cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Investigação do fator de atrito cisalhante no forjamento a quente do aço 20MnCr5 via ensaio do anel e simulação numérica

Gustavo Cardoso; Morvan S. Franco; Thiago M. Ivaniski; Alexandre Rocha
Laboratório de Transformação Mecânica (LdTM), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Contato: guga.cardoso@hotmail.com

Introdução

No forjamento a morno, o atrito peça-ferramenta influencia as cargas, o escoamento e o desgaste das matrizes [1-4]. Valores genéricos de atrito podem limitar a confiabilidade das simulações e das previsões de vida útil [1,6].

Objetivos

Calibrar o fator de atrito da lei de Siebel [5] para o aço 20MnCr5, com e sem lubrificação, por ensaio do anel e simulação MEF.

Metodologia

Anéis de aço 20MnCr5 e matrizes de H13, sem lubrificação e com sais orgânicos por aspersão manual. Reduções nominais: 20%, 40% e 60%. Registro de força e deslocamento, medição dimensional e simulação axissimétrica no QForm.

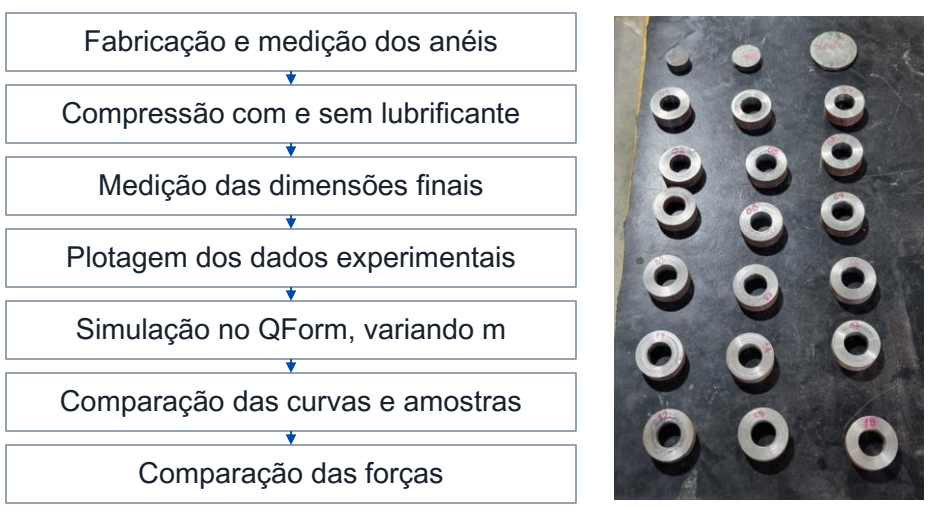


Figura 1. Sequência experimental e calços/corpos de prova.

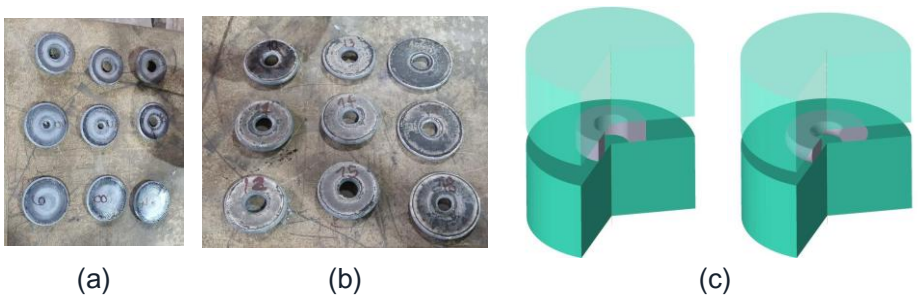


Figura 2. Anéis sem (a) e com (b) lubrificante. Simulação do ensaio no QForm (c).

Agradecimentos

FAPERGS, N° do processo: Fundep, Linha IV – Ferramentarias Brasileiras Mais Competitivas, Programa Mover, projeto nº 27194-35. Orientação científica e técnica: Alexandre da Silva Rocha e Thiago Marques Ivaniski.

Referências

[1] BÖRDER, C. Análise do coeficiente de atrito no ensaio do anel para o forjamento a quente. 2005.
[2] COSTA, L. L. et al. Interface peça-ferramenta: conceitos referentes ao atrito. IFSul, 2017.
[3] DIETER, G. E. et al. Handbook of Workability and Process Design. 2003.
[4] KLOCKE, F. Manufacturing Processes 4: Forming. 2013.
[5] LANGE, K. Handbook of Metal Forming. 1985.
[6] WANG, Z. et al. Numerical simulation and process parameter optimization of warm forging near-net forming for spiral bevel gear. Applied Sciences, v. 14, n. 3, p. 1147, 2024.

Resultados e Discussão

Sem lubrificante: m ≈ 0,8
Com sais orgânicos: m ≈ 0,3
Força de prensagem: redução ≈ 18%.
Menor fechamento do furo com lubrificante.

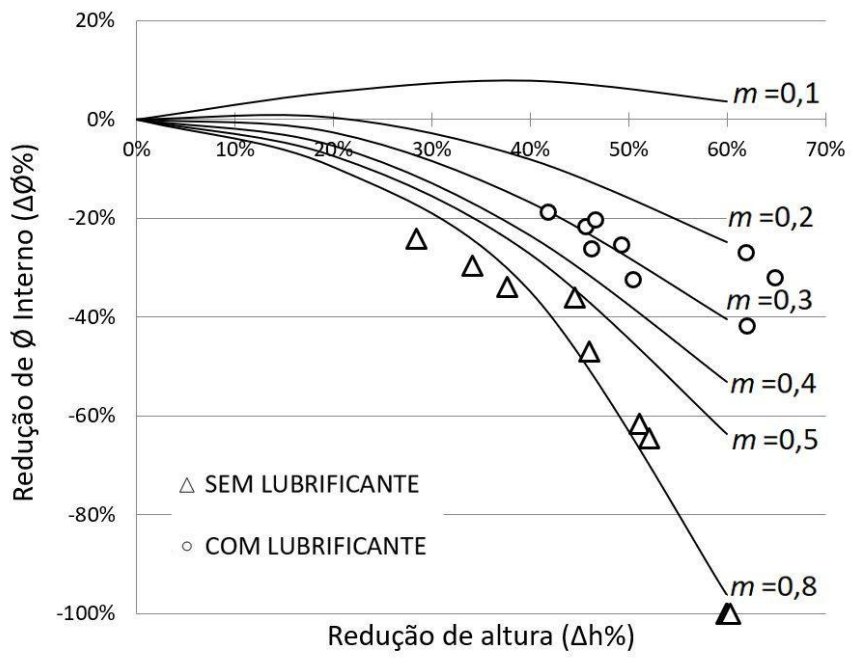


Figura 3. Calibração do fator de atrito de Siebel com os resultados experimentais.

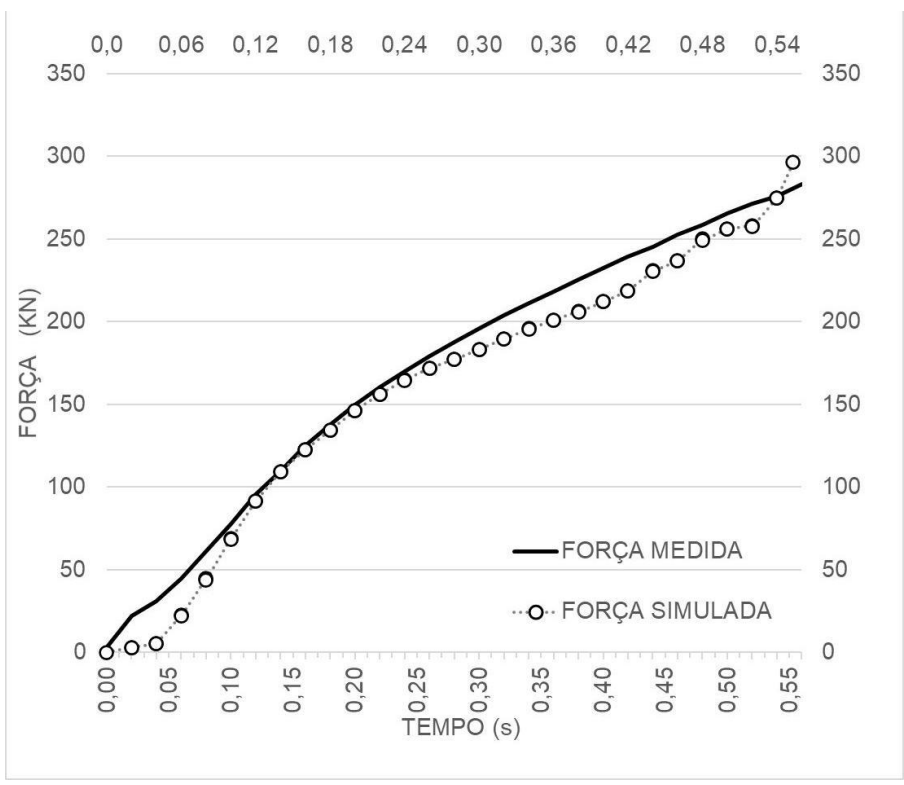


Figura 4. Comparação entre a força medida e a força simulada.

Conclusões

Os fatores calibrados apoiam a modelagem do processo e o projeto de matrizes. A aplicação manual do lubrificante e a deformação dos calços limitaram os ensaios. Recomenda-se estender o método a outros materiais, lubrificantes e condições de processo.