

PROTÓTIPO DE UM DOBRADOR MANUAL DE TUBOS

Carlos Fernandes Lisboa¹

Dhone Victor da Costa²

Eng. Leon Denis R. Dos Santos³

RESUMO

Interpretação do desenho da peça, seleção de processos de fabricação, definição de operações, sequências de operação, referências de usinagem, dimensões geométricas e tolerâncias são algumas atividades comuns associadas a fabricação e confecção de novas peças. A obtenção das ferramentas ou materiais corretos para fabricação e confecção de certas peças é essencial para o sucesso no projeto de fabricação de um produto. Os custos envolvidos com obtenção de peças que não estão disponíveis no mercado nacional diminuem a margem de lucro na fabricação e afetam significativamente a produtividade. Em razão disto este artigo tem como objetivo apresentar um protótipo de um dobrador de tubos manual construído com peças de refugo da manutenção com a finalidade de obter tubos que não são encontrados no mercado nacional gerando uma grande economia para a empresa. Este artigo ainda realiza uma revisão teórica dos processos de resistência de materiais envolvidos na confecção destes tubos.

Palavras-chave: Dobrador de Tubos. Resistência de Materiais. Tensão. Deflexão.

¹ Graduando em engenharia mecânica, Carlos Fernandes Lisboa – Uninorte Laureate – E-mail: carloslisboa2012@gmail.com

² Graduando em engenharia mecânica, Dhone Victor da Costa – Uninorte Laureate. E-mail: Dhonevictor@gmail.com

³ Docente engenheiro mecânico, Leon Denis Rodrigues dos Santos – Uninorte Laureate. E-mail: leonsantos@bol.com.br

ABSTRACT

Interpretation of the part design, selection of manufacturing processes, definition of operations, sequences of operations, machining references, geometric dimensions and tolerances are some common activities associated with the manufacturing and manufacturing of new parts. Obtaining the right tools or materials for manufacturing and manufacturing certain parts is essential for success in the design of a product. The costs involved in obtaining parts that are not available in the domestic market reduce the profit margin in manufacturing and significantly affect productivity. Therefore, this article aims to present a prototype of a manual tube bender constructed with maintenance scrap pieces in order to obtain tubes that are not found in the national market, generating a great saving for the company. This article also carries out a theoretical review of the resistance processes of materials involved in making these tubes.

Keywords: Pipe Bender. Resistance of Materials. Tension. Deflection.

1 INTRODUÇÃO

A crescente competição no cenário empresarial, faz com que a maioria das organizações busquem posições competitivas e sustentáveis, tendo que responder às demandas de mercado com qualidade, rapidez e eficiência a baixos custos. Empresas brasileiras que dependem da matéria prima vendida em dólar, podem ter dificuldades nos custos devido à volatilidade do câmbio, o que faz com que busquem otimizar sua produção e evitar o desperdício para não repassar esse custo ao produto final.

O custo de importação das peças é muito elevado por isso, a possibilidade de construir um dobrador de tubos manual, faz com que peças que não são encontradas no Brasil sejam fabricadas no local, reduzindo a necessidade de importação, gerando ganhos significativos tanto na questão financeira quanto na questão estratégica.

A fabricação desses equipamentos passa por normas meticulosas. Os tubos devem ser cuidadosamente alinhados, nivelando-os e devem ser colocados em suas posições exatas, cujas locações dessas elevações devem ser verificadas por instrumentos de topografia. A precisão é fundamental, pois são os bocais desses equipamentos onde se ligam as tubulações que servirão de ponto de partida e orientação para a montagem futura da rede. Todo o sistema de suporte dos tubos deve estar completamente pronto para evitar ao máximo o uso de suportes provisórios de montagem. O alinhamento entre tubos deve ser mantido até que sejam completadas todas as soldas.

Quando se fabrica a dobra de um tubo sem o dobrador correto, faz com que a tubulação tenha problema de quebras constantes por conta do seu designer imperfeito. Com isso, pode ocorrer o desvio de centralização do tubo afetando quebras constantes das tubulações e parando o processo de fabricação.

O objetivo deste artigo é apresentar um dobrador de tubos manual que foi criado para confeccionar tubulações no mercado local e fazer uma revisão bibliográfica da teoria de resistência de materiais envolvida nesta confecção estudada no curso de engenharia. Foram utilizadas peças de refugo da manutenção para fabricação do protótipo por isso a facilidade de reposição de componentes para confecção pela sua praticidade e economia com isso, a montagem é feita na própria empresa beneficiando a baixa dos custos de falhas nas confecções dos tubos de aço.

2 O ARTIGO CIENTÍFICO

2.1 RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS

A resistência dos materiais estuda as relações entre cargas externas aplicadas a um corpo deformável e a intensidade das forças internas que atuam dentro do corpo, sendo incluído também o cálculo das deformações do corpo e possibilita o estudo de sua estabilidade uma vez que seja predisposto a forças externas (HIBBELER, 2010).

O dimensionamento de peças se resume na análise das forças atuantes no material, a fim de que a inércia da mesma continue suportando os esforços empregados. É fundamental para que isso aconteça, conhecer a resistência mecânica máxima do material que pode ser verificada por meio de ensaios onde a peça é submetida em uma simulação com as mesmas condições aos tipos de esforços sofridos pela mesma (MELCONIAN, 2006).

2.1.1 TENSÃO

Tensão é a intensidade de uma força, o que significa que é uma força externa onde é aplicada sobre uma determinada área. A direção da tensão vai depender justamente da direção onde esta força está sendo aplicada. São chamadas de tensões normais (representadas pela letra grega sigma " σ ") as tensões de tração, de compressão e de flexão, por ocorrerem na direção perpendicular a área de seção transversal (BEER; JOHNSTON JR, 2011).

2.1.2 TRAÇÃO

A tensão normal de tração é considerada um dos tipos mais simples de carregamento que podem ser aplicados em um elemento, conforme a Figura 1 onde é possível observar uma carga aplicada no centro da massa da barra e as forças que se encontram ao longo do eixo x são contrárias (NORTON, 2013).



Figura 1: Barra sob tração.
Fonte: NORTON, 2013.

O cálculo da tensão normal é realizado a partir da divisão da carga normal (F) pela área da seção transversal (A), indicado na Equação 1 (HIBBELER, 2010).

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Onde:

σ = tensão normal;

P = carga normal;

A = área da seção transversal.

2.1.3 FLEXÃO

A flexão pode ser definida como uma carga capaz de gerar uma curvatura nos materiais. O responsável por gerar essa curvatura é autodenominado de momento fletor, que pode vir seguido de uma força normal ou um esforço cortante (HIBBELER, 2010).

Quando é colocada uma barra apoiada como uma viga e é carregada transversalmente no centro de seu comprimento até ocorrer a falha que poderá ser por escoamento, caso o material seja dúctil conforme a Figura 2(a), ou a viga simplesmente se romperá conforme a Figura 2(b) (NORTON, 2013).



Figura 2: Corpos de prova para flexão antes e após a falha: (a) aço dúctil; (b) ferro fundido frágil.
Fonte: NORTON, 2013.

A fórmula capaz de expressar a flexão pura, no qual o efeito do esforço cortante é desprezado, é a Equação 2. É possível observar que a linha neutra passa pelo centro geométrico da seção transversal, sendo assim, I é o momento de inércia ou momento de segunda ordem da seção transversal, em relação a um eixo que passa pelo centro geométrico e que é perpendicular ao plano do momento fletor M , sendo $\sigma_{m\acute{a}x}$ a tensão normal máxima e c a distância perpendicular do eixo neutro a um ponto mais afastado do eixo neutro, onde $\sigma_{m\acute{a}x}$ age (BEER; JOHNSTON JR, 2011).

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{Mc}{I} \quad (2)$$

2.1.4 DEFLEXÃO

Toda e qualquer flexão que seja aplicada ao material resultará em uma deflexão na viga. Porém, uma vez que a deflexão não cause deformações que ultrapassem o ponto de escoamento do material, a viga será capaz de regressar ao seu estado normal assim que tiver a carga removida (deformação elástica). Dependendo da fragilidade do material, o mesmo poderá sofrer uma deformação permanente ou até mesmo fraturar, caso essa deformação exceda o ponto de escoamento (deformação plástica) (NORTON, 2013).

Vigas onde o número de reações nos apoios supera o número de equações de equilíbrio disponíveis para determinar as incógnitas são chamadas de vigas indeterminadas, e para analisar essas vigas é necessário primeiro ter um conhecimento geral sobre deflexão (BEER; JOHNSTON JR, 2011).

As deflexões uma vez que podem provocar interferências entre partes móveis ou desalinhamentos, acabam prejudicando a precisão requerida de um dispositivo. Deflexões

podem ser a base limitante no dimensionamento das vigas como por exemplo de um piso e do teto de edifícios (NORTON, 2013).

Ainda segundo Norton (2013), a Equação 3 mostra como é possível calcular a deflexão por flexão da viga, onde se associa o momento aplicado M e a posição ao longo do comprimento da viga x , o módulo de elasticidade do material E e o momento de inércia I da seção à segunda derivada da deflexão da viga y .

$$\frac{M(x)}{EI} = \frac{d^2y}{dx^2} \quad (3)$$

Na Figura 3 é possível observar que o momento fletor pode ser representado para todos os valores de x por uma função simples $M(x)$, a inclinação e a deflexão y seja qual for o ponto da viga, podem ser obtidas através de duas integrações sucessivas. E por meio das condições de contorno indicadas na figura, é possível definir as duas constantes de integração incluídas no processo (BEER; JOHNSTON JR, 2011).

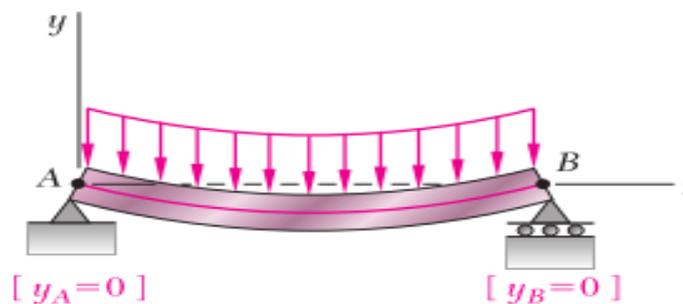


Figura 3: Viga biapoiada.
Fonte: BEER; JOHNSTON JR, 2011.

2.1.5 CISALHANTE

O cisalhamento puro se dá apenas quando não houver flexão e ocorre principalmente em junções por pinos, parafusos ou rebites. Através da Figura 4 é possível observar um exemplo de cisalhamento puro onde a folga da superfície de corte é mantida próxima de zero (NORTON, 2013)

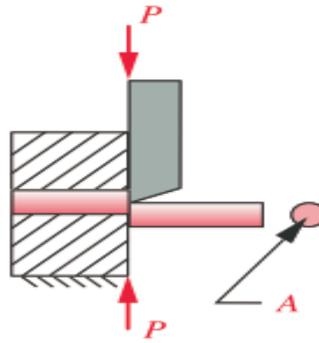


Figura 4: Cisalhamento puro.
Fonte: NORTON, 2013.

Hibbeler (2010) afirma que o cisalhamento V é o resultado de um compartilhamento de tensão de cisalhamento transversal exercida na seção transversal da viga, conforme a Figura 5. E por conta de sua propriedade complementar de cisalhamento, as tensões de cisalhamento longitudinais atuarão juntamente por toda a extensão dos planos longitudinais.

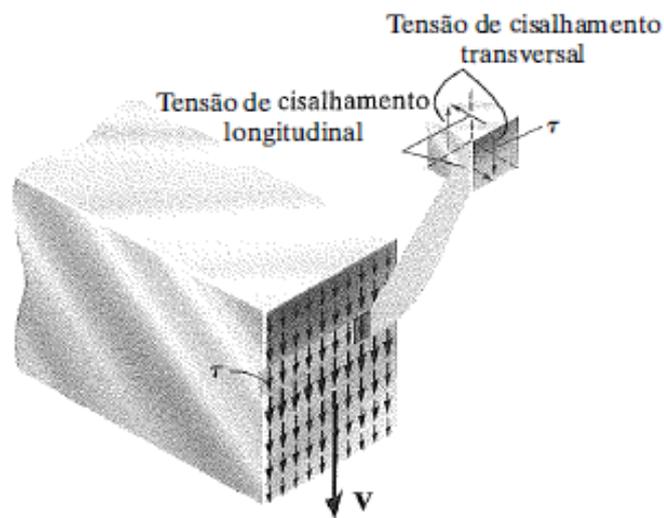


Figura 5: Cisalhamento transversal e longitudinal.
Fonte: HIBBELER, 2010.

A fórmula do cisalhamento dá-se através da relação entre a força de cisalhamento resultante na seção e a distribuição da tensão de cisalhamento que age na seção transversal da viga e pode ser mostrada simplificadamente na Equação 4 (HIBBELER, 2010).

$$\tau = \frac{VQ}{It} \quad (4)$$

Onde:

τ = tensão de cisalhamento localizado à distância y' do eixo neutro;

V = força de cisalhamento interna resultante que é determinada pelo método das seções e pelas equações de equilíbrio;

$Q = \bar{y}'A'$, onde A' é a porção superior (ou inferior) da área da seção transversal do elemento, definido pela seção onde t é medida e \bar{y}' é a distância até o centroide de A' , medida em relação ao eixo neutro;

I = momento de inércia da área de seção transversal inteira, calculada em torno do eixo neutro;

t = largura da área da seção transversal do elemento, medida do ponto onde τ deve ser determinada.

2.1.6 CRITÉRIO DE FALHAS

O critério de falhas é utilizado para materiais dúcteis e uniformes dos quais as resistências à compressão e à tração são mais ou menos as mesmas, mas sua resistência ao cisalhamento é inferior a sua resistência à tração, então esses materiais provavelmente irão falhar por cisalhamento. Materiais não uniformes e frágeis, tais como o ferro fundido, possuem suas resistências à compressão bem elavada em comparação a suas resistências à tração, e suas resistências ao cisalhamento se encontram entre esses valores de compressão e tração (NORTON, 2013).

2.1.7 TENSÃO EQUIVALENTE DE VON MISES

Normalmente, quando há tensões normais e cisalhantes em um mesmo ponto é necessário estabelecer uma tensão equivalente para demonstrar essa combinação de tensões, e isso é possível através da aplicação da energia de distorção a fim de verificar se a estrutura falha. A tensão equivalente de von mises σ_e (também chamada de tensão de von mises) pode ser explicada como a tensão de tração uniaxial que transmite a energia de distorção pela soma das tensões atuais aplicadas. Isso faz com que seja possível lidar com casos de tensão multiaxial juntamente a tensões de cisalhamento tal como um carregamento de tração pura (NORTON, 2013).

A Equação 5 demonstra a tensão equivalente de von mises para o modelo tridimensional com as tensões aplicadas, sendo σ_e a tensão equivalente de von mises, σ_1 a

tensão principal máxima, σ_2 a tensão principal média e σ_3 a tensão principal mínima (ANSYS, 2017).

$$\sigma_e = \left[\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

A partir da teoria da elasticidade, um volume infinitesimal de material em um ponto arbitrário sobre ou dentro do corpo sólido pode ser girado de tal forma que apenas as tensões normais permanecem e todas as tensões de cisalhamento são zero. Os três estresses normais que permanecem são chamados de tensões principais (σ_1 , σ_2 e σ_3), e são sempre ordenados de tal forma que $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ (Figura 6) (ANSYS, 2017).

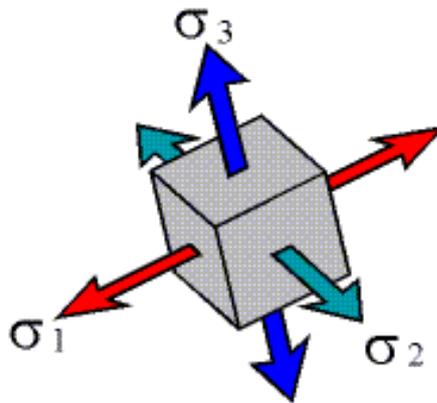


Figura 6: Tensões principais: máximo, médio e mínimo.
Fonte: ANSYS, 2017.

2.1.8 O PROTÓTIPO DO DOBRADOR DE TUBOS

O protótipo do dobrador de tubos foi construído devido a necessidade de confeccionar tubulações no mercado local, assim podendo ter um ganho em tempo de entrega e custo de peças sendo que essa tubulação é importada com o custo em Euro. A foto do protótipo é apresentada na Figura 7. Este protótipo foi construído com peças de descarte como rolamento, barra de aço, tubo galvanizado. Tudo foi realizado de modo a gerar o máximo de economia e sustentabilidade aproveitando peças de descarte da empresa.



Figura 7: Dobrador de Tubos Manual.
Fonte: Próprio Autor, 2018.

A tubulação confeccionada pelo dobrador de tubos após passar pelo processo de flexão e dobragem é apresentado na Figura 8. É utilizado um goniômetro para conferir o ângulo correto da dobra e uma trena para conferir as medidas exatas. O ideal é ter uma mesa de aço com revestimento emborrachado para evitar amassar ou danificar os tubos, e utilizar uma morsa.



Figura 8: Tubo Pronto após dobramento.
Fonte: Próprio Autor, 2018

A tubulação que é confeccionada pelo dobrador de tubos manual é de controle de óleo com pressão de 350 bar, diâmetro 10 mm e parede de 2 mm. É vital que o processo de dobragem seja perfeito, pois se houver problemas vai ocorrer quebra do tubo e gerar acidentes e além de problemas financeiros. Uma foto do sistema de aplicação da tubulação é mostrada na Figura 9. A tubulação foi modificada para ter um ponto fixação evitando vibrações excessivas ocasionando a ruptura das tubulações.



Figura 9: Foto da aplicação do tubo dobrado em operação.

Fonte: Próprio Autor, 2018

3 CONCLUSÃO

O dobrador de Tubos manual tem um impacto decisivo na qualidade e custo da empresa, a possibilidade de confeccionar peças na própria empresa sem depender de comprar fora do país em euros faz com que a empresa tenha um salto de produtividade enorme. Uma vez que não há mais necessidade de compra dos tubos no exterior a confecção destes tubos gerou um aumento no volume de produção e diminuição dos custos para a empresa.

Este artigo de conclusão de curso tratou de demonstrar o protótipo do dobrador de tubos manual, bem como a fundamentação teórica envolvida nele. O artigo concluiu o objetivo proposto revisando os princípios teóricos de resistência de materiais e apresentação do dobrador de tubos, bem como os tubos dobrados por ele.

O artigo mostrou que o dobrador de tubos é uma alternativa viável e surpreendente a compra deste tipo de tubos fora do Brasil a preços muito maiores do que se comprados aqui e confeccionados no dobrador de tubos. O dobrador se mostrou uma alternativa sustentável por ser construída com peças de reuso da manutenção e assim consequentemente de fácil manutenção.

4 REFERÊNCIAS

BEER, F. P.; JOHNSTON JR, E. R. **Mecânica dos Materiais**. 5ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos materiais**. 7ª ed. São Paulo: Pearson, 2010.

MELCONIAN, S. **Mecânica Técnica e Resistência dos Materiais**. 17ª ed. São Paulo: Érica, 2006.

NORTON, R. L. **Projeto de Máquinas: Uma Abordagem Integrada**. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

ANSYS, Inc. **ANSYS Mechanical User's Guide**. v. 15317, n. January, p. 724–746, 2017.