

## Medição do comprimento da trinca em ensaio de fissuração pelo método da cunha via técnica de correlação de imagens digitais.

Rafael V. Maginador<sup>1</sup>, José A. Rodrigues<sup>2</sup>, Rodrigo B. Canto<sup>3</sup>

1. Estudante de IC do Departamento de Engenharia de Materiais – DEMa/UFSCar; \*r.vargas\_m@hotmail.com
2. Professor Associado do Departamento de Engenharia de Materiais – DEMa/UFSCar;
3. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Materiais – DEMa/UFSCar.

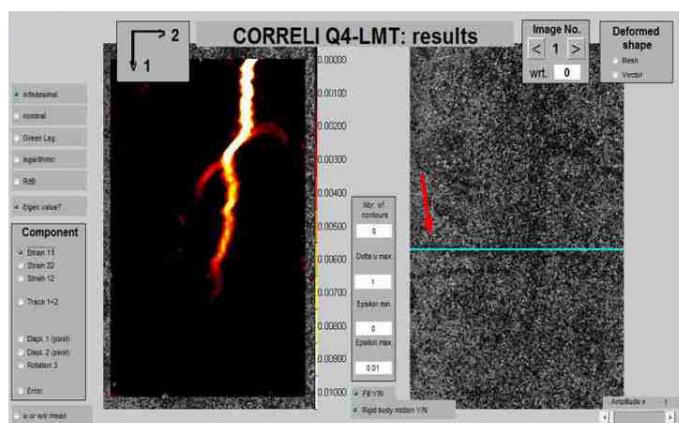
Palavras Chave: *Correlação de Imagens Digitais, trinca, curva-R.*

### Introdução

Cerâmicas refratárias são empregadas em condições de extremas solicitações térmicas e corrosivas devendo manter suas principais propriedades. Porém, essas condições podem levar ao trincamento do material, e consequente perda de funcionalidade. Um dos principais parâmetros para a seleção deste tipo de material é o estudo da curva de resistência à propagação de trinca em função de seu tamanho (curva-R) [1,2]. A principal dificuldade para a obtenção desta curva é a localização precisa da ponta da trinca [3]. Geralmente são necessários vários ensaios ou cálculos, sendo dispendioso e demorado. Neste trabalho foi estudada a aplicação da técnica de Correlação de Imagens Digitais (CID) [4], com análise do campo de deformações obtido durante um ensaio de fissuração, para identificar a região da ponta da trinca. A posição encontrada foi confirmada por meio de estereomicroscopia. Os resultados indicaram ser possível a aplicação da técnica de CID para a obtenção da curva-R com apenas um ensaio mecânico.

### Resultados e Discussão

Com o campo de deslocamentos obtidos pela técnica de CID, através de fotografias obtidas durante os ensaios, foi calculado o campo de deformações. Neste, é possível perceber regiões com concentrações localizadas de deformações principais máximas ( $\epsilon_1$ ), relacionadas à formação de trincas, como pode ser visto na Figura 1.



**Figura 1.** Interface do programa *Correli-Q4™*, com resultado da análise mostrando o campo de deformações a esquerda e a imagem analisada. A linha azul indica o limite da ponta da trinca identificada em microscópio.

A dificuldade na identificação da região da ponta da trinca consiste em descobrir acima de qual valor de deformação de referência ( $\epsilon^*$ ) que se considera que aquilo representa uma trinca. Para isso, o ensaio foi realizado de modo que a trinca não se propagasse até o final do corpo

de prova (CDP), sendo possível, após o ensaio, observá-la em estereomicroscópio e seu comprimento utilizado para identificar o valor de  $\epsilon^*$ .

Um dos corpos de prova foi ensaiado novamente, com uma carga estática, e a CID foi aplicada em imagens com resoluções maiores em relação às obtidas no microscópio, a partir de uma objetiva tipo “macro”. A técnica foi aplicada entre as imagens do CDP descarregado (referência) e carregado, neste caso, sendo possível uma melhor calibração da deformação de referência,  $\epsilon^* = 0,0045$ .

Um exemplo das medidas obtidas é apresentado na Tabela 1 enquanto que na Figura 1 foi exemplificada a interface do software *Correli-Q4™* utilizado, com os resultados do ensaio utilizando a objetiva tipo macro.

**Tabela 1.** Comparação de tamanhos de trinca obtidos em microscópio e CID após descarregamento e por auxílio de uma objetiva macro e CID no CDP carregado.

Método utilizado	Microscópio (sem carga)	CID (sem carga)	Macro (carreg.)	CID (carreg.)
Tamanho da trinca	47,6mm	51,1mm	58,0mm	57,0mm

### Conclusões

Os procedimentos desenvolvidos possibilitaram a identificação do valor  $\epsilon^* = 0,0045$  para o material e sistema ótico analisado. A partir deste valor, foi possível obter o tamanho da trinca ao longo do ensaio analisando linha a linha da matriz de deformações dos elementos da análise de CID. Os procedimentos aplicados poderão ser aprimorados de modo a se tornarem uma metodologia capaz de identificar  $\epsilon^*$  com apenas um ensaio e, com este mesmo ensaio, obter a curva-R do material em análise.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Fapesp (processo n. 2014/03594-1) pela bolsa de R. V. Maginador, ao CNPq pela bolsa de Produtividade em Pesquisa de J. A. Rodrigues (processo n.º 307127/2013-3) e a F. Hild (LMT-Cachan, França) por disponibilizar o software *Correli-Q4™*.

[1]: MAZZEI, A. C. A. Caracterização e determinação da curva-R de compósitos Alumina-Mulita-Zircônia. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, 1997.

[2]: MAZZEI, A. C. A. Estudo comparativo das metodologias para obtenção da curva-R de compósitos cerâmica-cerâmica. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, 2002.

[3]: BORNHAUSER, A.; KROMP, K.; PABST, R. F. R-curve evaluation with ceramic materials at elevated temperatures by an energy approach using direct observation and compliance calculation of the crack length. *Journal of Materials Science*, v. 20, p.2586–2596, 1985.

[4]: BESNARD G., HILD F., ROUX S. Finite-element displacement fields analysis from digital images: Application to Portevin-Le Châtelier bands. *Experimental Mechanics*, v46, p789-804, 2006.