

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

ANÁLISE EXPERIMENTAL E TEÓRICA DO PROCESSO DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA DE TREFILAÇÃO¹

Evandro Bertoldi².

¹ Projeto de Pesquisa Realizado no Curso de Engenharia Mecânica da UNIJUI

² Coordenador da Engenharia de Produto na Bruning Tecnometal Ltda, Engenheiro Mecânico, evandro.bertoldi@unijui.edu.br

Introdução

De acordo com Dieter (1981), trefilação é um processo de trabalho em metais utilizado para fabricar barras, arames e tubos em que uma força trativa faz com que uma barra, um arame ou um tubo de metal, normalmente com uma geometria circular, atravesse uma ferramenta cônica denominada fieira, feita de um material duro causando reduções de diâmetro.

A trefilação é utilizada como método de produção de fios há cerca de 1200 anos, existindo evidências de sua existência desde o início da utilização de metais como ouro e prata.

A forma final pode ser modificada pela geometria da fieira a qual define o percentual de redução. Usualmente, esta operação é conduzida à temperatura ambiente podendo ser realizada em diversos passes através de fieiras dispostas em sequência. Em alguns casos, operações de recozimento intermediário podem ser necessárias dependendo do grau de redução final desejado.

A redução no diâmetro da peça é, em sua maior parte, devida ao escoamento plástico do material, que é causado por uma reação de compressão realizada pela ferramenta no metal enquanto este sofre a ação da força trativa.

Neves (2003) descreve que a força trativa é aplicada por um mecanismo do outro lado da fieira que a puxará realizando a força necessária para que essa barra a atravesse realizando o trabalho de redução de diâmetro. As velocidades de trefilação variam de 150 a 1500 mm/s.

As grandes vantagens do processo de trefilação são o ganho de resistência mecânica no material, acabamento superficial e a alta velocidade do processo.

Conforme Akikazu et. al. (2007) e Wang e Gong (2002), a deformação é alcançada através da combinação de tensões trativas e compressivas, que são criadas pela força de tração na saída da fieira e pela geometria da mesma. Considerando as tensões principais, podem ser utilizados diferentes critérios de falha. O escoamento de um metal é determinado pela movimentação entre os grãos da microestrutura o que é regido pelas tensões cisalhantes. Portanto, o início da deformação plástica pode ser determinado pela tensão máxima cisalhante baseada no critério de Tresca.

Gerbase (1976) e Altan et. al. (1998) mencionam que o estudo da trefilação aumentou consideravelmente nos últimos 30 anos, e um grande esforço tem sido feito para entender o escoamento do material quando passa pela fieira, para evitar a fratura do material durante o processo e para otimizar a geometria da fieira. Parâmetros como a força de trefilação, a lubrificação, a temperatura, a transferência de calor e a curva de escoamento, entre outros, tem sido muito

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

investigados. Entretanto, a ciência da trefilação está longe de controlar todas as variáveis do processo.

Conforme Kim et. al. (1997), a força de trefilação é a que faz o material atravessar a fiação. Um parâmetro básico que tem uma forte relação com a porcentagem de redução do material é a seguinte: quanto maior é a redução, maior a força necessária. Existe um limite máximo de porcentagem de redução que depende das características da máquina, das propriedades do material e da qualidade da lubrificação. Na prática, a redução de área por passe de trefilação está na ordem entre 30 a 35%. De acordo com Vega et. al. (2009), para cada percentual de redução de área haverá um ângulo de fiação pelo qual a força trativa necessária para que a barra atravesse a fiação será mínima.

Outro importante fator que influencia no processo de trefilação é a curva de escoamento do material, ou seja, a forma como o material se comporta quando submetido à aplicação de uma carga uniaxial. Todo objeto metálico quando submetido a algum esforço sofre deformação. Ele pode retornar às dimensões originais após a retirada do esforço ou não recuperar suas dimensões originais, sofrendo uma deformação irreversível. No primeiro caso, diz-se que o objeto sofreu uma deformação elástica e no segundo, uma deformação plástica.

Tem-se como objetivo, analisar de forma experimental e teórica o processo de conformação mecânica por trefilação através de ensaios práticos e cálculos. Além disso, pretende-se fazer uma comparação entre os resultados encontrados nos ensaios práticos em relação aos resultados encontrados nos cálculos.

Metodologia

O ensaio foi realizado a partir de corpos de prova pré-usinados de material desconhecido conforme mostrado na Figura 1 e como lubrificante utilizou-se fita veda rosca conforme Figura 2. Foram ensaiados três corpos de prova.



Figura 1 – Corpo de prova pré-usinado.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica



Figura 2 – Fita veda rosca.

Utilizou-se para o ensaio prático, uma fieira com as seguintes dimensões conforme mostrado na Figura 3: altura: 40mm; diâmetro externo: 51mm; diâmetro final de trefilação: 8,8mm; ângulo de trefilação: 5° e ângulo de entrada: 10°.



Figura 3 – Imagem da fieira.

Para a realização do ensaio, utilizou-se a máquina universal de ensaios Wolpert com capacidade de 60 toneladas, computador conectado na máquina para gerar os gráficos e paquímetro digital Mitutoyo.

Resultados e Discussões

As pontas dos corpos de prova foram afinadas, a fim de permitir e facilitar a sua entrada na fieira. Iniciado o processo, pode-se acompanhar o gráfico gerado pelo computador, no qual se percebe o

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

deslocamento e a força utilizada para trefilar. Ao término da passagem do corpo de prova, a máquina é parada e é retirado o corpo de prova trefilado, no qual é analisado seu formato e dimensões finais. Dos três corpos de prova, dois foram ensaiados usando a fita veda rosca como lubrificante e um deles sofreu o processo sem lubrificante. Os valores obtidos no ensaio prático são representados a partir da Tabela 1.

CP	MÉTODO	Do (mm)	Lo (mm)	Carga (KN)	Df (mm)	Lf (mm)
1	c/ Lubrif.	10	50	18,4	8,8	63
2	c/ Lubrif.	8,95	50	3,457	8,8	51
3	s/ Lubrif.	8,9	50	6,5	8,8	51

Tabela 1 - Resultados dos ensaios de trefilação nos corpos de prova.

Os resultados dos ensaios práticos são representados de forma gráfica a partir das Figuras 4, 5 e 6.

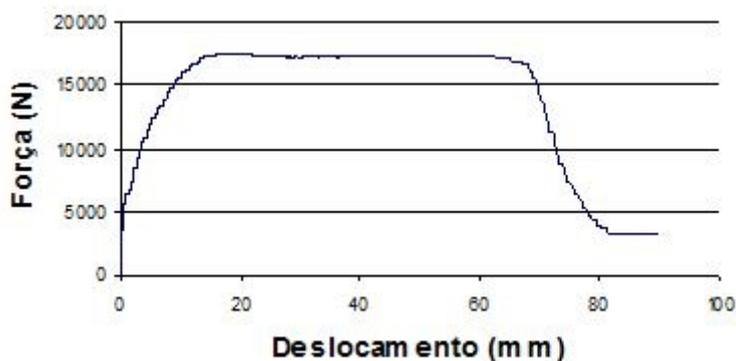


Figura 4 – Resultado gráfico do ensaio de trefilação do corpo de prova 1.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

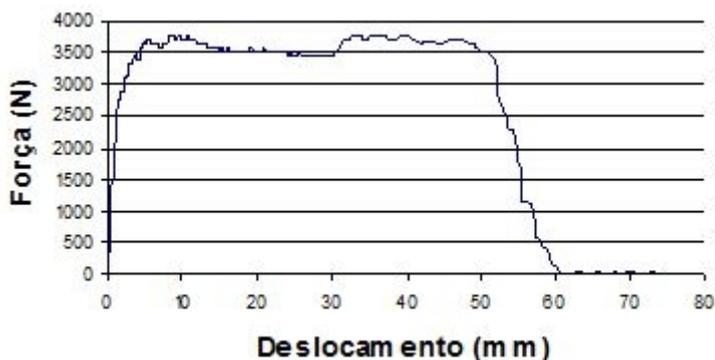


Figura 5 – Resultado gráfico do ensaio de trefilação do corpo de prova 2.

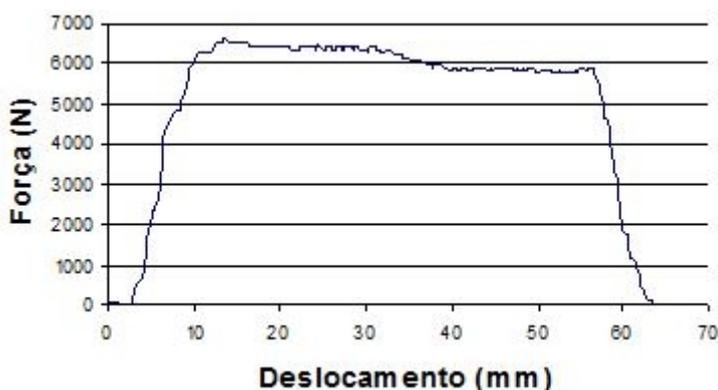


Figura 6 – Resultado gráfico do ensaio de trefilação do corpo de prova 3.

Para a obtenção dos resultados teóricos, utilizaram-se os métodos da deformação homogênea, método dos blocos e método do limite superior. Para as variáveis das equações, utilizaram-se os resultados encontrados no ensaio de tração do material. E para as demais constantes, utilizou-se as encontradas nas bibliografias.

Após aplicação das equações referentes a cada um dos métodos, obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 2.

CP	Def. Homog.	Blocos	Lim. Superior
1	7,799 KN	12,595 KN	25,633 KN
2	0,480 KN	0,845 KN	13,097 KN
3	2,276 KN	1,296 KN	9,952 KN

Tabela 2 - Resultados dos cálculos para o processo de trefilação nos corpos de prova.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

Conclusões

É possível verificar que os valores teóricos encontrados nos cálculos são diferentes dos valores práticos devido a alguns fatores distintos, mas que combinados podem influenciar no resultado. Nesse caso a fieira poderia estar com os ângulos alterados, seu coeficiente e fator de atrito diferentes dos valores usados nos cálculos ou até mesmo problemas de fixação da fieira nos mordentes da máquina.

Verifica-se que o método de definição da força teórica que mais se aproximou dos resultados dos ensaios práticos foi o método do limite superior.

Através dessa análise, verifica-se que a partir do processo de trefilação, é possível obter peças com perfis variados e obtendo melhor propriedades mecânicas, pelo simples fato de encruar o material.

Palavras-chave: Ensaio Prático; Cálculo Teórico; Corpo de Prova.

Referências Bibliográficas

- AKIKAZU, N.; TAKAKI, Y.; MASZURI, K.. Behaviour of Residual Stress and Sawing Stress in Conical-type and Cauch-type die Drawing FEM simulation and Improvement. *Wire JournalInternational*, p. 72, 2007.
- ALTAN, T.; VAZQUEZ, V.. Numerical Process Simulation for Tool and Process Design in Bulk Metal Forming. *Keynote Papers*, p. 601 – 603, 1998.
- DIETER, G.. *Metalurgia Mecânica*. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, p. 561, 1981.
- GERBASE, J.. Método de Força de Trefilação de Arames: Acaliação da Variação do Coeficiente de Atrito em Trefilação e Arames de Aço. Dissertação de Mestrado, PPGEM, UFRGS, Porto Alegre, p. 1-5, 1976.
- KIM, T.; KIM, B.; CHOI, J.. Prediction of Die Wear in the Wire-Drawing Process. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 65, p. 11-17, 1997.
- NEVES, F.. Análise de Tensões Residuais em Tubos Trefilados de Aço ABNT 304. Tese de Doutorado, Unicamp, 2003.
- VEJA, G.; HADDLE, A.; IMAD, A.. Investigation of Process Parameters Effect on the Copper Wire Drawing. *Materials and Design*, v. 30, p. 3308 – 3312, 2009.
- WANG, Z.; GONG, B.. Residual Stress in the Forming of Materials. *Handbook of Residual Stress and Deformation of Steel*. G. E. Totem, ASM International, p. 141, 2002.