

## EXPERIMENTAL AND NUMERICAL SIMULATION OF THE BACKWARD EXTRUSION PROCESS FOR ANNEALED STEEL AISI 1010

Gilmar Cordeiro da Silva<sup>1\*</sup>, José Rubens Gonçalves Carneiro<sup>1</sup>, André Bragança Carvalho França<sup>1</sup>, Sara Aida Rodrigues Pulecio<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – Belo Horizonte – Minas Gerais – Brasil

<sup>2</sup> Universidad Del Valle Colombia

(\*)E-mail: [gilmarcord@gmail.com](mailto:gilmarcord@gmail.com)

### RESUMO

*Atualmente, apresenta-se como desafio a análise por elementos finitos e simulações de processos de conformar materiais. De um modo geral, a conformação requer vários estágios, e a sequência de produção mais eficiente é obtida por intermédio de métodos empíricos através de experimentos e ajustes. A modelagem computacional de cada estágio do processo de conformação pelo método de elementos finitos aliado a existência de um banco de dados experimental pode tornar o projeto de fabricação mais rápido e eficiente, decrescendo os métodos de "tentativa e erros". Este trabalho avaliou as variáveis de processo no processo extrusão indireta do aço ABNT1010 recozido e trefilado utilizando experimentalmente matrizes fechadas e prensas hidráulicas. O pacote comercial utilizado na simulação da extrusão axissimétrica foi Deform 2D com as matrizes rígidas e o material elastoplástico. Correlacionou-se em uma das etapas do processo os resultados de nanodureza com a expressão analítica de Hollomon obtida no ensaio de tração. Com o uso da simulação numérica foi possível reduzir o número de estágios de fabricação, defeito de fabricação, prever a carga necessária e o perfil de deformação em cada estágio. A distribuição dos erros obtidos na simulação de carga através da técnica de elementos finitos e os experimentos apresentaram média de 11,76 e desvio padrão de 4,83 em razão da distribuição heterogênea de deformação.*

*Palavras-chave:* Simulação Numérica. Extrusão invertida. Nanoindentação. Método de elementos finitos.

### ABSTRACT

*Currently it presents as a challenge the analysis of finite elements and simulation of processes of conforming materials. Generally, the conformation requires several stages, and more efficient production sequence is obtained by empirical methods through experiments and adjustments. Computer modeling of each stage of the conforming process of the finite element method combined with the existence of a database can make the experimental design for manufacture faster and more efficient, reducing the use of methods such as of "trial and error." This study evaluated the variables in the backward extrusion process and annealed steel AISI 1010 experimentally using closed dies and hydraulic presses. The commercial package utilized in the simulation of axisymmetric extrusion was Deform 2D, using rigid matrices and elastoplastic material. It was possible to correlate, in a stage, the results of nanohardness with the analytical expression of Hollomon obtained in the tensile test. Using the numerical simulation it was also possible to reduce the number of stages of manufacture, manufacturing defects, and to provide the required load profile at each stage of deformation. The distribution of errors obtained in the simulation load through finite element analysis and experiments showed a mean of 11.76 and standard deviation of 4.83 due to the heterogeneous distribution of deformation.*

*Keywords:* Numerical Simulation. Backward Extrusion Process. Nanoindentation. Finite element method.