

Determinação da curva Tensão-Deformação com o auxílio da Correlação de Imagens Digitais (DIC)

Ricardo Braun Schneiders
Dept. de Engenharia Mecânica
Universidade Federal do Pampa -
UNIPAMPA
Alegrete, Brasil
ricardobraun96@gmail.com

Dr. Leandro Antônio Thesing
Dept. de Engenharia Mecânica
Universidade Federal do Pampa -
UNIPAMPA
Alegrete, Brasil
leandrothesing@unipampa.edu.br
leandro.thesing@gmail.com

Abstract — The tensile test is an important engineering tool because with it is possible to determine important information about the mechanical properties of the material. Digital Image Correlation emerges as the method that correct the deficiencies of conventional methods because it is more precise than the others. This study seeks to test the method of Digital Image Correlation to construct the stress-strain curve and the true stress-strain curve. The method consists in filming a traction test with standardized specimens and duly painted with a random pattern for the method to work. Filming is translated by the GOM Correlate software into a strain field and the stress-strain curve is constructed. The use of this method is expected to construct the conventional and true stress-strain curve much more effectively, rapidly and inexpensively, so that this method can be used to determine important mechanical properties in the plastic region of the materials so that these properties can be used in the mechanical conformation of metals.

Keywords — Digital image correlation, true deformation, metal forming.

I. INTRODUÇÃO

O ensaio de tração é uma importante ferramenta da engenharia pois com ele é possível determinar informações importantes sobre as propriedades mecânicas do material como a tensão limite de escoamento, a resistência mecânica, a tensão de ruptura, o módulo de elasticidade, o alongamento percentual, redução de área, a deformação elástica e plástica e a curva de tensão-deformação de engenharia.

O método de Correlação de Imagens Digitais DIC (do inglês *Digital Image Correlation*) surge como o método que sana as deficiências dos métodos convencionais pois se analisa a deformação em toda a extensão do corpo de prova, como se houvessem infinitos *strain gages* no corpo de prova, de uma forma mais simples, barata e fácil. O objetivo geral é a construção do diagrama tensão-deformação através do método de Correlação de Imagens Digitais. Os objetivos específicos são: 1) Realizar o ensaio de tração pela NBR 6152 juntamente com o método DIC; 2) Avaliar o método DIC quanto à sua aplicabilidade para a medição da deformação específica durante o ensaio de tração e 3) Construir a curva tensão-deformação convencional e verdadeira.

II. REVISÃO DA LITERATURA

A. Deformações

A análise de deformações é importante para se evitar deformações grandes o suficiente que possam impedir a estrutura de atender à finalidade para a qual ela foi destinada [1]. Para a construção da curva tensão-deformação

convencional a eq. 1 é usada, onde ε é a deformação específica, l_0 é o comprimento inicial e l_f é o comprimento final do corpo de prova.

$$\varepsilon = \frac{l_f - l_0}{l_0} \quad (1)$$

A curva tensão-deformação verdadeira é uma importante ferramenta na mecânica, especialmente no estudo da plasticidade, para descrever e avaliar as propriedades do material. Ela fornece as informações essenciais para a resposta do material na faixa de deformação plástica. Esta informação pode ser usada no projeto de conformação do metal, no estudo do encruamento plástico, na análise de fraturas, etc [2].

As deformações verdadeiras são os parâmetros empregados nas análises dos processos de conformação e o conhecimento destas deformações neste processo oferecem informações importantes, tais como, a situação das tensões internas, possibilidades da redução de etapas de processos e conhecimento do limite máximo de deformação [3]. A deformação verdadeira é medida precisamente durante todo o ensaio de tração utilizando-se a eq. 2, onde φ é a deformação verdadeira, l_f é o comprimento final e l_0 é o comprimento inicial.

$$\varphi = \int_{l_0}^{l_f} \frac{dl}{l} = \ln \left(\frac{l_f}{l_0} \right) \quad (2)$$

B. Digital Image Correlation (DIC)

A Correlação de Imagens Digitais (DIC) é uma técnica óptica-numérica que utiliza uma metodologia de correlação matemática para calcular o deslocamento plano de superfícies sujeitas a solicitações mecânicas ou físicas. Esse método se vale da comparação de padrões de imagens existentes antes e após um carregamento, para assim determinar o campo de deslocamento e deformações [4]. A diferença entre DIC e outras técnicas de medição convencionais é o fato de que ela permite a medição de forma não invasiva e de baixo custo. Os métodos ópticos são utilizados na mecânica experimental para se obter diretamente dados cinemáticos, além de que a DIC tem uma abordagem não destrutiva e por isso permite a obtenção do campo de deslocamento sem danos ao material em teste. DIC pode ser usado para amostras com distribuição de tensão não uniforme em todo o material, onde extensômetros e strain gauges não providenciam muita informação sobre a tensão e a deformação da amostra [5].

C. Construção da curva de escoamento de um material

A curva tensão-deformação convencional (ou de engenharia) é feita a partir da tensão aplicada no ensaio que utiliza a carga aplicada pela máquina de tração e a área inicial do corpo de prova, a deformação utilizada é a convencional. Desse modo ao se plotar a curva de tensão *versus* a deformação medida espera-se que corpos de prova de diferentes dimensões, mas de mesmo material, tenham curvas iguais ou equivalentes [6].

A quantificação e monitoramento da variação da área após o surgimento da estricção difusa são o maior desafio para se determinar a curva tensão-deformação verdadeira em corpos de prova [7].

III. MATERIAIS E MÉTODOS

A. Preparação do material

As dimensões dos corpos de prova foram determinadas segundo as normas ASTM E-8M e a NBR-6152 seguindo os padrões mais utilizados. Após a usinagem dos materiais nos formatos de norma, estes precisam ser pintados primeiramente com uma tonalidade branca, e posteriormente um padrão preto aleatório deve ser pintado [8]. Este padrão é imposto para que o método DIC funcione, permitindo assim que o software GOM Correlate rastreie o movimento de cada ponto e trace um campo de deformação no material.

B. Ensaio de tração e vídeo

No ensaio de tração utiliza-se a máquina de tração. Nesta máquina é medida a carga aplicada ao material. Para medir a deformação do CP no ensaio de tração um esquema como o mostrado na fig. 1 é montado, para isso é necessário apenas uma câmera para medir a deformação 2D. A câmera é colocada na frente do CP em um tripé estável para medir a deformação durante todo o ensaio [9].

C. Procedimento de construção da curva tensão-deformação utilizando DIC

Para a construção da curva tensão-deformação amostras do tipo seção transversal circular e retangular são usadas. A carga aplicada é medida diretamente pela máquina de ensaio de tração. A deformação do CP e as medidas relacionadas à estricção são medidas pela Correlação de Imagens Digitais. Para o caso do CP com seção transversal circular a suposição feita é a de que esta seção se mantém como um círculo durante o ensaio de tração [10].

a) *Realização do ensaio de tração:* O ensaio de tração pela NBR 6152 é realizado conjuntamente com a filmagem a carga aplicada é medida pela própria máquina de tração enquanto que a filmagem é feita com uma câmera posicionada de modo a captar todo o processo.



Fig. 1. Esquema de montagem para a realização do ensaio de tração e vídeo. Adaptado de [9].

b) *Análise da deformação pelo método DIC pelo software GOM Correlate:* A deformação é medida pelo software GOM Correlate durante todo o processo, mais especificadamente no regime plástico antes e após a estricção, o cálculo da deformação verdadeira é feito utilizando-se as equações da revisão bibliográfica.

c) *Construção da curva tensão-deformação:* Usando-se a carga aplicada medida no primeiro passo e a deformação específica convencional e verdadeira medida no segundo passo o diagrama tensão-deformação é construído plotando-se essas informações num gráfico obtendo-se então as curvas tensão-deformação convencional e verdadeira.

D. Testes

Foram realizados testes com corpos de prova poliméricos de formatos cilíndrico e retangular a fim de praticar o método, como é mostrado na fig. 2.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Espera-se com a utilização deste método construir a curva tensão-deformação convencional e verdadeira de forma muito mais eficaz, rápida e barata, podendo assim este método ser usado para determinação de propriedades mecânicas importantes na região plástica dos materiais de forma que estas propriedades possam ser depois utilizadas.

REFERÊNCIAS

- [1] BEER, Ferdinand P. RUSSELL, Johnston Jr. Resistência dos Materiais. 3 ed. São Paulo: Editora McGraw-Hill, 2006.
- [2] FARIDMEHR I, OSMAN MH, ADNAN AB, NEJAD AF, HODJATI R, AZIMI M. Correlation between engineering stress-strain and true stress-strain curve. Am J Civil Eng. Arch 2014 January 23;2(1):53–9.
- [3] SCHAEFFER, Lúcio. Conformação de chapas metálicas. Porto Alegre: Imprensa Livre, 2004.
- [4] MAXWELL. Correlação digital de Imagem. [S.l.]: Pontifícia Universidade católica do Rio de Janeiro, 2009.
- [5] GONZÁLES, G. L. G. Medição de deformações elasto-plásticas em regiões de concentração de tensões utilizando métodos sem malha e visão computacional. [S.l.]: [s.n.], 2014.
- [6] GARCIA A. SPIM J. A. SANTOS C. A. Ensaio dos materiais. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2012.
- [7] NEMOTO, Yoshiro Lima. Determinação da Curva de Tensão-Deformação Verdadeira de metais isotrópicos usando corpos de prova de chapa fina. Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.
- [8] RIBEIRO, J.; LOPES, H.; VAZ, M. Estudo Numérico E Experimental Do Campo De Deformações Na Interface Osso-Implante. 2009.
- [9] YANG, Lianxiang. Measurement of Strain Distribution Using Digital Image Correlation (DIC) For Tensile Tests. The Advanced High Strength Steel Stamping Team of the Auto/Steel Partnership (A/SP). [SI]. 2010.
- [10] AZEVEDO, Nick B. DONATO, Gustavo H. B. Metodologia para determinação de curvas tensão-deformação verdadeiras pós-estricção. Centro Universitário da FEI. [S.l.]. 2010.



Fig. 2. Teste com corpos de prova poliméricos.