Artigo Original

# Comparação de modelos de atrito na simulação numérica do processo de forjamento isotérmico

*Thomas Gomes dos Santos* [1*]
*Diego Rafael Alba* [2]
*André Rosiak* [1]
*Diego Pacheco Wermuth* [1]
*Lirio Schaeffer* [1]

**Resumo**

A análise por elementos finitos é fundamental no projeto e otimização dos processos de conformação mecânica. Para obter resultados precisos, é essencial entender detalhadamente os parâmetros principais do processo. Este estudo examina a influência de diferentes modelos de atrito na simulação numérica do forjamento isotérmico de uma liga comercial de alumínio. Utilizando o software FORGE NxT 2.0, foram analisados os modelos de atrito Tresca, Coulomb-Tresca e Viscoplástico (Norton), comparando-se seus resultados com experimentos de forjamento de uma geometria axissimétrica. O objetivo é identificar o modelo de atrito mais adequado para simular o processo. A metodologia incluiu o levantamento das condições tribológicas realizado através de ensaios de compressão do anel para determinar os coeficientes de atrito, os quais foram incorporados na simulação do forjamento isotérmico. Posteriormente, foram realizados experimentos de forjamento a quente, e os resultados numéricos referentes à geometria final, energia consumida, força de conformação e temperatura foram comparados com os dados experimentais.

**Palavras-chave:** Análise em elementos finitos; Forjamento isotérmico; Modelos de atrito.

# Comparison of friction models in numerical simulation of isothermal forging process

**Abstract**

Finite element analysis is a fundamental tool in the design and optimization of mechanical forming processes. To obtain accurate results, it is essential to understand the key process parameters in detail. This study examines the influence of different friction models on the numerical simulation of isothermal forging of a commercial aluminum alloy. Using the FORGE NxT 2.0 software, the Tresca, Coulomb-Tresca and Viscoplastic (Norton) friction models were analyzed, comparing their results with forging experiments using an axisymmetric geometry. The objective is to identify the most appropriate friction model to simulate the process. The methodology included a survey of tribological conditions carried out through ring compression tests to determine the friction coefficients, which were incorporated into the isothermal forging simulation. Subsequently, hot forging experiments were carried out, and the numerical results regarding the final geometry, energy consumed, forming force and temperature were compared with the experimental data.

**Keywords:** Finite element analysis; Isothermal forging technology; Friction models.

## 1 Introdução

A simulação numérica em processos de conformação é essencial para a redução de custos e otimização de resultados. Para alcançar alta precisão, é fundamental que os parâmetros de entrada estejam alinhados com o comportamento real do processo. No entanto, a complexidade em determinar esses parâmetros leva ao uso de simplificações que podem resultar em imprecisões. Dentre os parâmetros mais influentes estão as condições de atrito na interface entre geratriz e matriz,

[1]*Centro de Inovação em Conformação de Metais, CBCM, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.*
[2]*Institute for Metal Forming Technology, University of Stuttgart, Stuttgart, Germany.*

**Autor correspondente: thomas.santos@ufrgs.br*

2176-1523 © 2024. Santos et al. Publicado pela ABM. Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

que impactam significativamente a predição da deformação do material, energia de conformação e desgaste.

Diversos estudos têm focado nos efeitos das condições de atrito nas simulações, propondo e evoluindo múltiplos modelos. Santos et al. [1] analisaram a deformação de uma pá de turbina sob uma condição interfacial sem atrito, constatando resultados distantes da realidade, similarmente ao observado por Alba et al. [2]. Tradicionalmente, o atrito nos cálculos numéricos é descrito pelo modelo de Coulomb-Amontons [3], que, apesar de popular, superestima a tensão de cisalhamento quando a resistência ao cisalhamento do material é excedida. Para mitigar essa limitação, foi desenvolvido o modelo do fator de atrito [3], que, contudo, falha em baixas tensões. Orowan [4] combinou os modelos de Coulomb e Tresca, resultando no modelo mais utilizado atualmente, oferecendo resultados satisfatórios.

Para descrever realisticamente o atrito nas simulações, novos modelos têm sido propostos, incorporando fatores como velocidade de deslizamento, pressão de contato e temperatura. Behrens et al. [5] introduziu o modelo IFUM, do Instituto de Conformação dos Metais e Equipamentos de Conformação dos Metais (Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen - IFUM), que considera a tensão de atrito como dependente do estado local de tensões e da deformação plástica em função da temperatura e velocidade de deformação [6].

Este estudo compara o modelo de atrito Viscoplástico (IFUM) com os modelos Tresca e Orowan na simulação do forjamento isotérmico de um flange de geometria axissimétrica, utilizando o software de elementos finitos Forge NxT 2.0. Serão comparados os valores experimentais de força de conformação e temperatura com os resultados numéricos obtidos para cada modelo de atrito.

### 1.1 Modelos de atrito

A teoria de adesão estabelece que a tensão máxima de cisalhamento na interface entre o material e a ferramenta corresponde ao limite de elasticidade do material sob cisalhamento puro. No entanto, em processos de conformação mecânica, a tensão de contato pode exceder esse limite. Conforme ilustrado na Figura 1, ao atingir a tensão de escoamento em cisalhamento ($\kappa$) do material, um aumento na tensão normal ($\sigma_N$) resulta em uma redução do atrito ($\tau_a$) [7]. Portanto, em situações que envolvem altas tensões de contato, o atrito deve ser calculado utilizando a Equação 1.

$$\tau_a = m \quad k \tag{1}$$

A alternativa para contabilizar o atrito determina que a tensão de cisalhamento decorrente do atrito é independente da tensão de contato entre as superfícies, sendo conhecida como lei de Prandtl [8]. Os valores limites para o fator de atrito (m) são: m=0 quando não há atrito e m=1 para condições de aderência. A lei de Prandtl deve ser aplicada quando as tensões de contato são muito elevadas e o coeficiente de atrito ($\mu$) torna-se insignificante [8]. No entanto, em situações de tensões de contato reduzidas, essa abordagem pode levar a estimativas exageradas da tensão de cisalhamento devido ao atrito, especialmente em processos de conformação onde a pressão normal de contato excede significativamente a tensão de escoamento da peça. Exemplos típicos são os processos de forjamento e extrusão, que assumem altos valores de pressão. Além disso, a aplicação deste modelo enfrenta desafios, pois o atrito não depende do estado de tensões na interface. Em processos com baixas tensões normais, isso pode resultar em superestimativas das tensões de atrito na interface [9].

Para eliminar as desvantagens dos modelos anteriores, Orowan [4] sugeriu uma combinação dos modelos de Coulomb e Tresca. A Figura 2 ilustra graficamente este modelo, enquanto a Equação 2 o descreve em termos de suas variáveis. Normalmente, os valores do coeficiente de atrito ($\mu$) estão entre 0 e 0,5, e os valores do fator de atrito (m) variam de 0 a 0,577, dependendo do critério de escoamento adotado.

$$\tau_a = \mu^* \sigma_N \text{ se } (\mu^* \sigma_N < m^* k) \tau_a = m^* k \text{ se } (\mu^* \sigma_N \geq m^* k) \tag{2}$$

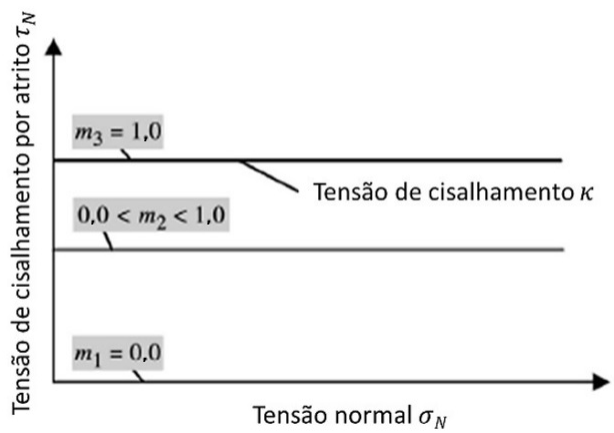


**Figura 1.** Modelo de atrito de Tresca.

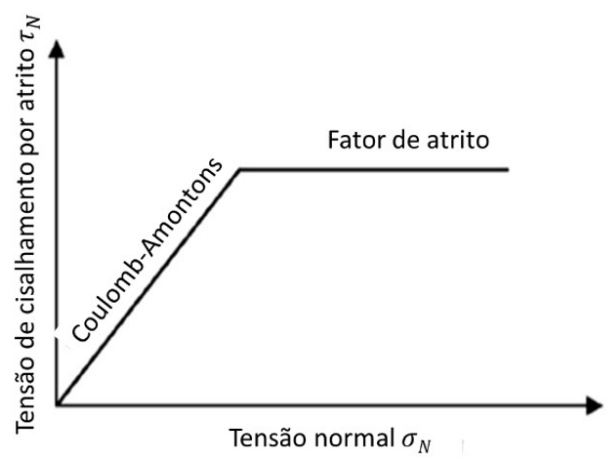


**Figura 2.** Modelo de atrito de Orowan.

Subsequentemente, foram propostos vários modelos de atrito modificados para considerar as variações locais de tensão e as propriedades do material durante os processos de conformação de metais sólidos. Entre esses modelos, destacam-se os estudos de Doege e Bederna [10], Bay e Wanheim [11], e Neumaier [12].

O modelo de atrito IFUM, introduzido por Behrens, foi desenvolvido especificamente para operações de forjamento a quente. A tensão de atrito neste modelo é descrita pela Equação 3.

$$\tau_a = m\left[\left(1-\frac{\sigma_{eq}}{\sigma_y}\right)*\sigma_N + k*\frac{\sigma_{eq}}{\sigma_y}\left(a-exp^{\frac{-|\sigma_N|}{\sigma_y}}\right)\right]*f\left(v_{rel}\right) \quad (3)$$

Onde a função peso da velocidade de deslizamento ($f(v_{rel})$ é apresentada conforme Equação 4.

$$f\left(v_{rel}\right) = exp^{\frac{-1}{2}\left(\frac{v_{rel}}{C}\right)^2} \quad (4)$$

O principal atributo deste modelo é a capacidade de distinguir entre tensões de contato baixas e altas, ou seja, entre deformação plástica e elástica. Esta distinção ocorre, principalmente, devido a consideração da velocidade de deslizamento e tensões instantâneas locais para o cálculo da tensões tangencial de atrito.

Resultados experimentais indicaram altas velocidades de deslizamento resultam numa menor influência na tensão de atrito. Desta forma, o parâmetro C é utilizado para ajustar a influência da velocidade de deslizamento sobre a tensão de atrito. Considerando este fator, espera-se um modelamento mais realístico do processo a ser estudado [13]. A Figura 3 representa a curva a qual relaciona os valores de velocidade de deslizamento para a função peso considerando diferente valores de C (1<=C>=150). Assim, com o aumento dos valores de C, a influência da velocidade de deslizamento na tensão de atrito decresce [13].

## 2 Materiais e metodos

### 2.1 Ensaios de compressão do anel

Ensaios de compressão do anel foram conduzidos da liga de alumínio ISO EN 6082. A liga 6082 apresenta bom desempenho para processos de conformação a quente, com uma gama de aplicações principalmente na fabricação de componentes automotivos. Sua composição química foi obtida através de espectrometria de massa e é apresentada na Tabela 1.

As dimensões dos corpos de prova seguem a geometria canônica, 6:3:2, proposta para o ensaio de compressão do anel e podem ser visualizadas na Figura 4.

Para os ensaios, uma máquina de Ensaio Universal com capacidade de 600 kN foi utilizada. Os testes foram realizados a velocidade constante de 5 mm/s. Bases planas com diâmetro de 155 mm fabricadas em Aço de Trabalho a Quente AISI-H13 com dureza próxima a 55 HRC foram utilizadas como matrizes para os experimentos. O procedimento de lubrificação incluía uma cuidadosa limpeza das matrizes, pulverização do lubrificante, uma mistura de grafite e água, sobre as faces planas da matriz previamente aquecidas a 350 °C.

Posteriormente, os corpos de prova aquecidos a 350 °C eram posicionados sobre as matrizes e imediatamente realizado sua compressão. Com o intuito de realizar experimentos similares as condições de forjamento isotérmico, um dispositivo de isolamento foi utilizado reduzir a perda térmica durante a o posicionamento e a compressão, Figura 5.

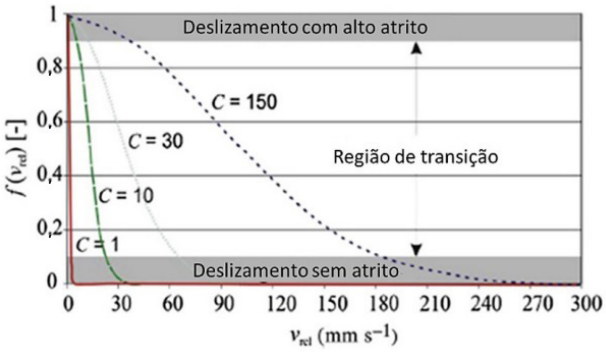


**Figura 3.** Influencia do parâmetro C sobre a função peso da velocidade de deslizamento.

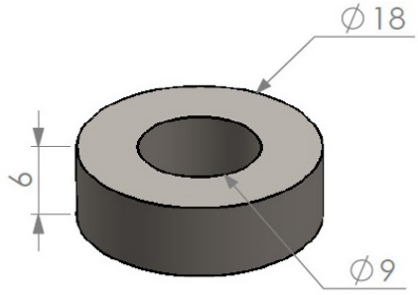


**Figura 4.** Dimensões em milimetros dos corpos de prova para o ensaio de compressão do anel.

**Tabela 1.** Composição quimica da liga ISO EN 6082

| Al | Si | Fe | Mn | Mg | Zn | Cr | Ti | Cu | Outros |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 97,29 | 1,142 | 0,256 | 0,488 | 0,723 | 0,011 | 0,005 | 0,039 | 0,013 | 0,0331 |

As reduções empregadas foram de 30% e 60% da altura inicial do corpo de prova. Para cada redução, 3 corpos de prova foram ensaiados com o intuito de prover maior confiabilidade para os dados experimentais. Antes e após dos experimentos, as dimensões dos corpos de prova eram medidas com o auxílio de um micrômetro centésimal. Para garantir uma maior precisão, uma média de três medidas em regiões diferentes eram realizadas.

## 2.2 Forjamento isotérmico

Com o intuito de realizar um comparativo entre simulação numérica e processo real, experimentos de forjamento isotérmico foram executados. Para isso, a geometria de estudo é apresentada na Figura 6a. Escolheu-se um flange axissimétrico devido a sua grande difusão em aplicações industrias e facilidade de análise via elementos finitos.

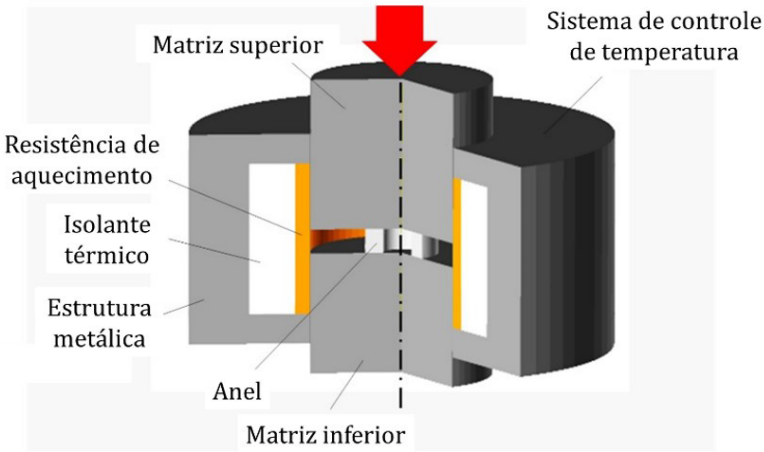


**Figura 5.** Ilustração do dispositivo de isolamento térmico.

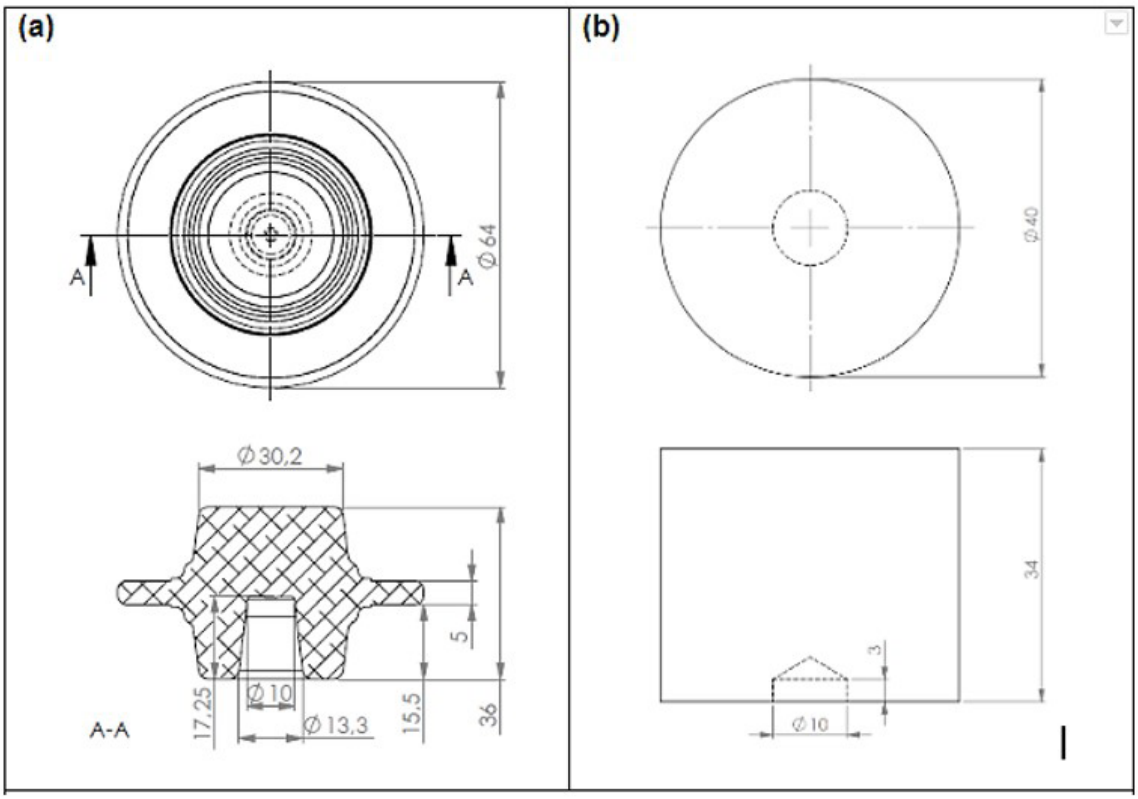


**Figura 6.** Geometrias de estudo, dimensões em mm, (a) forma final do flange axissimétrico; (b) geratriz cilíndrica.

A geratriz utilizada para os experimentos de forjamento é apresentada na Figura 6b.

O material utilizado para os experimentos de forjamento serão os mesmos utilizados nos experimentos de ensaio de compressão do anel em temperatura. Sendo ambos a liga de alumínio ISO EN 6082 conforme previamente apresentado na Tabela 1.

As matrizes de forjamento compostas de aço AISI H13 com dureza de aproximadamente 55HRC. Figura 7 mostra uma vista em corte da matriz superior e inferior, bem como, o canal para saída de gás, a cavidade dos pinos guias, o canal de rebarba e uma representação da peça idealizada. Para os experimentos de forjamento, a matriz de forjamento foi pré-aquecida a 350 °C através de cartuchos de aquecimento presentes na matriz.

As geratrizes foram mantidas em um recipiente contendo grafite em pó e aquecidas a uma temperatura de 350 °C por trinta minutos em um forno de resistência elétrica. Para os experimentos de forjamento da peça utilizou-se a prensa hidráulica da marca FKL, a qual possui capacidade de força de 6000 kN e velocidade de avanço de 5 mm/s.

Durante o experimento de forjamento isotérmico, a força aplicada durante o processo foi aquisitada para posterior comparação com os modelos numéricos. Para isto, utilizou-se uma célula de carga, sendo o sinal adquirido pelo aparelho Spider 8, da empresa HBM e tratado pelo software Catman Express. O deslocamento da prensa foi monitorado por um extensômetro de contato, tipo LVDT, o qual também foi acoplado ao Spider 8 e tratado pelo mesmo software.

### 2.3 Simulação numérica em elementos finitos

Para a simulações numéricas do processo de forjamento isotérmico, o software Forge NxT 2.0 foi utilizado e foram consideradas condições de contorno mais próximas dos experimentos, Tabela 2. A simulação numérica foi dividida em duas partes: a primeira considera a perda de calor devido a retirada da geratriz do forno até o posicionamento nas matrizes; a segunda simulação considera a deformação da geratriz. Com o intuito de diminuir o esforço computacional o modelo adotado foi 3D-elastoplástico onde as matrizes foram consideradas corpos rígidos. As dimensões do corpo de prova seguem as apresentadas na Figura 6. Ademais, devido a simetria axissimétrica, somente uma seção de 30° do processo real foram simulados. A Figura 8 mostra o modelo criado

A Equação 5 e 6 representa a curva de escoamento segundo a proposição de Hensel-Spittel para a liga de alumínio ISO EN 6082. As unidades tanto dos valores de kf0, como de kf, são MPa. Ademais, a Tabela 2 descreve os outros parâmetros de entrada para o modelo.

$$k_{f0} = 64,46 \tag{5}$$

$$k_f = 250,98 \cdot e^{-0,00321 \cdot T} \cdot \varphi^{0,10584} \cdot e^{\frac{-0,00006}{\varphi}} \cdot \left(1+\varphi\right)^{-0,00168 \cdot T} \cdot e^{0,11905 \cdot \varphi} \cdot \dot{\varphi}^{0,00024} \tag{6}$$

## 3 Resultados

### 3.1 Ensaios de compressão do anel

Com os experimentos de compressão do anel realizados podemos então determinar suas deformações e relações, Figura 9.

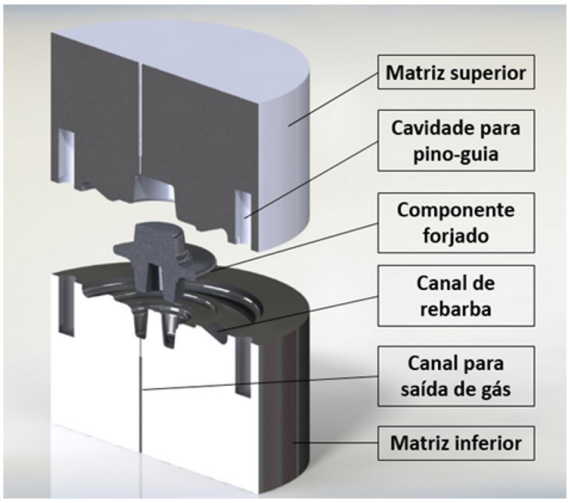


**Figura 7.** Representação geometrias do processo de forjamento.

**Tabela 2.** Dados utilizados nos modelos numéricos

| Tamanho da malha | 1 mm |
|---|---|
| Tipo de elemento | Tetraédrico – isoparamétrico – 4+1 nós |
| Número de elementos | 46665 elementos |
| Temperatura inicial da geratriz | 350 °C |
| Temperatura inicial das matrizes | 350 °C |
| Temperatura ambiente | 30 °C |
| Coeficiente de troca de calor por convecção | 50 W/m$^2$.K |
| Coeficiente de troca de calor por condução | 20000 W/m$^2$.K |
| Emissividade | 0.88 |
| Atrito | μ, m=determinados. C= 1 e 150. |
| Tipo de prensa | Hidráulica |
| Velocidade da prensa | 5 mm/s |

Os valores obtidos pelo ensaio de compressão do anel podem serem observados na Tabela 3. Estes foram utilizados para a determinação dos coeficientes de atrito para os modelos de atrito de Tresca e de atrito combinado Figuras 10 e 11.

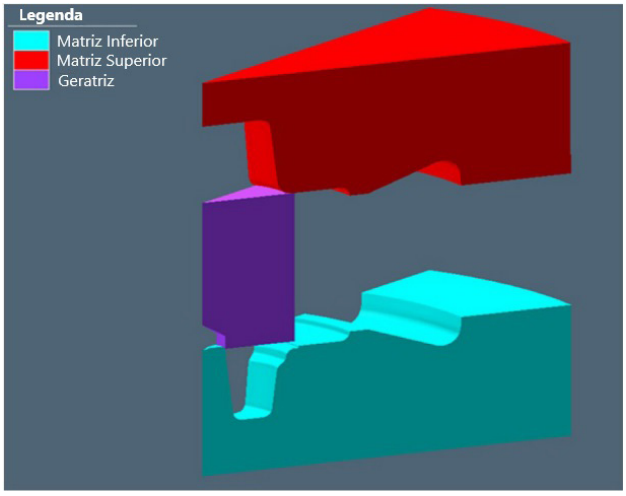


**Figura 8.** Geometria seccionada utilizada nos modelo numerico.

Com os experimentos de compressão do anel foi possível determinar os valores dos parâmetros para os diferentes modelos de atrito, na Tabela 4, é possível observar os valores obtidos.

### 3.2 Forjamento isotérmico

Com os valores dos parâmetros conhecidos foi possível então através de modelagem por elementos finitos ser realizado experimentos de forjamento utilizando os parâmetros conhecidos onde os valores de força final de forjamento foi comparado ao valor final no experimento físico de forjamento. Os valores de força de forjamento obtidos tanto pelo experimento físico quanto para os diferentes modelos de atrito podem ser observados nas Figuras 12 e 13.

## 4 Discussão

Com base nos experimentos de compressão do anel, foi possível determinar os valores dos coeficientes de atrito

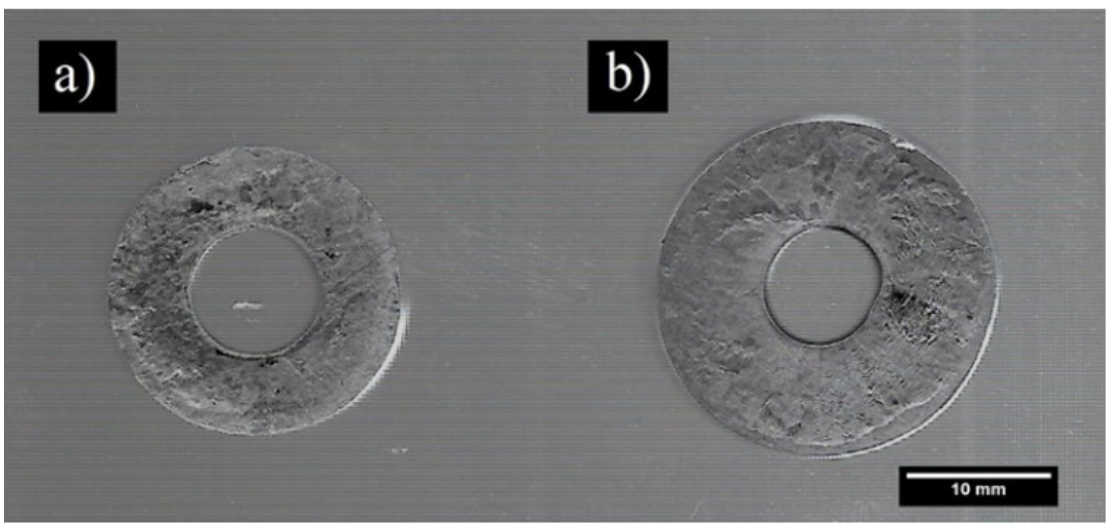


**Figura 9.** Anéis deformados a 350 ºC a) deformação de 30% em altura e, b) deformação de 60% em altura.

**Tabela 3.** Relações geométricas obtidas pelo ensaio de compressão do anel

| | Cp inicial | Cp1_30 | Cp2_60 |
|---|---|---|---|
| **h** | 6,00 | 4,45 | 2,85 |
| **Area int** | 63,25 | 60,26 | 52,16 |
| **Area ext** | 252,50 | 324,19 | 426,71 |
| **Dint** | 8,97 | 8,76 | 8,15 |
| **Dext** | 17,93 | 20,32 | 23,31 |
| | **Relações de redução** | | |
| **(hi-h0)/hi** | | 25,83 | 52,50 |
| **(di-d0)/di** | | 2,67 | 9,46 |
| **(Di-D0)/Di** | | -12,87 | -29,49 |

**Tabela 4.** Valores dos parâmetros de atrito determinados

| Modelo de atrito | Parâmetro | Valores |
|---|---|---|
| Tresca (simples) | ṁ - Fator de atrito | ṁ = 0,057 |
| Orowan (combinado) | μ - Coeficiente e ṁ - Fator de atrito | μ = 0,451; ṁ = 0,19 |
| IFUM (viscoplastico) | Alpha e P | Alpha = 0,157; P = 0,15 |

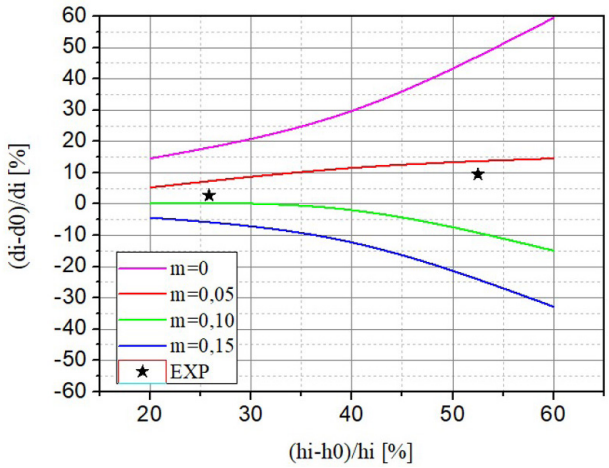


**Figura 10.** Curvas de calibração de atrito para o modelo de Tresca.

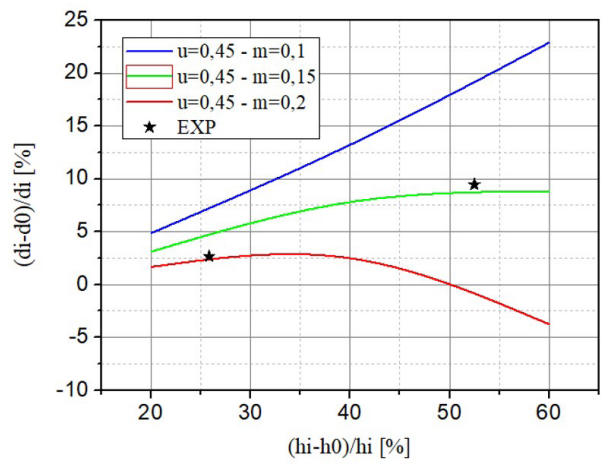


**Figura 11.** Curvas de calibração de atrito para o modelo de atrito combinado.

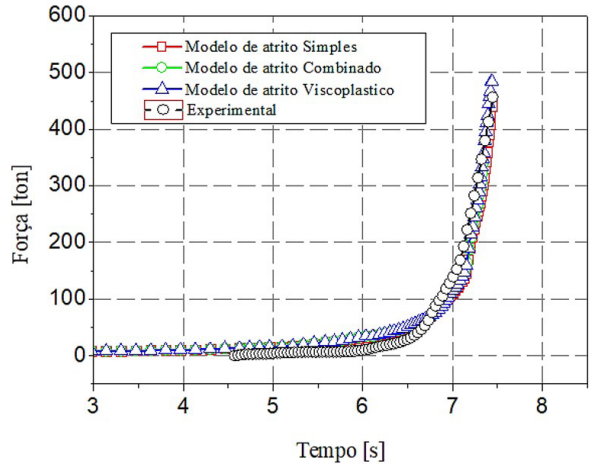


**Figura 12.** Valores de força pelo Tempo obtidos para os experimentos, físico e numéricos.

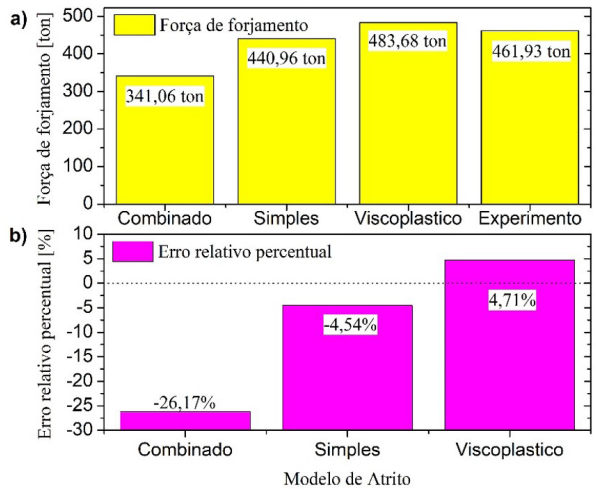


**Figura 13.** Análise dos valores de; a) força de forjamento final e b) do erro relativo percentual entre os modelos de atrito estudados.

tanto para o modelo de Tresca quanto para o modelo de atrito combinado. Em ambos os casos, os dados experimentais permitiram determinar com boa exatidão os valores dos coeficientes de atrito (Figuras 10 e 11).

Os valores obtidos foram comparados com as curvas de calibração de atrito e demonstraram uma boa correlação com os dados experimentais. A Tabela 4 apresenta os valores definidos para os respectivos modelos de atrito determinados.

Os coeficientes de atrito determinados foram utilizados nos modelos numéricos para investigar suas influências no processo, além de serem comparados com os valores de força e deslocamento obtidos nos experimentos de forjamento isotérmico do componente.

Com base nos valores de força ao longo do tempo, foi possível verificar uma boa correlação entre os valores experimentais e os modelos numéricos (Figura 12). Para determinar o comportamento real entre os modelos, foi utilizada a força máxima de forjamento.

Na Figura 13a, é possível observar que, dentre os modelos de atrito analisados, o modelo de atrito combinado

apresentou o menor valor para a força de forjamento. O modelo de atrito viscoplástico apresentou o maior valor para a força de forjamento, superior até mesmo ao experimento de forjamento isotérmico. Em ambos os casos, o valor da força de forjamento obtido foi diferente do valor experimental de forjamento.

Fazendo uma análise do erro relativo percentual (Figura 13b), observou-se que o modelo de atrito combinado apresentou o maior desvio em relação ao valor real, com um erro relativo de -26,71% quando comparado ao experimento de forjamento. Por outro lado, o modelo de atrito viscoplástico apresentou um erro relativo de 4,71% em relação ao valor real.

Dentre os modelos, o modelo de atrito simples obteve o valor para a força de forjamento mais próximo ao valor real, com um erro relativo de -4,54% em relação ao valor real, demonstrando uma boa proximidade ao valor real do experimento de forjamento isotérmico..

## 5 Conclusões

Através dos ensaios de compressão do anel a quente foi possível determinar os parâmetros dos diferentes modelos de atrito a quente para o forjamento do flange.

Nos experimentos de forjamento foi observado que nos modelos de atrito simples e viscoplastico obtiveram resultados mais próximos quando comparado com o valor de força de forjamento no experimento físico.

O modelo de atrito combinado apresentou o pior desempenho ao subestimar o valor da força de forjamento em mais de 80ton.

Dentre os três modelos de atrito o modelo de atrito simples e o modelo de atrito visco plástico foram os que obtiveram menores diferenças entre o valor da força de forjamento.

Devido ao modelos de atrito simples e viscoplástico apresentarem boa similaridade ficando ambos com uma diferença menor que 5% da força de forjamento experimental, não há uma definição clara entre o mais indicado. Porém cave ressaltar que o modelo de atrito viscoplástico leva maior vantagem em relação ao modelo de atrito simples devido às suas limitações.

## Agradecimentos

Este estudo foi financiado em parte pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil (CNPq) – Código Financeiro CNPq/MCTI/FNDCT nº 18/2021 (Processo: 404196/2021-7). Os autores são bolsistas do CNPq (produtividade em pesquisa – PQ1-4/2021; PDJ – 25/2021; GD – 2019) e CAPES (PROEX-IES-2020). Alem de agradecer ao CNPQ pelo apoio ao Centro Brasileiro de Inovação em Conformação Mecânica - CBCM: Proc. Nr. 408298/2023-5.

## Referências

1 Santos LH, Schaeffer L, Cézar JL. Fabricação de pás de turbinas Pelton por processo de forjamento a frio. In: 20ª Conferencia Internacional de Forjamento – 36 SENAFOR, 2016, Porto Alegre. Porto Alegre, 2016.

2 Alba DR, Santos TG, Schaeffer L. Otimização em elementos finitos para definição do fator de atrito através de ensaios de compressão de anéis. In Proceedings of the 22nd International Forging Conference – Brazil. 38 SENAFOR. Porto Alegre; 2018.

3 Schey JA. Metal deformation processes: friction and lubrication. New York: Marcel Dekker, Inc.; 1979.

4 Orowan E. The calculation of roll pressure in hot and cold flat rolling. Proceedings - Institution of Mechanical Engineers. 1943;150(1):140-167. http://doi.org/10.1243/PIME_PROC_1943_150_025_02.

5 Behrens BA, Bouguecha A, Hadifi T, Mielke J, Kazhai M. Personal communication. November 2012

6 Behrens BA, Bouguecha A, Lüken I, Mielke J, Bistron M. Tribology in hot forging. In: Hashmi S, Batalha GF, van Tyne CJ, Yilbas B, editors. Comprehensive materials processing. Vol. 5. USA: Springer; 2014. p. 211-234. http://doi.org/10.1016/B978-0-08-096532-1.00538-0.

7 Altan T, Vazquez V. Numerical process simulation for tool and process design in bulk metal forming. CIRP Annals. 1996;45(2):599-615.

8 Brito AMG. Análise teórico-experimental dos processos de expansão, redução e inversão de extremidades de tubos de parede fina em matriz [tese]. Porto Alegre: Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2006.

9 Alves ML. Modelação numérica e análise experimental de operações de forjamento [tese]. Portugal: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa; 2004.

10 Doege E, Bederna C. Analysis of boundary stresses and temperatures in hot massive forming. Production Engineering. 1996;3(2):89-92.

11 Bay N, Wanheim T. Real area of contact and friction stress at high pressure sliding contact. Wear. 1976;38(2):201-209. http://doi.org/10.1016/0043-1648(76)90069-7.

12 Neumaier T. Zur Optimierung der Verfahrensauswahl von Kalt-, Halbwarm- und Warmmassivumformverfahren [dissertation]. Hannover: Universität Hannover; 2003

13 Behrens BA, Bouguecha A, Hadifi T, Mielke J. Advanced friction modeling for bulk metal forming processes. Production Engineering. 2011;5:621-627. http://doi.org/10.1007/s11740-011-0344-8.

Recebido em: 30 Out. 2022
Aceito em: 22 Ago. 2024