



3ª SEMANA INTERNACIONAL DAS ENGENHARIAS DA FAHOR

Horizontina - RS - Brasil
16 a 18 de Outubro de 2013



DIMENSIONAMENTO DO MARTELO DE UMA MÁQUINA DE ENSAIO DE IMPACTO DE 50 JOULES UTILIZANDO A TÉCNICA CHARPY

Cleber Roberto Chitolina (FAHOR) cc000465@fahor.com.br

Fernando Menzel Anton (FAHOR) fa000921@fahor.com.br

Ricardo Ferreira Severo (FAHOR) ricardo@fahor.com.br

Resumo

Para uma melhor compreensão e entendimento do comportamento mecânico de um material submetido ao impacto ou elevadas cargas mecânicas, é necessário o esclarecimento dos conceitos básicos que regem os fenômenos abrangidos sobre tal situação. O ensaio de impacto é um ensaio dinâmico utilizado para o conhecimento da energia de impacto dos materiais, tendo como um dos seus instrumentos para aferição a máquina de ensaio de impacto, que através de sua simplicidade é capaz de analisar corpos com diversas composições químicas. O resultado do ensaio é a energia absorvida pelo material, este representado por um corpo de prova, porém não fornecendo o comportamento de toda a estrutura em condições de serviço. Mesmo assim, o conhecimento sobre a capacidade de absorção de energia e dissipação é de fundamental importância para projetos mecânicos. Este artigo apresentará o dimensionamento do martelo de uma máquina de ensaio de impacto, utilizando a técnica de Charpy.

Palavras-chave: Dimensionamento; Charpy; impacto.

1. Introdução

Na Engenharia, seja para o projeto e manufatura de pequenos ou grandes componentes, é fundamental o conhecimento do comportamento do material com que se trabalha, isto é, suas propriedades mecânicas em várias condições de uso. As condições de uso envolvem: temperaturas, tipo de cargas e sua frequência de aplicação, desgaste, deformabilidade, impacto dentre outros.

Para que o projetista possa prever o comportamento do material em condições de trabalho é imprescindível que tenha em mãos os parâmetros de comportamento, determinados através de ensaios mecânicos.

Para os testes com o pêndulo (Charpy e Izod) a energia potencial da elevação do martelo se transforma em energia cinética na descida. Parte desta energia é transferida para o corpo de prova, provocando sua ruptura. A energia residual eleva o martelo no movimento de oscilação do pêndulo. A diferença entre a altura de queda e a altura de retorno representa a energia para quebrar o corpo de prova.

2. Revisão da Literatura

2.1 Ensaio de impacto

Na atualidade existem diversos tipos de ensaios de impacto para as mais diversas situações e aplicações, desde impacto de baixas velocidades até o impacto a velocidades hipersônicas. Entre os ensaios mais antigos estão os ensaios de impacto tipo Charpy e tipo Izod (CALLISTER, 2002).

Os ensaios mecânicos e tecnológicos são utilizados para a determinação das propriedades dos materiais. Eles visam não apenas medir suas propriedades, mas também obter dados comparativos entre eles, estabelecer a influência das condições de fabricação nestes materiais e determinar a adequação do material para o emprego desejado (CHIAVERINI, 1986).

Para que o resultado de um ensaio possa refletir, com a máxima fidelidade, o comportamento e propriedades de um material, é preciso que sejam observadas normas, especificações e padronizações tomadas como referências em sua execução (CHIAVERINI, 1986).

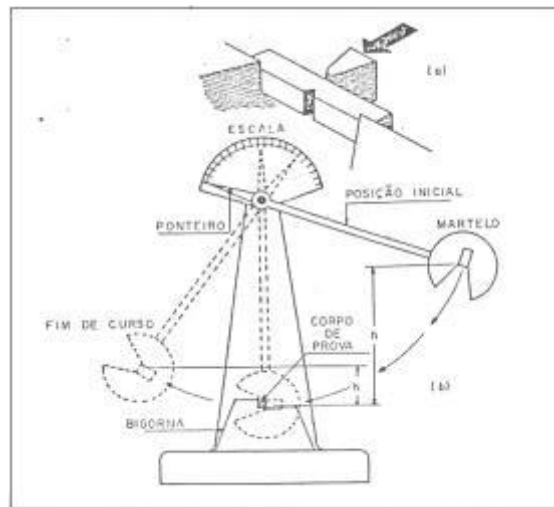


Figura1 –Máquina de ensaio de impacto tipo Charpy. Fonte: (Callister, 2002).

2.2 Ensaio de impacto em corpo de prova entalhado

Segundo Souza (1982) o ensaio de impacto é um dos primeiros e até hoje um dos ensaios mais empregados para o estudo de fratura frágil nos metais. Esse ensaio, às vezes, denominado ensaio de choque é um ensaio dinâmico usado principalmente para materiais utilizados em baixa temperatura, como teste de aceitação do material.

A tendência de um metal de se comportar de uma maneira frágil é então medida pelo ensaio de impacto. O corpo de prova é padronizado e provido de um entalhe para localizar a sua ruptura e produzir um estado triaxial de tensões, quando ele é submetido a uma flexão por impacto, produzida por um martelo pendular (Souza, 1982).

Conforme Souza (1982), tais ensaios visam principalmente correlacionar seus resultados com as fraturas ocorridas na prática. Com isso, sua utilidade de uma maneira dinâmica, serve para evitar que as rupturas ocorram de caráter frágil do material em serviço.

2.3 Técnicas de ensaio de impacto

Segundo Callister (2002) dois ensaios são padronizados, as técnicas de Charpy e Izod, foram concebidos e são ainda utilizados para medir a energia de impacto, algumas vezes também chamada de tenacidade ao entalhe. A técnica de Charpy do entalhe em “V” é a mais comumente usada.

Em ambas as técnicas o corpo de prova possui o formato de uma barra com seção reta quadrada, na qual é usinado um entalhe com formato em “V”.

Este ensaio relativamente simples consiste na colisão de um martelo pendular com um corpo de prova de seção transversal quadrada, entalhado no centro e bi-apoiado horizontalmente na máquina de ensaio (CALLISTER, 2002).

Os corpos de prova entalhados para ensaio Charpy são subdivididos em três tipos conforme forma do entalhe: tipo A, tipo B e tipo C. Todos possuem comprimento igual a 55 milímetros e seção quadrada de 10 mm conforme mostra figura 2.

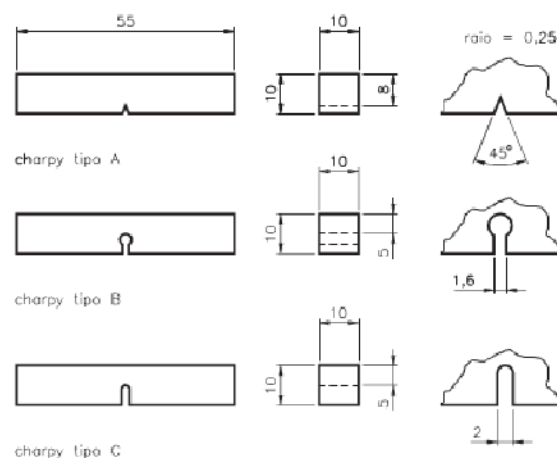


Figura2 – Tipos de entalhe recomendados pela ASTM E-23 para ensaio de impacto tipo Charpy. Fonte: (Souza, 1982).



3ª SEMANA INTERNACIONAL DAS ENGENHARIAS DA FAHOR

Horizontina - RS - Brasil
16 a 18 de Outubro de 2013



Para iniciar o ensaio, o martelo pendular é elevado a uma determinada altura, onde adquire uma energia potencial gravitacional inicial. Quando o pêndulo é liberado, a aresta montada sobre o mesmo colide e fratura o corpo de prova exatamente no entalhe, que tem a finalidade de atuar como um ponto concentrador de tensões, e após isso continua sua trajetória até a certa altura, menor que a primeira, onde possui uma nova energia potencial gravitacional (CALLISTER, 2002).

A diferença entre as energias potenciais e gravitacionais antes e depois do impacto representa a energia absorvida pelo corpo de prova, necessária a ruptura do mesmo. (CALLISTER, 2002).

3. Métodos e Técnicas

Buscando fundamentar teoricamente o trabalho, será realizada uma revisão bibliográfica analisando os conceitos de ensaios mecânicos e materiais. Aliado a isto a execução dos cálculos necessários para o dimensionamento do martelo do equipamento.

4. Resultados e Discussões

Para o dimensionamento, iniciaremos com o cálculo da altura em queda livre necessária do martelo em relação ao corpo de prova, neste caso, será utilizado a velocidade do pêndulo obedecendo os requisitos estabelecidos conforme a norma NBR NM 281-2 (2003), onde a mesma cita que a velocidade de uma máquina de Charpy deve estar entre 5 m/s e 5,5m/s. O ângulo utilizado para o cálculo foi pré-determinado pelos autores do artigo.

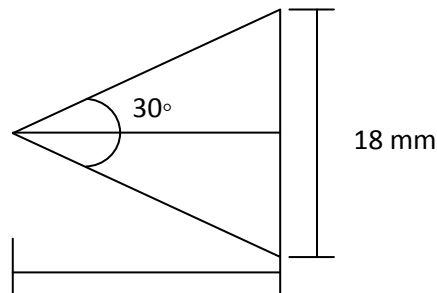
4.1 Dimensionamento da área do cutelo do martelo

Conforme NBR NM 281-2 (2003), o cutelo do martelo possui medidas padrões, evidenciadas com a ajuda de gabaritos. Através das medidas estabelecidas na norma é possível dimensionar a área do cutelo que sofrerá o impacto quando em contato com o corpo de prova.

$$b = \frac{\pi * d * \alpha}{360} = \frac{\pi * 4 * 180}{360} = 6,28mm^2$$

$$A = b * h$$

$$A = b * 30 = 188,49mm^2 = 1,88 * 10^{-4} m^2$$



$$\text{sen } \alpha = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\text{sen } 15^\circ = \frac{9}{\text{hipotenusa}}$$

$$\text{hipotenusa} = 34,77 \text{ mm}$$

$$\text{cos } \alpha = \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\text{cos } 15^\circ = \frac{\text{cateto adjacente}}{34,77 \text{ mm}}$$

$$\text{cateto adjacente} = 33,58 \text{ mm}$$

4.2 Dimensionamento da massa do martelo

Segundo Halliday, Resnick e Krane (1996), utiliza-se a fórmula da velocidade para o cálculo da massa do martelo, utilizando como referência a energia pré-estabelecida pelo projeto (50J).

$$E = m \cdot g \cdot L \cdot (1 - \cos \alpha)$$

$$50 = m \cdot 9,810,72 \cdot (1 - \cos \alpha)$$

$$m = \frac{50}{9,810,72 \cdot 1,766}$$

$$m = 4 \text{ kg}$$

4.3 Dimensionamento do período do pêndulo

Segundo Halliday, Resnick e Krane (1996), utiliza-se a fórmula abaixo para encontrar o tempo de ciclo do pêndulo.

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{0,72}{9,81}}$$

$$T = 1,70 \text{ segundos}$$

4.4 Dimensionamento do centro de percussão

NBR NM 281-2 (2003), o ponto de um corpo para o qual a ação de um impacto permanece inalterada, caso a sua massa for concentrada nesse ponto.

$$L1 = 0,2485 \cdot t^2$$

$$L1 = 0,2485 \cdot 1,70^2$$

$$L1 = 0,718165m$$

4.4 Dimensionamento do material do cutelo

Segundo Collins (2006), para dimensionar o material é necessário saber as variáveis abaixo. Resultando, em uma tensão que o material do martelo deverá suportar.

$$h = \frac{V^2}{2 * g}$$

$$h = 1,27 \text{ m}$$

$$\sigma_{est.} = \frac{P * a}{A * E} = \frac{4 * 9,81 * 0,03358}{1,88 * 10^{-4} * 207 * 10^9} = 3,38 * 10^{-8} \text{ m}$$

$$Fe = P * \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2 * 1,27}{3,38 * 10^{-8}}}\right)$$

$$F_e = 9,81 * 4 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2 * 1,27}{3,38 * 10^{-8}}} \right)$$

$$F_e = 340,2 * 10^3 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{340,2 * 10^3}{1,88 * 10^{-4}} = 1,80 * 10^9 \text{ Pa}$$

Não obtendo material para a tensão máxima encontrada, os autores optaram por utilizar o material liga de aço 4340 temperado em óleo e revenido a 315° C, onde foi utilizado o limite de escoamento do mesmo é de 1620MPa.

$$1620 * 10^6 = \frac{F}{A} = \frac{F}{1,88 * 10^{-4}} = F = 304,56 * 10^3 \text{ N}$$

$$M = \frac{304,56}{2} * 0,0275 = 4,19 * 10^3 \text{ N.m}$$

$$I = \frac{0,01 * 0,008}{12} = 4,26 * 10^{-10} \text{ mm}^4$$

$$\sigma = \frac{4,19 * 0,0014 * 10^3}{4,26 * 10^{-10}} = 39,34 \text{ Gpa}$$

Com a utilização desse material o martelo irá fornecer uma força de $304,56 * 10^3 \text{ N}$, gerando com isso, no corpo de prova uma tensão de 39,34 Gpa. Esta sendo suficiente para romper o corpo de prova sem danificar o material do cutelo, pois o mesmo, possui uma tensão de 1,8 Gpa.

5. Conclusões

O ensaio de impacto da técnica Charpy é largamente utilizado nos dias atuais, dessa forma entender a dinâmica de utilização do ensaio, aliado ao mecanismo de operação da máquina nos remete um conhecimento maior sobre a fluência dos materiais.

Com o presente artigo conseguimos observar as forças que estão compreendidas no dimensionamento estrutural de uma máquina de ensaio de impacto, com a técnica de Charpy, observando os principais pontos de cálculo da máquina.



3ª SEMANA INTERNACIONAL DAS ENGENHARIAS DA FAHOR

Horizontina - RS - Brasil
16 a 18 de Outubro de 2013



O artigo compreende os principais conceitos da Engenharia Mecânica, analisando a parte estrutural, análise de materiais, momento fletor, torção em eixos, momento de inércia, nos proporcionando a visualização dos conceitos aplicados na elaboração de uma máquina.

Referências bibliográficas

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2003). **NBR NM 281-2, Materiais metálicos**. Parte 2: Calibração de máquinas de ensaios de impacto por pêndulo Charpy. Rio de Janeiro, 2003.

CALLISTER, W. D. J. **Ciência e engenharia de materiais: Uma Introdução**. 5ª Edição. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2002.

CHIAVERINI, V.; **Tecnologia Mecânica**. Pearson, Vol.1, 2ª. Edição, São Paulo, 1986.

COLLINS, J. A. **Projeto mecânico de elementos de máquinas: Uma perspectiva de prevenção da Falha**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2006.

HALLIDAY, D. RESNICK, R. KRANE, KENNETH. S. **Física 1**. 4ª Edição. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1996.

POPOV, E. P. **Introdução a mecânica dos sólidos**. 5ª Edição. São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA., 2001

SOUZA, Sérgio A. de. **Ensaio mecânicos de materiais metálicos: Fundamentos teóricos e práticos**. 5.ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1982.