



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

Anderson F. Lopes (acad. Ulbra)

José C. K. de Verney (Ulbra)

José L. Cézár (Ulbra)

Leonardo H. dos Santos (Ulbra)

RESUMO

A quantificação do fator de atrito entre superfícies é sempre uma incógnita difícil de ser analisada. O teste do anel foi elaborado com a finalidade de obterem-se estes valores. A ciência da tribologia estuda os diversos parâmetros que influenciam o atrito. Neste trabalho a intenção é avaliar a influência de alguns lubrificantes tradicionais naturais e outros sintéticos. É importante também verificar as condições de rugosidade da peça e da matriz. Foi empregado um aço ABNT 1045 em forma de anel. O tratamento térmico de recozimento foi executado para eliminar as tensões no material. A compressão foi executada em uma máquina de ensaio mecânicos de 300 kN. Os lubrificantes de grafite e de MoS₂ foram aplicados nas superfícies das amostras a fim de testar o coeficiente de atrito. Também foram executados ensaios nas amostras sem lubrificante. As variações dimensionais nas amostras foram medidas por meio de um paquímetro. Para a verificação visual da ocorrência de variação do fluxo de deformação das amostras foram feitas análises metalográfica. Foi medida a dureza nas amostras de aço e os valores são condizentes com o esperado conforme literatura. Em todos os testes estão sendo feitas comparações de duas rugosidades diferentes e os resultados analisados em conjunto. É possível observar que as amostras sem lubrificante apresentam maiores fatores de atrito.

Palavras-chave: Ensaio do anel. Atrito. Aço médio carbono.

1. INTRODUÇÃO

Börder (2005) aponta que a indústria de forjamento é um segmento importante na cadeia industrial. Ela representa um grande elo na cadeia de fornecedores da indústria metal-mecânica. Segundo Dieter (1981), o forjamento é a transformação dos metais numa forma útil por prensagem ou martelagem. A maioria das operações de forja é realizada a quente, entretanto, certos metais podem ser forjados a frio.

Segundo Cetlin e Helman (2005), é importante o estudo dos estados de tensões a que deve ser submetido um material para nele produzir as deformações necessárias a fim de que adquira determinadas dimensões finais.

Martins e Schaeffer (2009) complementam que uma boa estratégia neste sentido é a escolha de um lubrificante que tenha capacidade de reduzir o atrito sem causar alterações na peça final ou no ferramental. O atrito é um fenômeno indesejado, pois necessita uma maior potência para executar a operação, afeta o acabamento superficial das peças e provoca um desgaste maior das ferramentas. Para determinar o lubrificante adequado ao processo e tipo de material, deve-se conhecer o coeficiente de atrito, que pode ser determinado através do ensaio do anel, o qual é utilizado amplamente, pois não necessita de equipamentos especiais, nem ferramentas instrumentadas.

Segundo Schaeffer (1995), esta técnica consiste no forjamento de um anel plano, e tem como o objetivo medir o coeficiente de atrito. A variação do diâmetro interno para uma dada deformação em altura indicará o grau de atrito interfacial. Com o auxílio de curvas de calibração e através de um experimento, onde se comprime um anel com as mesmas condições de um processo de conformação, pode-se definir o valor do coeficiente de atrito (μ) ou o fator de atrito (m).

Para Oliveira, Koller e Schaeffer (2003), o valor do coeficiente de atrito é obtido através da redução percentual do raio interno em relação à redução percentual de altura. Estes dados de redução devem ser comparados com curvas de calibração, Figura 1 (ALTAN, OH e GEGEL, 1999).

Han (2002) menciona que Avitzur em 1968 propôs equações analíticas para a compressão do anel considerando os efeitos do atrito e utilizando o Método dos Limites Superior/Inferior.

As alteração das medidas após os ensaio são analisadas mediante as equações de calibração de Male, De Pierre e Gurney (1972) relacionadas ao coeficiente de atrito e as curvas de calibração de Avitzur (DIETER, 1981) representando o fator de atrito, equações 1.

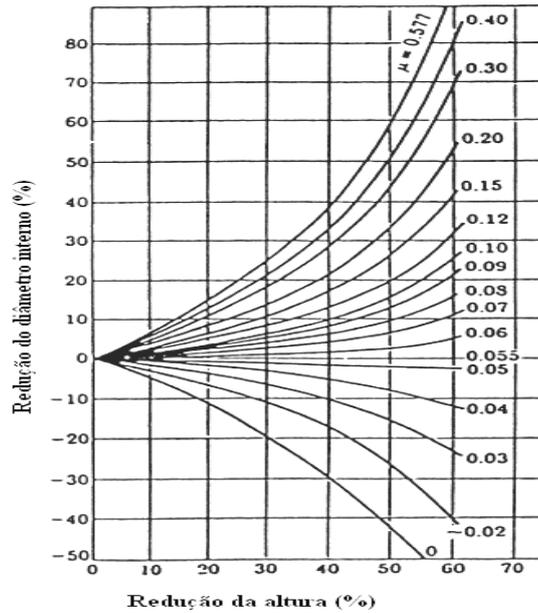


Figura 1: Curvas teóricas de calibração (ALTAN, OH e GEGEL, 1999)

$$R_n = R_0 \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{R_i}{R_0}\right) + \left(\frac{\Delta R_i}{\Delta R_0}\right)}{\left(\frac{R_n}{R_0}\right) + \left(\frac{\Delta R_i}{\Delta R_0}\right)}}$$

$$m = \frac{-1}{2 \frac{R_0}{T} \cdot \left(1 + \frac{R_i}{R_0} - 2 \frac{R_n}{R_0}\right)} \cdot \ln \left[\frac{\left(\frac{R_i}{R_0}\right)^2 \cdot \left(\frac{R_n}{R_0}\right)^2 + \sqrt{3 + \left(\frac{R_n}{R_0}\right)^4}}{\left(\frac{R_n}{R_0}\right)^2 + \sqrt{3 + \left(\frac{R_n}{R_0}\right)^4 + \left(\frac{R_n}{R_0}\right)^2}} \right]$$

$$\mu = \frac{m}{\sqrt{3}}$$

R_i = Raio interno após ensaio
 R_0 = Raio externo após ensaio
 ΔR_i = diferença entre raio interno antes e após o ensaio
 ΔR_0 = 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

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência de alguns lubrificantes tradicionais naturais e outros sintéticos. Isto implica em medir o coeficiente de atrito pelo teste do anel e comparar rugosidade das ferramentas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os corpos de prova são em aço médio carbono a partir de barra comercial de aço ABNT 1045, os quais foram manufacturados em forma anelar com as dimensões, diâmetro externo de 24 mm, o diâmetro interno de 12 mm e altura de 8 mm, respeitando a relação 6:3:2. Sendo sua superfície lixada em lixa grão 100 e 1200. Os lubrificantes adotados no trabalho são o bissulfeto de molibdênio (MoS_2) e o grafite sólido.

Os ensaios de compressão estão sendo realizados com uma prensa hidráulica EMIC de até 300 kN. Para o tratamento térmico de recozimento foi empregado um forno tipo mufla. O ensaio de dureza está sendo feito em um durômetro PANTEC. Para as medidas de dimensão das amostras antes e após os ensaios foi utilizado um paquímetro Mitutoyo 150 mm.

3. RESULTADOS

Na realização deste estudo foi executado o tratamento térmico de recozimento, aquecendo as amostras a 900 °C por 1 hora. Antes e após o tratamento térmico de recozimento foi medida a dureza das amostras. Os valores obtidos foram de 105 HRB antes e de 85 HRB, após o recozimento. Utilizando o paquímetro foram analisadas as variações dimensionais. A variação da redução de altura em ambas as rugosidades ficou em 5,10%.

Os resultados encontrados na variação das dimensões dos corpos de prova após ensaio são analisadas nas curvas de calibração de Avitzur (1972, apud Dieter, 1981) relacionadas ao coeficiente de atrito e apresentadas na figura 2.

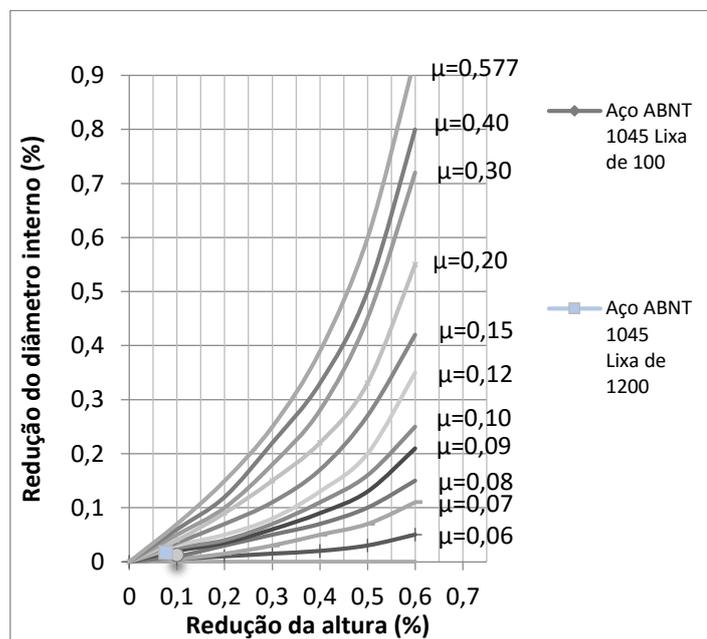


Figura 2: Resultado do fator de atrito nas curvas de Avitzur (1972, apud Dieter, 1981).

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

ANTONIO, T. R. Análise do coeficiente de atrito mediante ensaio de anel em aço inox. Rio Grande do Sul: ULBRA, 2015. Trabalho de curso de Graduação Engenharia Mecânica.

ALTAN, T.; OH, S. e GEGEL, H. Conformação de Metais: Fundamentos e Aplicações. São Carlos: EESC/USP, 1999. 360p.

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.

DIETER, G. E. Metalúrgica Mecânica. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois 1981

GONÇALVES, M. Análise do coeficiente de atrito mediante ensaio de anel para o forjamento em alumínio. Rio Grande do Sul: ULBRA, 2014. Trabalho de curso de Graduação Engenharia Mecânica.

HAN, H. Determination of flow stress and coeficient of friction for extruded anisotropic materials and cold forming. Production Engineering Department. Suécia: Royal Institute of Technology, 2002.

HELMAN, H.; CETLIN, P. R. Fundamentos da Conformação Mecânica dos Metais. Guanabara Dois, 2005.

MALE, A.; DE PIERRE V.; GURNEY, F. Mathematical calibration of the ring test with buldge formation. NTIS, 1972.

MARTINS, V.; SCHAEFFER, L. Avaliação do lubrificante através do ensaio do anel da liga de aluminio AA6051 e o AÇO SAE8640. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MATERIAS, 64, BELO HORIZONTE, 2009. Anais... Belo Horizonte, 2009.

OLIVEIRA, R. A.; KOLLER, L. A.; SCHAEFFER, L. Evolution of two commercially available lubricants by means of ring test to 6061 F aluminum Alloys. 2003.

Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s15161439200300400028>>

RAJESH, E. e SIVAPRAKASH, M. Analysis of friction factor by employing the ring compression test under different lubricants. International Journal of Scientific & Engineering Research, Vol 4 (5), 2013.

SCHAEFFER, L. Conformação dos Metais. Porto Alegre: Rigel, 1995