

**Uma abordagem da determinação do coeficiente de atrito pelo ensaio de compressão do anel para os aços DIN 18MnCrSiMo6-4 e DIN 20MnCr5, através da simulação computacional**

Sperotto, Henrique Lima<sup>1</sup>; Rocha, Alexandre da Silva<sup>2</sup>.

**LdTM**

1 Graduando em Engenharia Metalúrgica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
2 Prof. Dr. Eng. Laboratório de Transformação Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul



**INTRODUÇÃO**

O desgaste do ferramental durante a conformação de componentes mecânicos está relacionado ao atrito, que também é um cofator das tensões e deformações envolvidas no processo.<sup>1</sup> Uma das formas de calcular o fator de atrito é o ensaio de compressão do anel. Este ensaio consiste em comprimir um corpo de prova com formato de anel, efetuando a medição do diâmetro interno após a deformação.<sup>2</sup> Comparando os resultados com curvas de calibração, é possível estimar o fator de atrito, posto que as curvas utilizadas sejam coerentes com o caso estudado. As curvas de calibração podem ser geradas por ferramentas de simulação numérica computacional, que também é empregada na validação dos resultados obtidos.<sup>3</sup> A simulação também calcula forças, temperaturas e deformações durante todo o processo.<sup>4</sup>

Neste trabalho buscou-se criar curvas de calibração do ensaio do anel que pudessem ser utilizadas em condições industriais, diferente daquelas levantadas por experimentos adiabáticos, sem troca de calor com as matrizes, que são os comumente encontrados na literatura.

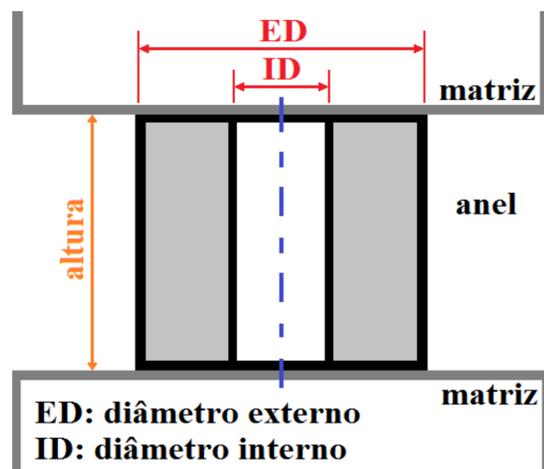


Figura 1. Ensaio de compressão do anel.

**METODOLOGIA – Simulação e Validação**

Inicialmente foram gerados diversos modelos de simulação do ensaio do anel com o aço 20MnCr5, com a utilização do software *Forge NTX 2.1*. Como variáveis adotaram-se a temperatura da amostra e das matrizes, em condições adiabáticas e isobáricas, a velocidade da prensa e o fator de atrito pela lei de Tresca, totalizando 162 modelos de simulação.

Confrontaram-se os resultados com os ensaios experimentais, gerando novos modelos de simulações com parâmetros análogos às condições práticas, a fim de criar curvas de calibração condizentes com as condições de processo industrial, onde existe troca de calor durante a compressão.

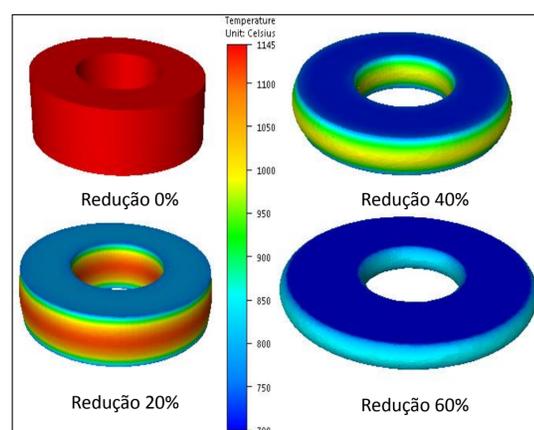


Figura 2. Comparativo de temperatura em diferentes reduções, em condição isobárica.

**METODOLOGIA – Curvas de calibração**

Curvas de calibração do ensaio do anel são gráficos gerados por linhas de mesmo fator de atrito ( $\bar{m}$ ), que relacionam a redução do diâmetro interno de uma amostra em formato de anel, com a redução relativa de sua altura.

**CONCLUSÃO**

Analisando o gráfico abaixo, é perceptível a influência das variáveis do ensaio no resultado, principalmente ao compará-la com a simulação mais aproximada das condições reais. Inferir o coeficiente de atrito para um processo industrial utilizando ensaios do anel adiabáticos pode levar a severas consequências, visto que força necessária para o forjamento pode ser maior que o esperado.

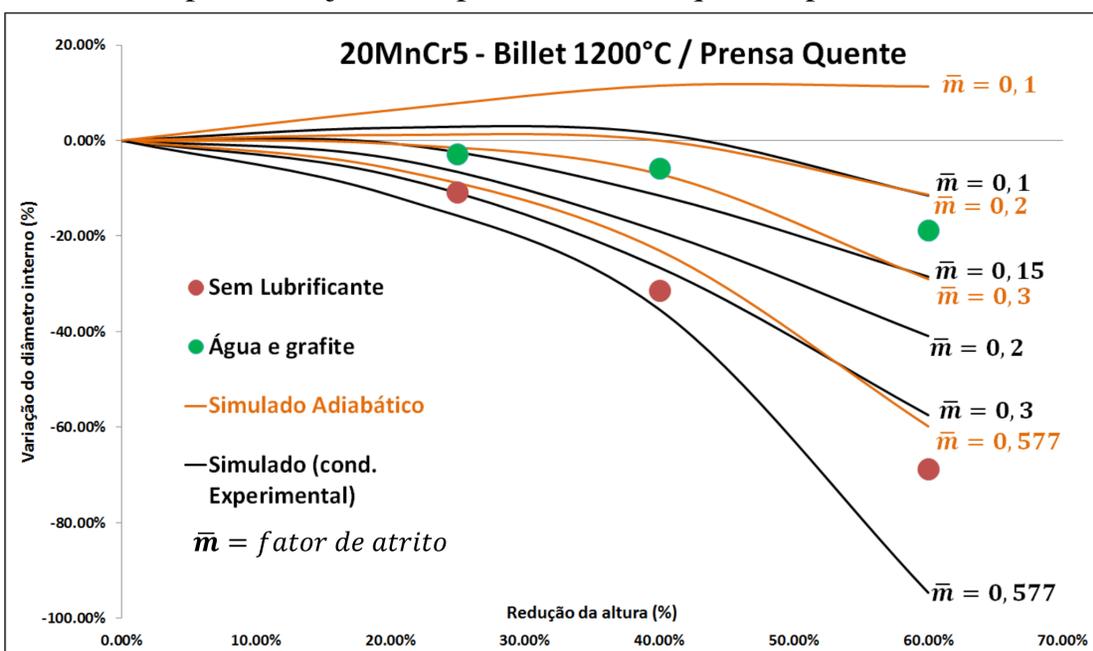


Figura 3. Gráfico de curvas de calibração comparando experimental e simuladas.

Ao longo do processo foram geradas diversas curvas de calibração como esta, validadas através da comparação de forças entre ensaio experimental e simulação, que poderão ser usadas para prever o coeficiente de atrito em condições industriais do aço 20MnCr5. Além disto, foi desenvolvido uma metodologia, que permite levantar curvas de calibração em situações industriais para outros aços, com o auxílio de ferramentas de simulação computacional.

Dando prosseguimento ao trabalho, sugere-se a investigação da influencia da carepa no coeficiente de atrito do ensaio, bem como a construção de curvas de calibração para o aço 18MnCrSiMo6-4, para futura validação do modelo de simulação deste material.

**REFERÊNCIAS**

- Cser, L., Geiger, M., Lange, K., Kals, J.A.G., and Hänsel, M. (1993). Tool life and tool quality in bulk metal forming. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture 207, 223–239.
- Sofuoğlu & Rasty, Jahan & Gedikli, Hasan. (2001). Determination of Friction Coefficient by Employing the Ring Compression Test. Journal of Engineering Materials and Technology, Transactions of the ASME. 123. 338-348.
- Male, A.T., and DePierre, V. (1970). The Validity of Mathematical Solutions for Determining Friction From the Ring Compression Test. Journal of Lubrication Technology 92, 389–395.
- International, T., and Days, S. (2017). Forging preforms design and inverse analysis for friction coefficient calculation by means of FORGE optimization tool.