

TREFILAÇÃO DE AÇOS BAIXO CARBONO ATRAVÉS DE MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAIOS*

Tomaz Fantin de Souza¹
Vanessa Moura de Souza²
Carla Adriana Theis Soares³
Tiago Brun Coser⁴
Eduardo Cristiano Milke⁵
Mário Wolfart Júnior⁶
Alexandre da Silva Rocha⁷

Resumo

O processo de trefilação de barras, arames e tubos é amplamente utilizado na indústria metal-mecânica para a fabricação de eixos automotivos, componentes mecânicos, pregos, parafusos, etc. O conhecimento e controle dos parâmetros de processo como coeficiente de atrito, força de trefilação, tensões e deformações pode contribuir para uma melhor qualidade do produto e na realização de um processo menos poluente, que reduza o consumo energético e perdas desnecessárias. Desta forma, este trabalho objetiva analisar e medir a força necessária para trefilar uma redução em área de um processo de fabricação de arames de aço baixo carbono através de uma máquina universal de ensaios Emic® adaptada para a realização do processo e construção de um dispositivo para fixação da fiação. Além disso, este trabalho objetiva indicar o coeficiente de atrito de Coulomb (μ) deste processo utilizando-se o valor da força de trefilação obtida nos experimentos com a utilização da equação teórica de Siebel.

Palavras-chave: Trefilação de arames; Força de trefilação; Coeficiente de atrito.

LOW CARBON STEEL WIRE DRAWING THROUGH UNIVERSAL TESTING MACHINE

Abstract

The process of wire drawing is widely used in the metal industry for the manufacture of automotive axles, mechanical components, steel cables for the fishing industry, railroad tracks, nails, screws, etc. The knowledge and control of process parameters such as the coefficient of friction, wire drawing strength, stress and strain can contribute to a better quality of the product and in achieving a cleaner process, which reduces energy consumption and unnecessary losses. This paper aims at analyzing and measuring the necessary strength to wire drawing an area reduction in the manufacturing process of low carbon steel wire, through an Emic® universal testing machine adapted to the process and the construction of a device to hold the draw die. In addition, this paper aims to indicate Coulomb's coefficient of friction (μ) for the process using the value of the wire drawing strength obtained during experiments using the theoretical equation of Siebel.

Keywords: Wire drawing; Wire drawing strength; Coefficient of friction.

¹ *Doutorando PPGEM-UFRGS, engenheiro mecânico, professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSUL), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.*

² *Mestranda, engenheira mecânica, Laboratório de Transformação Mecânica (LdTM), PPGEM, UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.*

³ *Doutoranda, engenheira industrial mecânica, Laboratório de Transformação Mecânica (LdTM), PPGEM, UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.*

⁴ *Mestrando, engenheiro metalúrgico, Laboratório de Medições Físicas (Lamef), PPGEM, UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.*

⁵ *Doutor em Eng. de Minas, Metalúrgica e de Materiais PPGEM-UFRGS, IFSUL, Porto Alegre, RS, Brasil.*

⁶ *Doutor, Eng. de Minas, Metalúrgica e de Materiais PPGEM-UFRGS, Eng. metalúrgico, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense (IFC), Luzerna, Santa Catarina, Brasil.*

⁷ *Doutor, Eng. de Minas, Metalúrgica e de Materiais PPGEM-UFRGS, Eng. mecânico, Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Trefilação é um processo de fabricação que ocorre através do alongamento de um material e consequente redução em área de seção transversal. Isto é obtido pela passagem forçada do material pela fieira, também chamada matriz cônica, mediante a aplicação de uma força de tração na ponta do material. A deformação ocorre à medida que o material atravessa a fieira tendo seu diâmetro reduzido [1-4].

Um parâmetro muito importante a ser considerado é o atrito entre o material trefilado e a fieira, ferramenta responsável pela redução de diâmetro do material. O atrito influencia na maioria dos processos de fabricação, e surge nas interfaces onde existe movimento relativo entre o material e a ferramenta. É um fenômeno indesejável na maioria das vezes por exigir, com seu aumento, maior potência para efetuar a operação, sendo que também afeta o acabamento superficial da peça, influencia na deformação do material alterando valores de força e a vida em desgaste das ferramentas [5].

Outro parâmetro muito importante a ser considerado em um processo de trefilação é a força necessária para o material atravessar a fieira. Um parâmetro básico do processo que tem uma estreita relação com a porcentagem de redução do material; quanto maior é a redução, maior a força necessária [6]. Provavelmente este é o parâmetro mais estudado do processo de trefilação [7].

Neste trabalho são medidos os valores da força de trefilação necessária para fabricar arames de aço baixo carbono, para uma redução de fieira fixada em um dispositivo acoplado a uma máquina universal de ensaios Emic®. Com os resultados de força utilizou-se a equação de Siebel para determinação do coeficiente de atrito do processo. O valor do coeficiente de atrito poderá ser utilizado para alimentação de futuras simulações computacionais deste processo de trefilação.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para obter os resultados deste trabalho foi necessário desenvolver as seguintes atividades, conforme descrito na Figura 1: ensaios de trefilação, definição do coeficiente de atrito do processo através da utilização das equações encontradas na literatura para a força de trefilação e simulações numéricas computacionais.

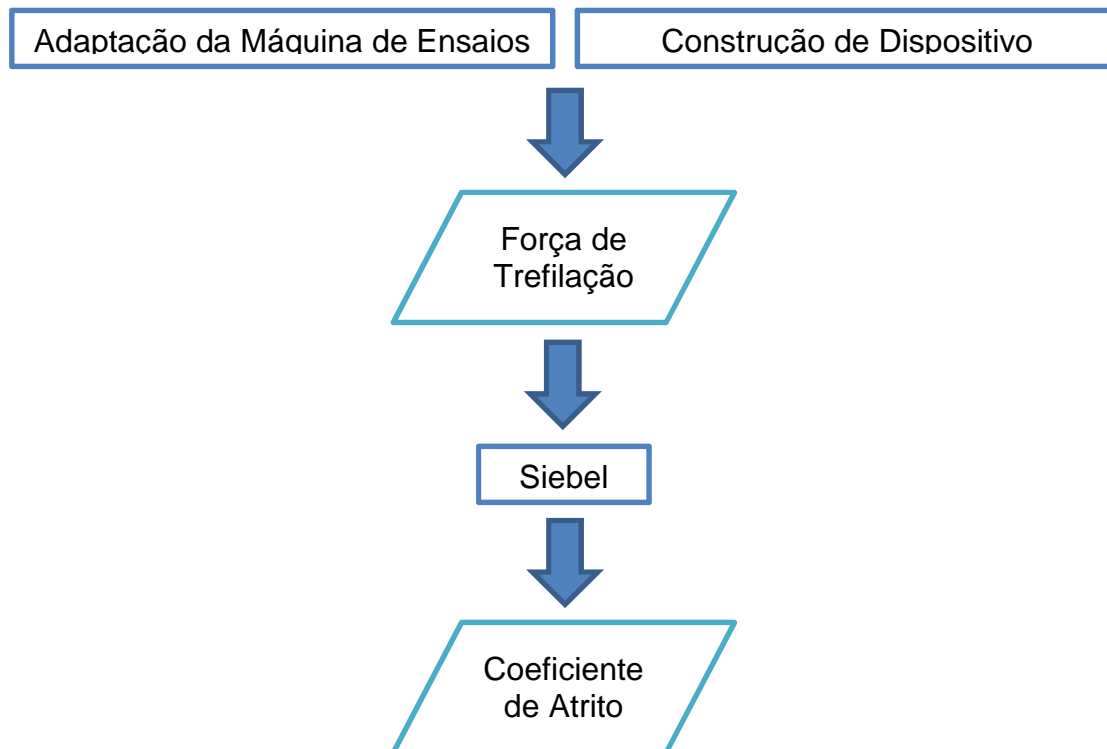


Figura 1. Diagrama de blocos da metodologia

2.1 Ensaios de Trefilação

Foram realizados ensaios de trefilação para arames de 5,50 mm de diâmetro e 100 mm de comprimento para duas diferentes corridas de um aço baixo carbono identificado pelo fabricante como aço AISI 1006. Estes ensaios foram desenvolvidos em uma máquina universal de ensaios Emic ® com capacidade máxima de 100 kN, do Laboratório de Metalurgia do Instituto Federal Catarinense IFC, Câmpus Luzerna. Na Tabela 1 são apresentadas características técnicas da mesma.

Através dos ensaios de trefilação foi possível medir a força necessária para realizar o processo e identificar o coeficiente de atrito de Coulomb (μ) utilizando-se da equação de Siebel. O conhecimento do valor do coeficiente de atrito de Coulomb deste processo é de fundamental importância como *input* para o *software* de simulações computacionais.

Tabela 1. Características Técnicas da Máquina Universal de Ensaios Emic

CAPACIDADE (kgf)	10000
ACIONAMENTO	Eletromecânico
FAIXA DE VELOCIDADE (mm/min)	0,02 a 500
FAIXA DE ABERTURA (mm)	120 a 1370
PESO APROXIMADO (kg)	420

Fonte: Manual da Emic

A máquina de ensaios foi utilizada no módulo de tração para imprimir a força necessária para que o arame atravessasse a fieira. Na parte inferior foi acoplada a ferramenta de trefilação em um dispositivo desenvolvido para tal fim. O croqui do dispositivo é apresentado na Figura 2.

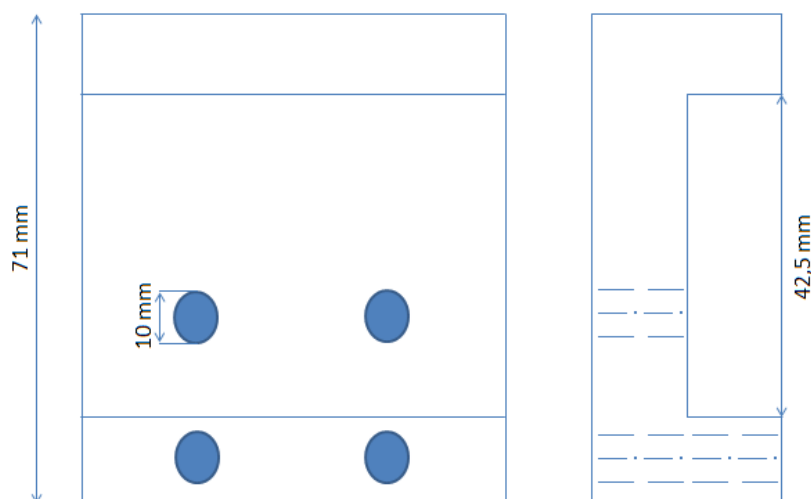


Figura 2. Croqui do dispositivo de trefilação

Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros do material e fieira utilizados para a realização dos ensaios de trefilação.

Tabela 2. Parâmetros do material e fieira utilizados no ensaio

Ensaio	Trefilação
Equipamento	Máquina de Ensaio Universal Emic DL 10000
Capacidade	100000 N
Material	AISI 1006/aço baixo carbono
Diâmetro de Entrada	5,5 mm
Diâmetro de Saída	4,5 mm
Lubrificantes	Sabão de Trefila
Velocidade de trefilação	2 mm/s
Temperatura inicial	20°C
Deformação	41%
Ângulo de fieira (2 α)	8°

Foram ensaiados três corpos de prova para cada uma das corridas do material objeto deste estudo. A força foi adquirida através do *software* Tesc® integrado à máquina de ensaios. O valor do coeficiente de atrito foi obtido inserindo-se o valor da força medida em equações empíricas encontradas na literatura.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados da força de trefilação e coeficiente de atrito do processo obtidos através dos ensaios de trefilação. Além disso, também são apresentados os resultados das simulações numéricas computacionais para forças, deformações e tensões residuais do processo.

corrida I e II significam os testes executados nos dois rolos de arame de aço baixo carbono fabricados em dias e momentos diferentes.

Para a corrida I, a força de trefilação variou de um valor mínimo de 5355,8 N até um valor máximo de 5462,8 N demonstrando uma diferença de 2% em valores percentuais. Já para a corrida II, a força de trefilação variou de um mínimo de 6167,6 N até um valor máximo de 6373,1 N, apresentando uma diferença de 3% em valores percentuais.

A diferença nos resultados para a força de trefilação dos ensaios experimentais é considerada aceitável e demonstra uma boa capacidade da máquina em medir os valores de força. Esta diferença encontrada pode ser originada em limitações relacionadas ao próprio erro da máquina ou do *software* de aquisição de dados, diferenças na lubrificação do processo realizado a seco ou de diferenças dimensionais, devido ao esmerilhamento da ponta do arame na etapa de apontamento do fio máquina, e de inclusões e impurezas nos arames oriundos do processo de solidificação. Além disso, os arames não possuíam retitude igual, o que pode ter contribuído para a diferença encontrada entre as duas corridas.

3.2 Atrito do Processo

Na Tabela 5 são apresentados os resultados do coeficiente de atrito de Coulomb para a força de trefilação obtida através dos experimentos.

Tabela 5. Resultados do coeficiente de atrito de Coulomb

Aços baixo carbono	Coeficiente de Atrito de Coulomb (μ)
Corrida I	0,1
Corrida II	0,12

Aplicando-se a Equação de Siebel para os valores de força medidos experimentalmente, pode-se encontrar um valor para o Coeficiente de atrito de Coulomb de 0,1 para a corrida I e um valor de 0,12 para a corrida II do aço baixo carbono.

Este valor de coeficiente de atrito é condizente com a literatura pesquisada [8] que cita valores próximos a 0,1 para o processo de trefilação. O fato deste processo alcançar valores próximos ao limite superior, é devido às baixas taxas de deformação do processo experimental consequência de um limitação da máquina. Além disso, em processos industriais comuns, a trefilação ocorre de modo contínuo, no procedimento realizado em laboratório, o atrito inicial (estático) é muito alto, o que pode ter influenciado nos altos valores encontrados para este parâmetro, embora dentro do limite teórico.

As diferenças entre as duas corridas devem-se principalmente às diferenças no processo de solidificação do material. Duas diferentes corridas significam dois processos diferentes, concentração de impurezas, limites de escoamento e características diferentes, o que também justifica a diferença na força de trefilação medida experimentalmente entre as duas corridas.

4 CONCLUSÃO

Após a realização de ensaios de trefilação experimentais, e de levantamento de dados através da literatura já publicada nessa área, procurou-se encontrar o valor do coeficiente de atrito de Coulomb deste processo. A partir dos resultados conclui-se que:

- Para a corrida I, a força de trefilação experimental alcançou uma média de 5391 N, já para a corrida II, a média foi de 6274N, essas diferenças podem originar-se a partir de diferenças no processo de fabricação dos diferentes materiais.
- Foi possível desenvolver um dispositivo para a fixação da fieira em uma máquina universal de ensaios Emic.
- Foi possível trefilar os arames de aço 1006 em uma máquina universal de ensaios.
- O coeficiente de atrito do processo encontrado foi de 0,1 para a corrida I e de 0,12 para a corrida II do material.

Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq e CAPES pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- 1 Cetlin PR. Trefilação Básica. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFMG, 2012.
- 2 Baid C, Wright RN. Flow Stress for the Modeling of Stainless Steel and Nickel Wire Drawing. Wire Journal International. 2011; March: 66-69.
- 3 Lange K. Forming Handbook. New York: McGraw Hill and SME, 1993.
- 4 Dieter GE. Metalurgia Mecânica. 4ª Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1996.
- 5 Martins P, Rodrigues J. Tecnologia Mecânica Volume 1. Lisboa: Escolar, 2005.
- 6 Kim T, Kim B, Choi J. Predictions of Die Wear in the Wire-Drawing Process. Journal of Materials Processing Technology. 1997; 65:11-17.
- 7 Nakagiri A, Yamano T, Konaka M, Asakawa M, Sasaki W. Behavior of Residual Stress and Drawing Stress in Conical-Type Die and Circle-Type Die Drawing by FEM Simulation and Experiment. Wire Journal International. 2002; August: 72-80
- 8 Schaeffer L. Conformação Mecânica. Porto Alegre: Imprensa Livre, 2004.