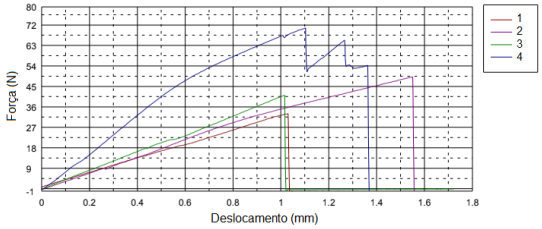


Figura 10: Força (N) x Deslocamento (mm) para o ensaio de tração para os corpos de prova de resina vítrea polimérica.

Verifica-se que o comportamento é linear com exceção da amostra 4. As quedas dos valores da carga na amostra 4 foram causadas pela existência de cola de fixação de arame perto do entalhe. Verificando microscopicamente o que ocorreu no material, a Figura 11 mostra que após o ensaio a trinca propagou-se ao longo do entalhe.

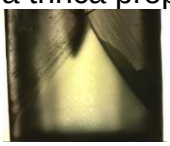


Figura 11: Análise microscópica realizada no corpo de prova após o ensaio de tração mostrando a propagação da trinca ao longo do entalhe Chevron.

A partir dos dados da Figura 10, obteve-se os seguintes valores para os corpos de prova 2 e 3, cujos resultados foram considerados válidos e mostrados na Tabela 2.

Tabela 2: Valores da carga de ruptura F_c e a tenacidade a fratura K_{IC} obtidos do teste de ensaio mecânico.

	Força (N)	K_{IC} (MPa.m$^{1/2}$)
Corpo de prova 2	49,3	0,73
Corpo de prova 3	41,17	0,61

A média dos valores medidos da tenacidade a fratura pelo método de entalhe Chevron em amostras short-rod foi de 0,67 ± 0,06 MPa.m$^{1/2}$. O valor de 0,3 foi assumido para o módulo de Poisson. O valor de K_{IC} obtido está de acordo com a ordem de grandeza esperada para polímeros.

Conclusões

A medida de tenacidade a fratura em amostras vítreas short-rod com entalhe Chevron foi realizada com sucesso em amostras de resina vítrea polimérica. Para a realização correta do entalhe é necessária habilidade manual do operador. Para se obter uma amostra válida para o teste, deve-se tomar cuidado na hora de realizar o corte para o entalhe e também no preparo da fixação dos suportes onde será aplicada a carga para o ensaio de caracterização mecânica por tensão.

Agradecimentos

Meus agradecimentos às agências brasileiras CNPq e CAPES pelo apoio financeiro e também aos Departamentos de Física e de Engenharia de Materiais da UEPG e ao C-LABMU/PROPESP pela disponibilização da infraestrutura disponível para realizar os ensaios referentes ao projeto. Gostaria de agradecer, também, ao Prof. Dr. F.C.S. por oferecer seu projeto e ajuda com o esclarecimento de todas as dúvidas que surgiram ao longo do trabalho.

Referências

[1] PFAENDER, H.G. Schott Guide to Glass. London: Chapman & Hall, 1996. SHELBY, J.E. **Introduction to Glass Science and Technology**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1997.
[2] BARKER, L. M. A simplified method for measuring plane strain fracture toughness. Engineering Fracture Mechanics, v. 9, n. 2, p. 361–369, 1977.