



AVALIAÇÃO DE ATRITO POR MEIO DE TESTE DO ANEL EM AÇO MÉDIO CARBONO

Anderson Flesch Lopes, José Carlos Krause de Verney, José Lesina César, Leonardo Haerter dos Santos
Universidade Luterana do Brasil – Unidade Canoas

INTRODUÇÃO

Ao realizar um processo de conformação mecânica por forjamento, se busca a fabricação de peça pela conformação plástica. Para determinar este grau de conformação é de grande significância a determinação das tensões extremas aplicadas no material. Conhecendo estes esforços é possível projetar um dimensionamento racional e econômico de um produto pelo aprimoramento da operação. A importância de conhecer estes valores é representar a zona de contato entre peça e ferramenta, onde ocorre o atrito a ser analisado. A forma mais utilizada de averiguar este atrito é a partir do teste de anel. Este teste consiste na compressão de um anel com as proporções do diâmetro externo, diâmetro interno e espessura inicialmente conhecidas. Em uma condição de atrito alto ocorre a diminuição do diâmetro interno à medida que o anel é deformado e uma situação de atrito baixo faz o diâmetro interno aumentar em relação ao raio neutro à medida que o anel é deformado.

OBJETIVO

Neste trabalho a intenção é avaliar a influência de alguns lubrificantes tradicionais naturais e outros sintéticos.

METODOLOGIA

Usinar amostras de aço médio carbono ABNT 1045 na relação de 6:3:2 (figura 1). Realizar tratamento térmico de recozimento em forno tipo mufla. Os lubrificantes selecionados foram o grafite e o MoS₂. Para o ensaio de compressão foi utilizada uma máquina de ensaio mecânico de até 300kN. As análises dimensionais das amostras foram executadas por um paquímetro. Para o método de cálculo foram usadas as equações de Male e de Pierre (figura 2) e as relações dimensionais por meio das curvas de calibração de Avitzur (figura 3). Para análise de dureza um durômetro de bancada e metalografia por meio de microscópio óptico. A partir do diagrama e equações foi determinando coeficiente de atrito.

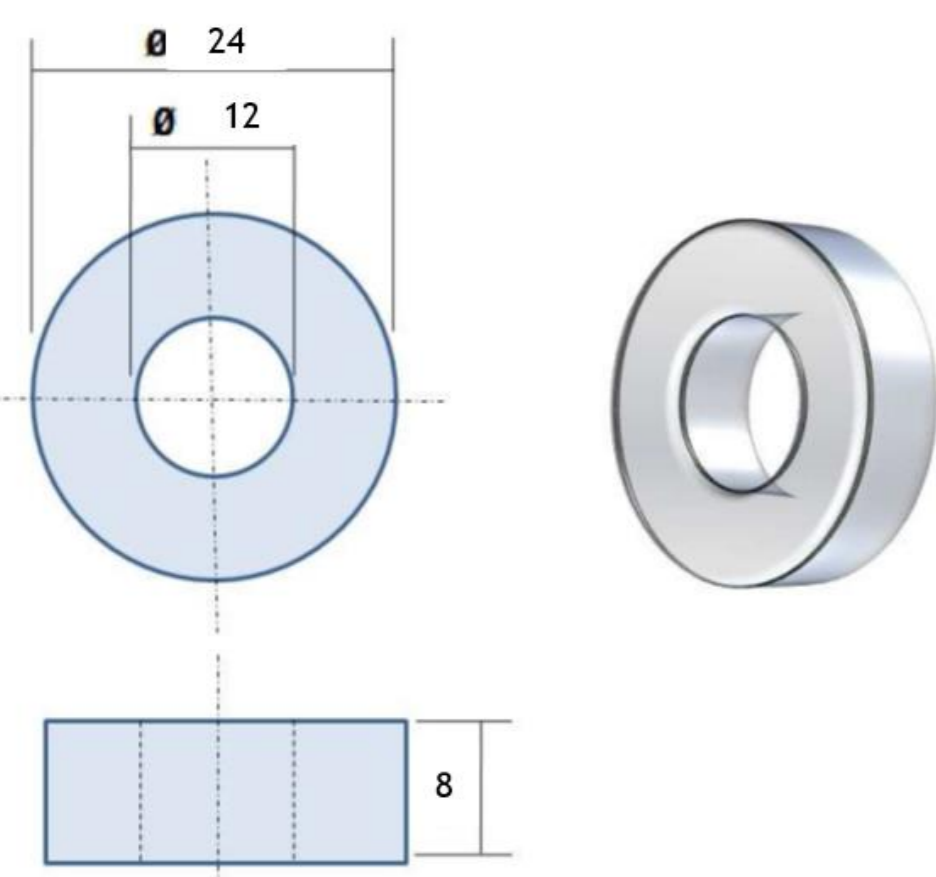


Figura 1: Dimensões dos corpos de prova.

$$R_n = R_o \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{R_i}{R_o}\right) + \left(\frac{\Delta R_i}{\Delta R_o}\right)}{\left(\frac{R_i}{R_o}\right) - \left(\frac{\Delta R_i}{\Delta R_o}\right)}}$$
$$m = \frac{-1}{2 \cdot \frac{R_o}{R_i} \cdot \left(1 - \frac{R_i}{R_o} - 2 \frac{R_o}{R_i}\right)} \cdot \ln \left[\frac{\left(\frac{R_i}{R_o}\right)^2 + \sqrt{3 + \left(\frac{R_i}{R_o}\right)^4}}{\left(\frac{R_i}{R_o}\right)^2 + \sqrt{3 + \left(\frac{R_i}{R_o}\right)^4} + \left(\frac{R_i}{R_o}\right)^2} \right]$$
$$\mu = \frac{m}{\sqrt{3}}$$

R_i = Raio interno após ensaio
 R_o = Raio externo após ensaio
 ΔR_i = diferença entre raio interno antes e após o ensaio
 ΔR_o = diferença entre raio externo antes e após o ensaio
 T = altura após ensaio
 R_n = Raio neutro
 m = Fator de atrito
 μ = Coeficiente de atrito

Figura 2: Equação de Male e de Pierre (1972)

RESULTADOS

Como resultados parciais do projeto, foi executada a usinagem de amostras de aço 1045 no formato de anel. Realizou-se o tratamento térmico de recozimento, aquecendo as amostras a 900 °C por 1 hora. A medida de dureza obtida foi de 85HRB, conferindo o tratamento. Em primeiro momento, a superfície das amostras foi lixada para o ensaio sem lubrificante e sua rugosidade comparativamente é de 0,29 Ra. O ensaio de compressão foi executado somente nas amostras sem lubrificante e os resultados apresentados utilizando as curvas de calibração, salientados dentro do círculo vermelho (figura 3), e pelas equações (figura 2). Verificase um coeficiente de atrito $\mu=0,08$ a $0,09$. As amostras antes e após a compressão são vistas na figura 4. Observando a análise metalográfica, figura 5, verificou-se que após a compressão observa-se um bandejamento da estrutura devido a compressão a frio.

Diagrama coeficiente de atrito

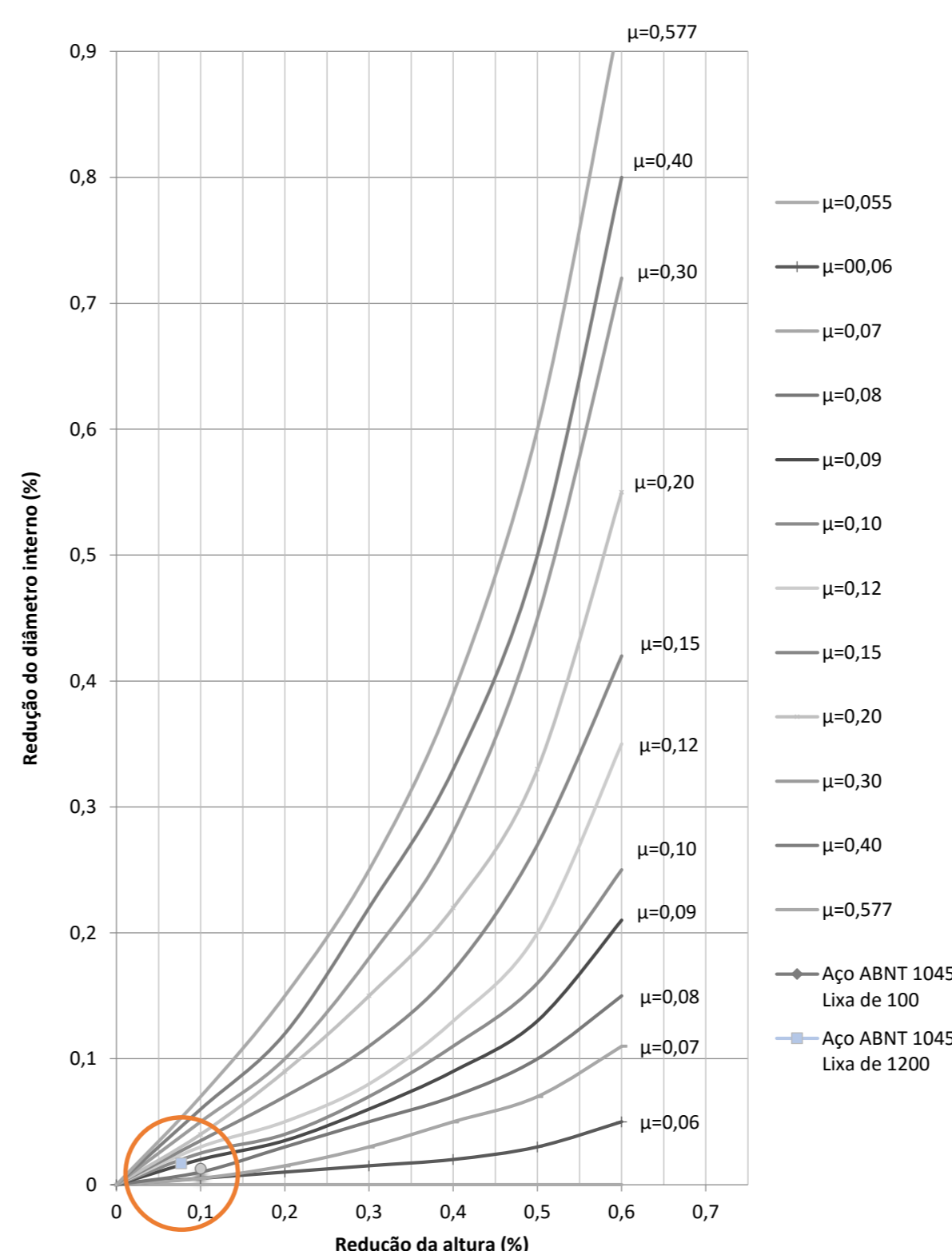


Figura 3: Curvas de calibração para teste de anel

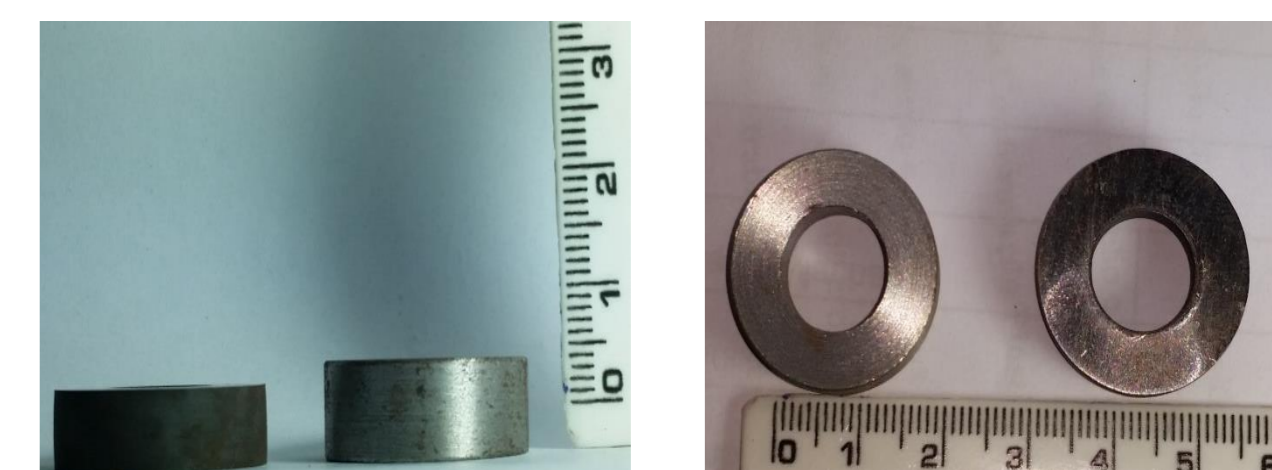
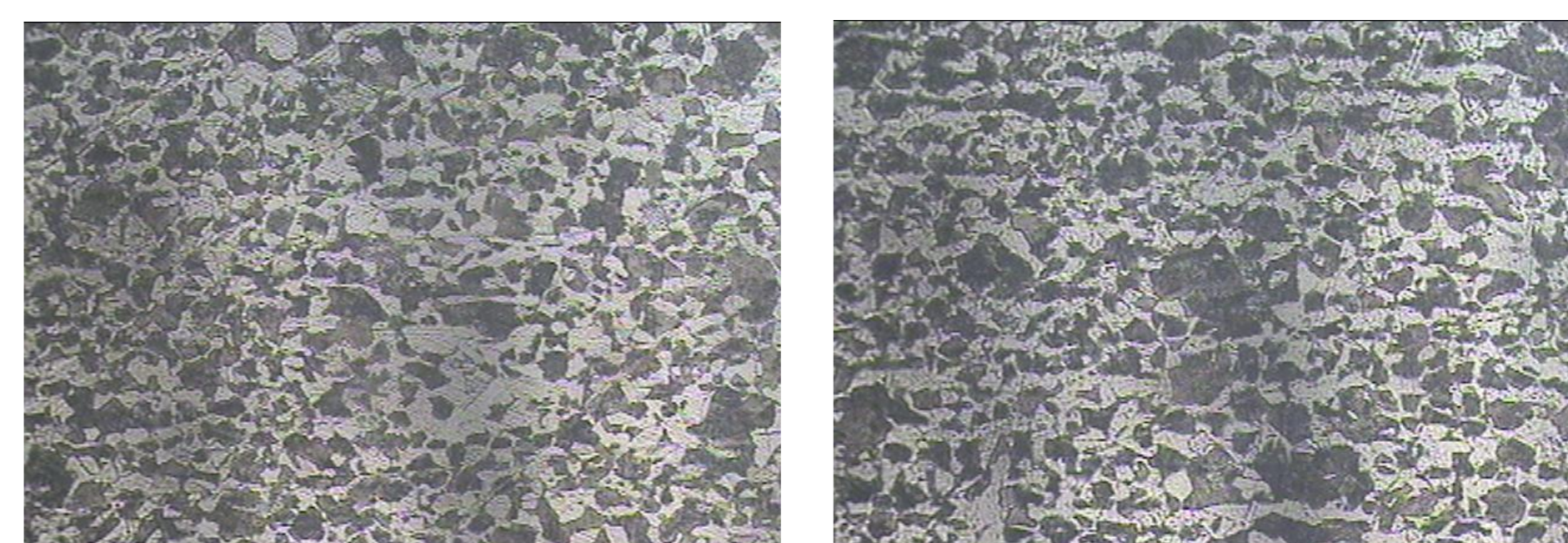


Figura 4: Variações das dimensões do corpo de prova



Amostras sem compressão

Amostras com compressão

Figura 5: Metalografia das amostras de aço ABNT 1045. Ataque por nital 3 %.

CONCLUSÕES PARCIAIS

Com o esforço aplicado sobre as peça de até 300 kN, observou-se que ocorreu pouca alteração nas dimensões, devido a esta baixa força de máquina. Isto implica em uma grande dificuldade na análise do coeficiente de atrito e de confiabilidade. O resultado de $\mu=0,08$ não condiz com a condição de sem lubrificante. Os valores de dureza medidos após o recozimento indicam a efetividade do mesmo.

REFERÊNCIAS

- ALTAN, T.; GEGEL, O.H. S. *Metal Forming Fundamentals and Applications*. Columbus: Carnes Publications Services, 1983.
- BÖRDER, C. *Análise do Coeficiente de atrito no ensaio do anel para o forjamento a quente*. São Paulo: USP, 2005. Trabalho de curso do Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.
- GEIER, M. *Considerações sobre o atrito para processos de forjamento a frio através do ensaio de compressão do anel*. Porto Alegre: UFRGS, 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.
- HELMAN, H.; CETLIN, P. R. *Fundamentos da Conformação Mecânica dos Metais*. Guanabara Dois, 1983.
- MARTINS, V.; SCHAEFFER, L. *Avaliação do Lubrificante através do ensaio do anel da Liga de Alumínio AA6051 e o AÇO SAE8640*. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MATERIAIS, 64, BELO HORIZONTE, 2009. Anais... Belo Horizonte, 2009.
- OLIVEIRA, R. A.; KOLLER, L. A.; SCHAEFFER, L. *Evolution of two Commercially available Lubrificants by means of ring test to 6061 F aluminum Alloys*. 2003.
- SCHAEFFER, L. *Conformação dos Metais*. Porto Alegre: Rigel, 1995