

## ENSAIO DE COMPRESSÃO DO ANEL COM A UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES LUBRIFICANTES PARA A OBTENÇÃO DO COEFICIENTE DE ATRITO

Juliano Boeira Ercolani. Mestrando do Programa de Pós Graduação em Minas, Metalúrgica e Materiais na UFRGS.

E-mail: [juliano.ercolani@ufrgs.br](mailto:juliano.ercolani@ufrgs.br)

Renan da Silva Ramalho. Mestrando do Programa de Pós Graduação em Minas, Metalúrgica e Materiais na UFRGS

E-mail: [renan.ramalho@ufrgs.br](mailto:renan.ramalho@ufrgs.br)

Alexandre da Silva Rocha. Professor titular na UFRGS.

E-mail: [alexandre.rocha@ufrgs.br](mailto:alexandre.rocha@ufrgs.br)

**Resumo:** O objetivo deste trabalho é realizar um estudo comparativo sobre a influência de lubrificantes no coeficiente de atrito do corpo de prova com a matriz da liga de alumínio AA6351. Um dos métodos utilizado para a obtenção do coeficiente de atrito é o ensaio de compressão do anel. No presente trabalho foram realizados três ensaios, sem lubrificante, com lubrificante DesmoldMax 35 e com lubrificante DesmoldMax 35-S. Como resultado, obteve-se que os ensaios sem lubrificantes apresentaram os maiores coeficientes de atrito, enquanto o ensaio com lubrificante DesmoldMax 35-S apresentou melhor comportamento em relação aos demais para diminuição do coeficiente de atrito, seguido do DesmoldMax 35, que apresentou valores muito próximos.

**Palavras-chave:** Ensaio de compressão do anel, lubrificantes, coeficiente de atrito.

## COMPRESSION TEST OF THE RING WITH THE USE OF DIFFERENT LUBRICANTS TO OBTAIN THE COEFFICIENT OF FRICTION

### Abstract:

The objective of this work is to perform a comparative study on the influence of lubricants on the coefficient of friction of the test body with the aluminum alloy AA6351 matrix. One of the methods used to obtain the coefficient of friction is the ring compression test. In the present study, three tests were performed, without lubricant, with DesmoldMax 35 lubricant and DesmoldMax 35-S lubricant. As a result, it was obtained that the tests with no lubricants presented the highest coefficients of friction, while the test with DesmoldMax 35-S lubricant showed better behavior in relation to the others to decrease the coefficient of friction, followed by DesmoldMax 35, which presented very high values Upcoming..

**Keywords:** Ring compression test, lubricant; Friction coefficient.

## 1. INTRODUÇÃO

Na conformação mecânica, o coeficiente de atrito é um dos parâmetros mais importantes a ser analisado, uma vez que ele interfere no desgaste do material e das matrizes, assim como aumenta a força necessária para o processo. Segundo BOWDEN (1950) o coeficiente de atrito e o desgaste em processos de conformação dependem basicamente de três parâmetros: materiais envolvidos, topografia dos corpos e condições de trabalho. Uma das formas mais utilizadas de se diminuir o atrito é através da utilização de lubrificantes.

Conforme SCHAEFFER (2004) dentre os ensaios comumente utilizados para determinação do atrito, o mais simples de ser aplicado é o ensaio de compressão de um corpo de prova na forma de anel.

O atrito pode ser determinado pelo método direto e o indireto:

- Método direto

A medição através do método direto consiste em medir as tensões de cisalhamento de atrito e a tensão normal do corpo de prova e as matrizes. Estas deformações são medidas através de extensômetros.

- Método Indireto

Segundo SOFUOGLU (1999) Um método muito utilizado é a deformação plástica de um corpo de prova no formato de anel com superfícies planas e com medidas padronizadas. O corpo de prova é submetido a uma carga para que ocorra a deformação plástica, resultando em uma redução da altura, e variações em seus diâmetros tanto o interno como o externo. A variação do diâmetro é proporcional à condição de atrito entre o corpo de prova e a matriz. Quanto maior for o fator de atrito maior será a redução do diâmetro interno do anel.

Conforme BARRIENTOS (2007) o teste do anel consiste na compressão de um corpo de prova que possui a forma de anel. Neste processo, se o atrito fosse zero, o anel se deformaria tendo seus elementos fluindo radialmente para fora, ou seja, o diâmetro externo medido na altura média do anel aumentaria e o diâmetro interno, na mesma região, também [4]. Não havendo a necessidade do conhecimento a força de deformação do anel, tensão de escoamento do material a ser ensaiado para a determinação do coeficiente de atrito.

A Figura 1 exemplifica o comportamento dos corpos de prova após a aplicação do teste do anel. A esquerda apresenta um ensaio teórico com alto atrito, o que acarreta na diminuição do diâmetro interno, em relação a sua forma inicial. Já na direita, onde o teste foi exemplificado o comportamento com baixo atrito, houve um aumento no diâmetro interno do anel.

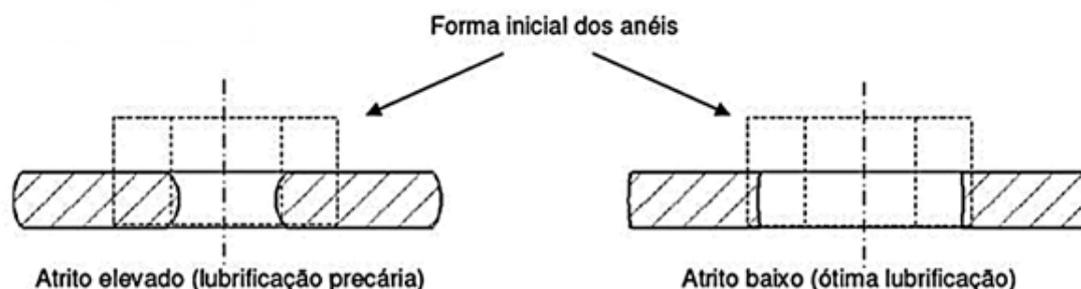


Figura 1: Comportamento dos corpos de prova após o ensaio do anel

As curvas de calibração geradas por MALE, COCKCROFT (1965) na figura 2, relaciona o percentual de redução do diâmetro interno em função da redução da altura do corpo de prova para a obtenção do fator de atrito sem a variação da temperatura.

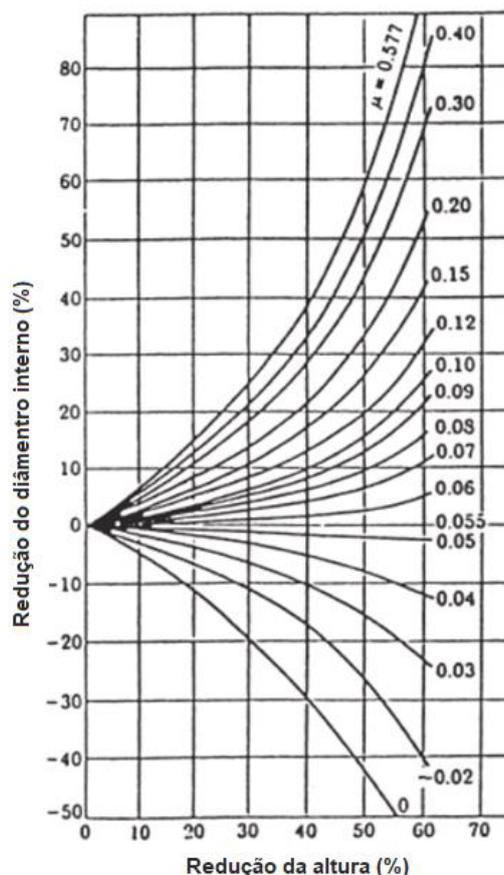


Figura 2: Curvas de calibração Fonte: Male, A.T.; Cockcroft.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Na realização dos testes apresentados neste trabalho foi utilizada a liga de alumínio AA6351 com composição química obtida através de espectrometria de chama, conforme tabela 1.

Tabela 1. Composição química da liga

Elementos	% Si	% Mg	% Mn	% Fe	% Cu	% Outros	% Al
% Presente na amostra	0,973	0,674	0,530	0,198	0,027	0,074	97,523

Foram confeccionados nove corpos de prova para os ensaios de compressão do anel, sendo três para cada condição (sem lubrificante e com dois lubrificantes distintos). As dimensões principais do corpo de prova podem ser vistas na Figura 3 abaixo.

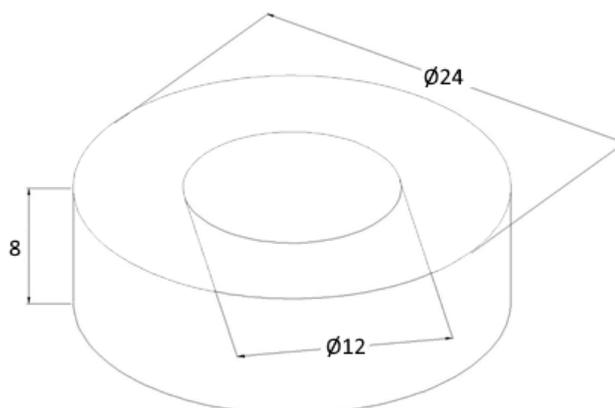


Figura 3: Dimensões do corpo de prova

Os ensaios foram realizados à temperatura ambiente (20 C°) em uma prensa hidráulica EKA com capacidade de 40 toneladas. Os lubrificantes utilizados nos ensaios foram os DesmoldMax DCP-35S e DesmoldMax DCP-35, da marca Clarus.

Para o ensaio, realizaram-se três compressões para cada condição que se deseja analisar. São realizadas reduções de 20, 40 e 60% da altura do corpo de prova. Após cada redução, mediu-se o diâmetro interno do anel, tornando possível plotar três pontos na curva de calibração. Com esses três pontos, pode-se traçar uma curva conseguindo-se um coeficiente de atrito aproximado.

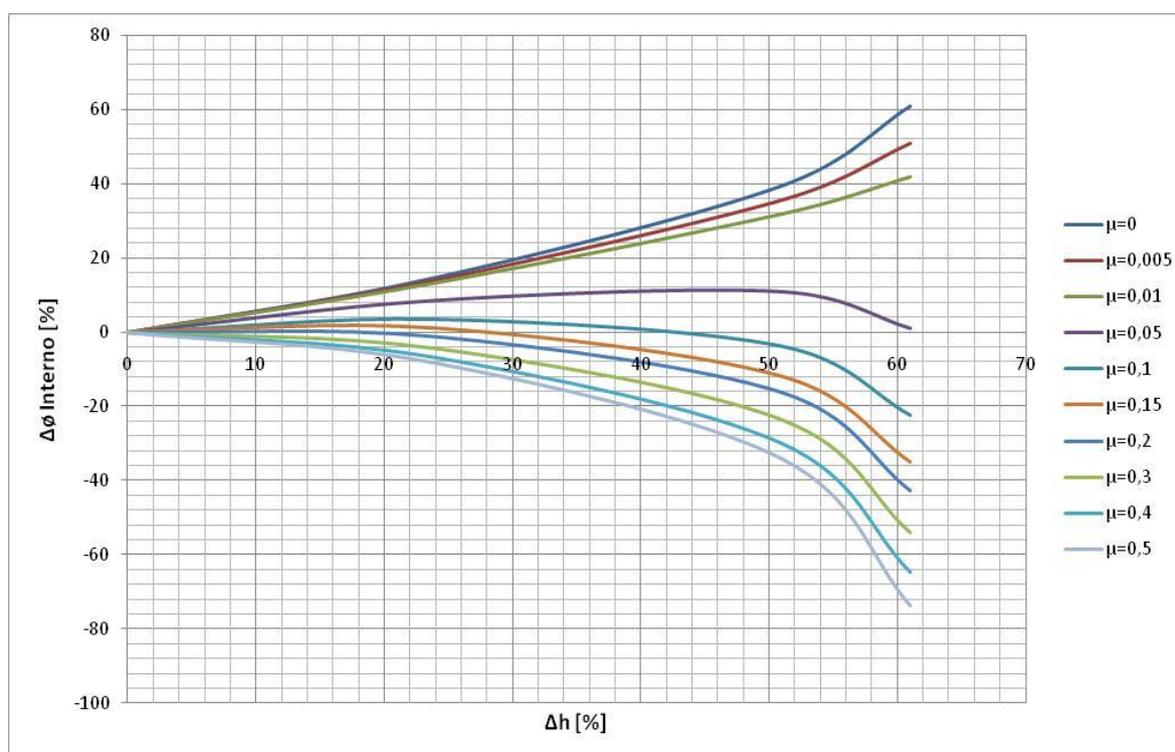


Figura 4: Curva de calibração

Para garantir que os corpos de prova após as compressões atinjam às reduções de altura de 20, 40 e 60%, utilizam-se batentes com a altura final desejada. Os batentes utilizados nos ensaios podem ser vistos na figura 5.



Figura 5: Corpo de prova e batentes utilizados

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização dos ensaios, mediu-se a altura final e diâmetro interno final. Assim, pode-se calcular a variação da altura e do diâmetro interno para cada caso, conforme as figuras 6, 7 e 8.

Sem Lubrificante			
<b>20%</b>			
Altura Inicial	8.1	Diâmetro Interno Inicial	12.12
Altura Final	6.27	Diâmetro Interno Final	11.9
$\Delta h$	-1.83	$\Delta \phi_i$	-0.22
$\Delta h[\%]$	-22.5926	$\Delta \phi_i[\%]$	-1.81518
<b>40%</b>			
Altura Inicial	8.07	Diâmetro Interno Inicial	12.03
Altura Final	4.9	Diâmetro interno final	10.75
$\Delta h$	-3.17	$\Delta \phi_i$	-1.28
$\Delta h[\%]$	-39.2813	$\Delta \phi_i[\%]$	-10.6401
<b>60%</b>			
Altura Inicial	8	Diâmetro Interno Inicial	11.8
Altura Final	4	Diâmetro interno final	9.2
$\Delta h$	-4	$\Delta \phi_i$	-2.6
$\Delta h[\%]$	-50	$\Delta \phi_i[\%]$	-22.0339

Figura 6: Ensaio do anel sem lubrificante

DesmoldMax 35			
<b>20%</b>			
Altura Inicial	8	Diâmetro Interno Inicial	12.31
Altura Final	6.4	Diâmetro Interno Final	11.8
$\Delta h$	-1.6	$\Delta \phi_i$	-0.51
$\Delta h[\%]$	-20	$\Delta \phi_i[\%]$	-4.14297
<b>40%</b>			
Altura Inicial	7.99	Diâmetro Interno Inicial	11.95
Altura Final	5	Diâmetro interno final	11.2
$\Delta h$	-2.99	$\Delta \phi_i$	-0.75
$\Delta h[\%]$	-37.4218	$\Delta \phi_i[\%]$	-6.27615
<b>60%</b>			
Altura Inicial	7.92	Diâmetro Interno Inicial	11.945
Altura Final	3.8	Diâmetro interno final	10.4
$\Delta h$	-4.12	$\Delta \phi_i$	-1.545
$\Delta h[\%]$	-52.0202	$\Delta \phi_i[\%]$	-12.9343

Figura 7: Ensaio do anel com DesmoldMax 35

DesmoldMax 35-S			
20%			
Altura Inicial	7.99	Diâmetro Interno Inicial	11.83
Altura Final	6.28	Diâmetro Interno Final	11.92
$\Delta h$	-1.71	$\Delta \phi_i$	0.09
$\Delta h[\%]$	-21.4018	$\Delta \phi_i[\%]$	0.760778
40%			
Altura Inicial	7.98	Diâmetro Interno Inicial	11.84
Altura Final	4.98	Diâmetro interno final	11.56
$\Delta h$	-3	$\Delta \phi_i$	-0.28
$\Delta h[\%]$	-37.594	$\Delta \phi_i[\%]$	-2.36486
60%			
Altura Inicial	7.97	Diâmetro Interno Inicial	11.92
Altura Final	3.63	Diâmetro interno final	10.01
$\Delta h$	-4.34	$\Delta \phi_i$	-1.91
$\Delta h[\%]$	-54.4542	$\Delta \phi_i[\%]$	-16.0235

Figura 8: Ensaio do anel com DesmoldMax 35-S

Realizados os cálculos, pôde-se plotar as curvas para as três condições de lubrificação em comparação com a curva de calibração, assim conseguindo-se o atrito em cada caso, conforme a figura 8.

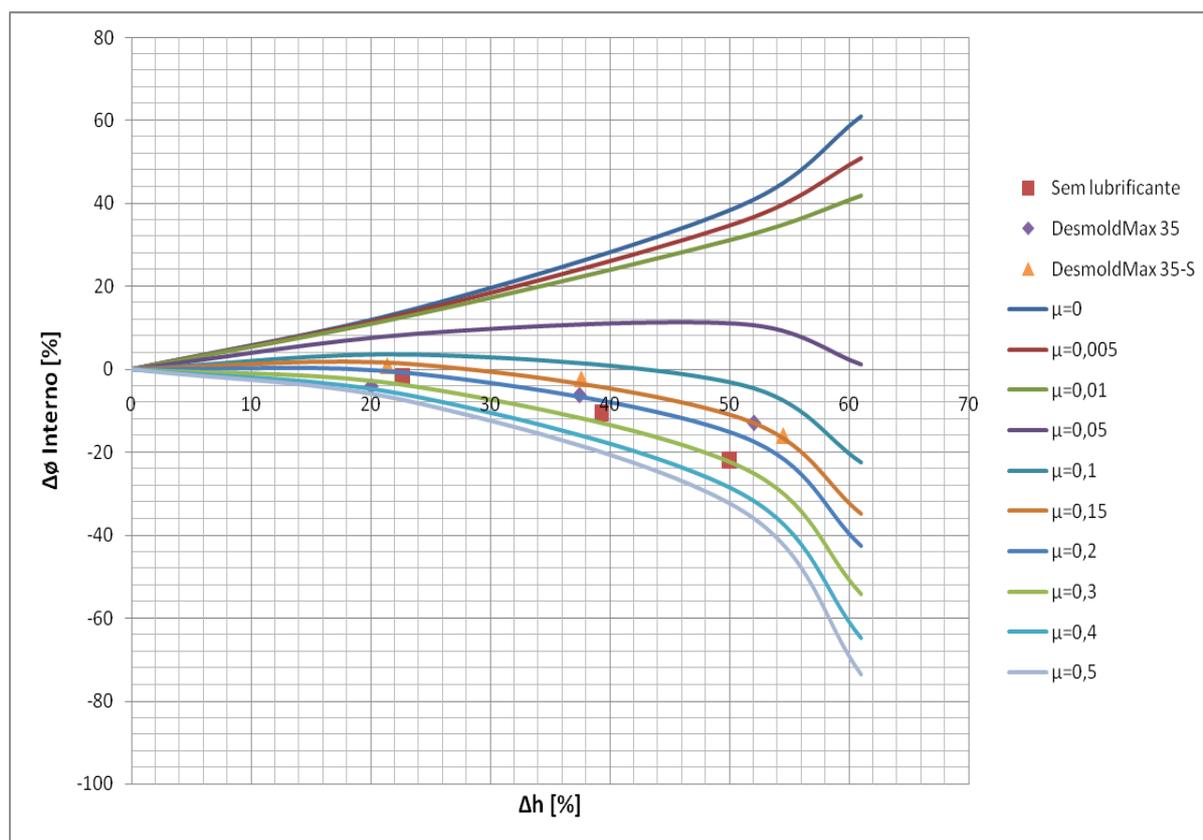


Figura 9: Curvas dos ensaios realizados

Analisando o gráfico é possível estimar o coeficiente de atrito para cada condição desejada.

Tabela 2. Coeficientes de atrito estimados

Condição	Coeficiente de atrito ( $\mu$ )
Sem lubrificante	0,3
DesmoldMAx 35	0,175 (entre 0,15 e 0,2)
DesmoldMax 35-S	0,15

#### 4. CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi analisar a interferência dos lubrificantes no coeficiente de atrito da liga de alumínio AA6351 sem variação da temperatura. Como era esperado, a condição que apresentou os piores resultados foi a sem lubrificação, neste contexto, considera-se que o objetivo do trabalho foi alcançado, evidenciando a importância do uso de lubrificantes para a diminuição do fator de atrito e a escolha adequada do mesmo.

No ensaio sem lubrificante, o coeficiente de atrito encontrado foi de aproximadamente de 0,3. Já nos ensaios onde foram utilizados lubrificantes, obteve-se uma redução no fator de atrito, onde houve uma aproximação entre os resultados obtidos. Para o DesmoldMax 35-S o coeficiente encontrado foi de aproximadamente 0,15. Já para o DesmoldMax 35, os três pontos não ficaram exatamente na mesma curva de atrito, ficando entre as curvas de 0,15 e 0,2, ficando aproximadamente na média de 0,175. Portanto entre os ensaios com lubrificante nota-se que o DesmoldMax 35-S apresentou resultados melhores se comparado com o DesmoldMAx 35, porém bem próximos.

#### 5. AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), ao Laboratório de Transformação Mecânica (LdTM) ao CNPQ e a CAPES pelas bolsas de estudo ofertadas.

#### 6. REFERÊNCIAS

- BOWDEN, F.P.; TABOR, D., The friction and lubrication of solids. At the Clarendon Press, Oxford, (1950).
- SCHAEFFER, L.; Conformação de Chapas Metálicas. Ed. Imprensa Livre. 2004. Porto Alegre – RS.
- SOFUOGLU, H.; RASTY, J.; On the measurement of friction coefficient utilizing the ring compression test. Tribology International 32 (1999) 327–335
- BARRIENTOS, D. E. K.; LEITE, M. V.; Ensaio de Compressão do Anel: resultados experimentais e por método dos elementos finitos. VIII Encontro de Iniciação Científica do LFS. 2007. São Paulo - SP.
- MALE, A.T.; COCKCROFT, M.G.; A method for the determination of the coefficient of friction of metals under condition of bulk plastic deformation. J Inst Metals (1964–1965);93:38–46